

BRANQUEAMENTO DE CELULOSE KRAFT  
DE EUCALIPTO POR SEQUÊNCIA CEH

Butture, N.S.  
Saccon, V.M.  
Foelkel, C.E.B.  
Marengo, J.V.

Riocell - Rio Grande Cia. de Celulose do Sul, Guaíba - Brasil

1. Introdução

Durante anos, o branqueamento de celulose de eucalipto no Brasil se fez usando apenas cloro, soda cáustica e hipoclorito de sódio ou de cálcio. Com o advento do uso do dióxido de cloro, a partir da metade da década dos 70's, elevadas e estáveis alvuras foram alcançadas e muito se fez, visando a otimização de seqüências contendo os quatro produtos mencionados e às vezes também, possuindo adição de peróxidos e/ou de solução ácida de  $SO_2$ .

Entretanto, é ainda relativamente comum o branqueamento apenas com cloro, soda e hipo. Não apenas as fábricas de menor porte utilizam-se dessas formas mais simples de branqueamento. Às vezes, por motivos de problemas na planta de geração de  $ClO_2$ , mesmo as grandes unidades exportadoras se vêm na dependência de produzir polpa com menor alvura, usando seqüências tipo CEHH, CEH ou CEHPH, etc. São também comuns as empresas de celulose integradas com fabricação de papéis, onde elevada alvura não é essencial. A maioria delas usam apenas cloro, soda e hipo para branquear.

Procurou-se nessa pesquisa, estabelecer as melhores condições para se branquear polpa kraft de eucalipto, valendo-se da seqüência CEH ou de seqüência alternativa  $CE_{HH}$ .

2. Material

Quando o objetivo é o de se obter celulose branqueada, com alvura acima de 84% ISO, boa viscosidade e praticamente isenta de feixes de fibras após depuração, a recomendação é iniciar o branqueamento com celulose bem lavada, com viscosidade intrínseca acima de  $1000 \text{ cm}^3/\text{g}$  e número kappa na faixa 14 a 16.

A celulose utilizada para essa pesquisa possuía número kappa 14,2; viscosidade  $1064 \text{ cm}^3/\text{g}$ , solubilidade em soda 5% = 12,1% e alvura ISO = 37,7%.

-----  
Trabalho apresentado no III Congresso Latino-Americano de Celulose e Papel - em São Paulo - Brasil - de 21 a 26 de novembro de 1983.

### 3. Metodologia

A polpa foi branqueada pela combinação de diversas variáveis, o que resultou em um experimento com 24 tratamentos. Pelo fato de se ter adotado uma configuração de experimento fatorial  $2 \times 2 \times 6$ , foi possível se analisar o efeito global das variáveis do fatorial, a saber:

#### % $Cl_2$ ativo na cloração :

dosagem 1 : obtida conforme a formulação de FOELKEL *et alii*, 1983.

dosagem 2 : correspondente a um valor 10% maior que a dosagem 1.

#### % $Cl_2$ ativo no estágio de extração alcalina :

0 %  $NaClO$

0,5%  $NaClO$ , como  $Cl_2$  ativo

#### % $Cl_2$ ativo na hipocloração :

0,75; 1,00; 1,25; 1,50; 1,75 e 2,00% de hipoclorito de sódio, como cloro ativo.

As demais variáveis foram mantidas fixas para todos os tratamentos e estão apresentadas no Quadro I.

QUADRO I : Variáveis pré-fixadas por estágio

VARIÁVEL	E S T Á G I O		
	C	$E_H$	H
Temperatura, °C	35	60	45
Tempo, min.	15	90	90
Consistência, %	4	10	10
pH inicial	-	11,6	11,0
pH final	2,0	≥ 11,0	≥ 8,5
% $NaOH$	-	1,675	-

### 4. Resultados

Inicialmente, procurou-se verificar o efeito global de cada nível das variáveis do fatorial.

#### 4.1. Influência global da carga de cloro ativo na cloração (Quadro II)

QUADRO II :

Variáveis do branqueamento e propriedades da celulose	% Cloro ativo em C	
	dosagem 1	dosagem 2
% $Cl_2$ ativo na cloração	2,55	2,81
% $Cl_2$ ativo residual em C	0,059	0,153
pH final no estágio C	2,0	2,0
pH final no estágio $E_H$	11,40	11,35
% $Cl_2$ ativo residual em H	0,386	0,413
pH final no estágio H	8,95	9,10
% NaOH em H para correção pH	0,172	0,175
Viscosidade da polpa branqueada, $cm^3/g$	577	554
Alvura ISO, %	81,4	82,6
Alvura ISO revertida, %	71,4	72,3
Nº cor posterior	3,61	3,46
Alvura ISO da polpa lavada com solução de $SO_2$ , %	81,9	82,7
Alvura ISO revertida, após $SO_2$ , %	73,4	74,1
Nº cor posterior, após $SO_2$	2,83	2,71

Nº de observações por dosagem = 12

Alguns pontos positivos podem ser observados no Quadro II. Primeiro, uma carga de cloro ativo mais elevada em C possibilita no final do branqueamento uma alvura ISO em média 1% maior e mais estável, sem que a perda de viscosidade seja proibitiva. Segundo, a lavagem da polpa branqueada com solução de  $SO_2$ , embora não conduza a um aumento de alvura, causa uma acentuada melhoria na sua estabilidade, reduzindo o número de cor posterior em mais de 20%. Terceiro, caso se adote uma maior carga de cloro ativo em C, vislumbra-se uma possível economia de cloro ativo em H, já que o residual nesse estágio é maior quando se dosa mais cloro em C.

4.2. Influência global da carga de cloro ativo no estágio da extração alcalina (Quadro III)

QUADRO III :

Variáveis do branqueamento e propriedades da celulose	%Cl <sub>2</sub> ativo em E <sub>H</sub>	
	0 %	0,5 %
% Cl <sub>2</sub> ativo total no branqueamento	4,06	4,56
% Cl <sub>2</sub> ativo residual em H	0,319	0,471
pH final em H	8,95	9,10
% NaOH em H para acertos de pH	0,172	0,175
Viscosidade da polpa branqueada, cm <sup>3</sup> /g	578	554
Alvura ISO, %	81,5	82,6
Alvura ISO revertida, %	71,1	72,3
Nº cor posterior	3,74	3,34
Alvura ISO da polpa lavada com so- lução de SO <sub>2</sub> , %	81,5	82,9
Alvura ISO revertida, após SO <sub>2</sub> , %	73,1	75,0
Nº cor posterior, após SO <sub>2</sub>	2,91	2,63

Nº de observações por nível = 12

A adição de 0,5 % de Cl<sub>2</sub> ativo em E<sub>H</sub> foi acumulativa logo, em média, os tratamentos que compunham a seqüência .. CE<sub>H</sub> tinham 0,5% a mais de cloro ativo. Essa carga maior de Cl<sub>2</sub> representou apenas 1% a mais na alvura final da polpa, em bora se possa notar que o residual de Cl<sub>2</sub> no estágio H era maior para os tratamentos com E<sub>H</sub>. Isso significa que se poderia economizar algum hipo no estágio H, ou obter maior alvura pelo aumento do tempo do estágio.

A maior vantagem do uso da combinação E<sub>H</sub> foi a maior estabilidade da alvura, principalmente após a lavagem com solução de SO<sub>2</sub>.

#### 4.3. Influência global da carga de cloro ativo no estágio de hipocloração (Quadro IV)

QUADRO IV :

Variáveis do branqueamento e propriedades da celulose	% $Cl_2$ ativo em H					
	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00
% $Cl_2$ ativo residual em H	0,077	0,186	0,313	0,468	0,609	0,719
pH final em H	9,15	8,98	9,10	9,08	8,98	9,03
% NaOH em H para acertos de pH	0,148	0,148	0,172	0,180	0,188	0,203
Viscosidade da polpa branqueada, $cm^3/g$	659	611	565	544	513	499
Alvura ISO, %	79,0	80,9	82,0	82,8	83,6	84,0
Alvura ISO revertida, %	70,1	71,0	71,8	72,1	72,9	73,3
Nº cor posterior	3,59	3,66	3,58	3,62	3,40	3,35
Alvura ISO da polpa lavada com solução de $SO_2$ , %	79,5	81,2	82,2	83,0	83,6	83,8
Alvura ISO revertida, após $SO_2$ , %	71,6	72,8	73,8	74,2	74,7	75,3
Nº cor posterior, após $SO_2$	3,00	2,88	2,73	2,73	2,71	2,56

Nº de observações por nível = 4

Os resultados mostram uma gradual, porém lenta, elevação da alvura da polpa pelo aumento do cloro ativo em H. Paralelamente, obtinham-se decréscimos no número de cor posterior e na viscosidade e acréscimos no cloro ativo residual em H e na soda necessária para acertos do pH nesse estágio.

Foi, mais uma vez, notável a influência da solução ácida de  $SO_2$  para preservar alvura.

#### 4.4. Comparações entre os melhores tratamentos

Foram escolhidos os doze tratamentos com maiores alvuras e relacionados no Quadro V, juntamente com todas suas principais características. Isso foi feito para efeitos de comparação.

QUADRO V : Classificação dos tratamentos por alvuras

Variáveis do branqueamento e propriedades da celulose	CLASSIFICAÇÃO											
	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º	10º	11º	12º
Alvura ISO, %	85,2	84,6	84,3	84,0	83,6	83,5	83,5	83,3	83,3	83,0	82,6	82,5
Alvura ISO, após SO <sub>2</sub> , %	85,3	84,5	84,2	84,1	83,9	83,7	83,5	83,6	83,3	83,0	82,6	82,5
Alvura ISO revertida, %	74,2	74,0	73,5	73,0	73,7	73,1	72,3	73,1	71,8	71,8	72,3	72,6
Alvura ISO revertida, após SO <sub>2</sub> , %	76,4	75,5	75,3	75,0	75,4	75,0	74,4	74,8	74,2	74,1	74,0	74,1
Nº de cor posterior	3,20	3,17	3,32	3,47	3,08	3,32	3,68	3,27	3,80	3,80	3,47	3,31
Nº de cor posterior, após SO <sub>2</sub>	2,38	2,74	2,57	2,66	2,47	2,58	2,77	2,64	2,81	2,78	2,74	2,67
Viscosidade, cm <sup>3</sup> /g	463	499	511	520	512	512	517	544	511	539	525	586
% Cl <sub>2</sub> ativo total no branqueamento	5,31	5,06	4,81	4,81	5,05	4,80	4,56	4,56	4,55	4,31	4,30	4,31
% Cl <sub>2</sub> ativo total consumido	4,34	4,11	4,05	4,06	4,13	4,15	3,89	3,97	3,80	3,80	3,72	3,87
% NaOH total no branqueamento	1,86	1,86	1,88	1,85	1,89	1,86	1,86	1,85	1,88	1,86	1,86	1,83
% Cl <sub>2</sub> ativo em C	D <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>
% Cl <sub>2</sub> ativo em E <sub>H</sub>	0,5	0,5	0,0	0,5	0,5	0,5	0,0	0,5	0,0	0,0	0,0	0,5
% Cl <sub>2</sub> ativo em H	2,00	1,75	2,00	1,50	2,00	1,75	1,75	1,25	2,00	1,50	1,75	1,00
% Cl <sub>2</sub> ativo residual em C	0,153	0,153	0,153	0,153	0,059	0,059	0,153	0,153	0,059	0,153	0,059	0,153
% Cl <sub>2</sub> ativo residual em H	0,811	0,792	0,607	0,600	0,769	0,594	0,518	0,434	0,690	0,364	0,530	0,288
% NaOH para acertos de pH em H	0,188	0,188	0,203	0,172	0,219	0,188	0,188	0,185	0,203	0,188	0,188	0,156

D<sub>1</sub> = dosagem 1;  
D<sub>2</sub> = dosagem 2.

A análise desses resultados revela que há uma importante ação de degradação da polpa pelo estágio H conforme esse é intensificado. Por outro lado, o hipoclorito tem mais lenta reatividade com a polpa, resultando em residuais elevados no estágio H.

Quando se objetivam altas alvuras, acima de 84% ISO, as dosagens de cloro ativo devem ser elevadas e a expectativa para viscosidades estão na faixa 500 a 520  $\text{cm}^3/\text{g}$  (equivalentes a 7,9 a 8,3 cP, método TAPPI T230). Nessa situação, são recomendadas as seguintes condições ideais para branqueamento  $C \ E_H \ H$ :

- % cloro ativo em C : 10% a mais do que a dosagem proposta por FOELKEL *et alii* (1983).
- temperatura estágio C : 35°C
- tempo estágio C : 20 a 25 minutos
- pH inicial estágio  $E_H$  : 11,6
- %  $\text{Cl}_2$  ativo em  $E_H$  ( $\text{NaClO}$ ) : 0,5%
- temperatura em  $E_H$  : 60°C
- tempo em  $E_H$  : 90 minutos
- %  $\text{Cl}_2$  ativo em H : 1,25 a 1,50%
- temperatura em H : 45°C
- tempo em H : 90 a 120 minutos
- pH inicial estágio H : 11,0

Entretanto, quando o objetivo após  $CE_HH$  é o de se obter alvuras entre 82,5 a 84,0 % ISO e maiores viscosidades (entre 520 a 580  $\text{cm}^3/\text{g}$  = 8,3 a 9,7 cP), quer porque a utilização da polpa assim requeira, ou porque um novo estágio  $H_2$  venha a ser aplicado, então são recomendadas as seguintes condições para o branqueamento:

#### ALTERNATIVAS

	<u>Condição 1</u>	<u>Condição 2</u>
- <u>% cloro ativo em C</u>	10% a mais que fórmula de FOELKEL <i>et alii</i> , 1983	Idem à fórmula de FOELKEL <i>et alii</i> , 1983
- <u>temperatura estágio C</u>	35°C	35°C
- <u>tempo estágio C</u>	20 - 25 min.	15 min.
- <u>pH inicial estágio <math>E_H</math></u>	11,6	11,6
- <u>% <math>\text{Cl}_2</math> ativo em <math>E_H</math></u>	0,5	0,0
- <u>temperatura em <math>E_H</math></u>	60°C	60°C
- <u>tempo em <math>E_H</math></u>	90 min.	90 min.
- <u>% <math>\text{Cl}_2</math> ativo em H</u>	1,00 a 1,25	1,75 a 2,00
- <u>temperatura em H</u>	45°C	45°C
- <u>tempo em H</u>	90 a 120 min.	90 a 120 min.
- <u>pH inicial estágio H</u>	11,0	11,0

Obviamente, cada situação tem seu grau de particularidade e merece um estudo especial. Por isso, sugerimos que as condições e alternativas aqui propostas sirvam de base para estudos de otimização correspondentes à situação específica de cada planta de branqueamento.

##### 5. Bibliografia

FOELKEL, C.E.B.; CABRERA, A.C.A. & VESZ, J.B.V. Novas fórmulas para dosagens de cloro ativo e soda cáustica nos estágios C & E<sub>1</sub> do branqueamento de celulose kraft de eucalipto. O Papel, São Paulo, 44 (7) : 43 - 7, 1983.