

BRANQUEAMENTO EM MANTA



por

Augusto Fernandes Milanez

Celso Edmundo B. Foelkel

Susana Munhoz K. Borges

Pedro Paulo O. Barth

Riocell - Rio Grande Cia. de Celulose do Sul

Introdução

O branqueamento da celulose pelo uso de gases, como oxigênio, dióxido de cloro, cloro e ar, coloca à disposição da tecnologia de branqueamento novas opções para a realização do estágio. Complicados reatores, misturadores ou enormes torres de branqueamento podem ser substituídos por equipamentos mais simples e de concepção diferente do tradicionalmente conhecido. Os gases, quando aplicados sobre polpas não-branqueadas, com média para alta consistência, conseguem facilmente tomar contato com as fibras pela sua notável capacidade de difusão. É claro, que isso não se aplica para polpas com baixas consistências, onde o gás tem que se difundir em um meio líquido para alcançar as fibras. Por outro lado, a utilização de gases é particularmente recomendada para estágios em início de seqüência, onde as fibras ainda possuem uma capa de lignina a envolvê-las. A reação dos gases com essa lignina externamente depositada nas fibras é rápida e o estágio pode ser realizado em poucos minutos.

O branqueamento de celulose com ar, proposto por ZVINAKEVICIUS *et alii* (1980), veio colocar à mão do setor celulósico-papeleiro uma alternativa barata e simples para a deslignificação. Novos desenvolvimentos continuaram a ser realizados pelos autores no intuito de explorar ao máximo as vantagens do uso do ar

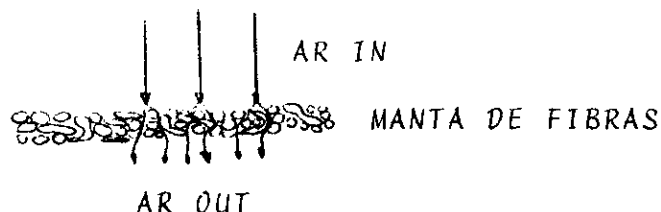
como agente de deslignificação.

O presente trabalho procurou associar as vantagens do uso de um gás, como é o ar, com as vantagens de se branquear uma camada de fibras celulósicas, na forma de uma manta. Embora a idéia possa parecer revolucionária, o conceito não é totalmente novo. Na fabricação de tecidos, tanto as fibras individuais como o próprio tecido podem ser branqueados. Na indústria de celulose, algumas fábricas chegam a pulverizar solução de peróxido de hidrogênio sobre folhas de celulose prontas, visando reduzir a reversão da alvura.

A literatura em branqueamento de folhas de papel ou celulose é escassa e dispersa. A primeira patente conhecida foi conseguida em 1949 no Canadá, por McEWEN & SHELDON, que descreveram, em detalhe, um procedimento para branqueamento de papel jornal com ácido peracético. Alguns anos mais tarde, DUSTMAN JR (1962) patenteou um método de branquear superfícies sólidas, incluindo papel e papelão, utilizando solução de peróxido de hidrogênio e bicarbonato de amônio. Em 1965, RAPSON, WAYMAN & ANDERSON desenvolveram maneiras de se branquear papel com ácido peracético, peróxidos e hidrossulfitos. Diversos tipos de papéis foram branqueados pelos autores, em aplicações isoladas ou seqüenciais dos produtos alvejantes. O tempo de branqueamento era extremamente curto, variando de 5 a 30 segundos para os hidrossulfitos e ácido peracético e 1 a 2 minutos para os peróxidos.

Conforme se pode observar, o branqueamento de folhas de papel da maneira como é conhecido até o presente, baseia-se na aplicação de soluções de produtos químicos, por pulverização ou por banho da folha com a solução.

O conceito que os autores do presente trabalho apresentam é ligeiramente diferente do tradicional. No "branqueamento em manta", o agente químico gasoso passa através da manta ("air-through bleaching") para branqueá-la.



Material

Para os ensaios de deslignificação foram escolhidos três tipos de polpas kraft não-branqueadas, amostradas da linha industrial de fabricação da Riocell - Rio Grande Cia de Celulose do Sul.

A primeira e segunda amostras foram tomadas em campanhas de produção utilizando 75% de madeira de eucalipto, principalmente *Eucalyptus saligna* e 25% de madeira de *Acacia mearnsii*, em volume. Sobre essas polpas foram realizados os ensaios preliminares que visavam conhecer e otimizar as variáveis do processo. Após o desenvolvimento da metodologia para a aplicação do ar através da manta de fibras, decidiu-se realizar uma série mais completa de ensaios sobre uma polpa de reconhecidamente maior dificuldade para branqueamento. Para isso, tomou-se uma terceira amostra, em uma campanha especial de produção de celulose utilizando-se 100% de madeira de *Eucalyptus tereticornis*, de terceira rebrota, com aproximadamente 15 anos de idade.

As características das três polpas eram as seguintes:

Amostra 1: número kappa = 16,3; viscosidade intrínseca = 1131 cm³/g; alvura = 36,9 °GE

Amostra 2: número kappa = 18,9; viscosidade intrínseca = 1162 cm³/g; alvura = 31,5 °GE

Amostra 3: número kappa = 20,4; viscosidade intrínseca = 1020 cm³/g; alvura = 27,8 °GE

Metodologia

As amostras de polpa foram tomadas na saída do filtro engrossador. As polpas das amostras 1 e 3 foram lavadas e depuradas, para remoção de feixes e nódulos, sendo, a seguir, desaguadas, transformadas em flocos úmidos e armazenadas para o momento do ensaio. A polpa da amostra 2 não foi lavada, sendo utilizada da forma como amostrada.

Para a realização do ensaio, fez-se necessária a constru-

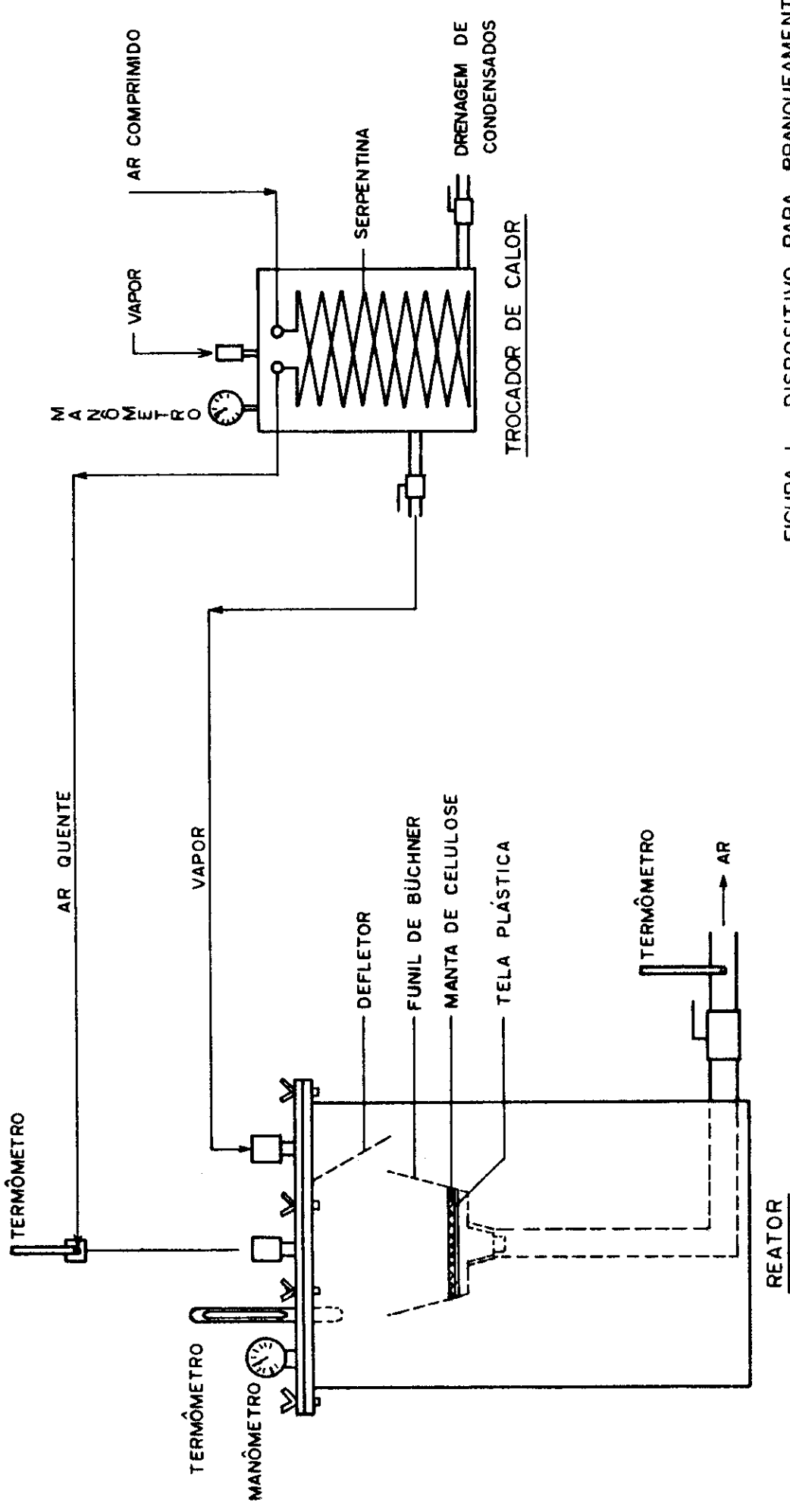


FIGURA 1 - DISPOSITIVO PARA BRANQUEAMENTO
 LABORATORIAL DA MANTA DE FIBRA
 CELULÓSICAS

Os propósitos da aparelhagem eram a obtenção de ar quente e pressurização desse ar sobre a manta para que ele passasse através da mesma. O ar era aquecido em um trocador de calor aquecido a vapor de maneira indireta. O ar quente saindo do trocador de calor era pressurizado em um reator hermético que estava mergulhado em um banho de água próxima à ebulição. Todos esses cuidados tinham o propósito básico de suprir a temperatura adequada ao processo. Conforme se sabe, a deslignificação com ar é mais efetiva a temperaturas acima de 90 °C. Frente às dificuldades de se manter a temperatura do reator na faixa adequada, tornou-se obrigatória a injeção de vapor dentro do mesmo como fonte extra de calor. É claro que essa medida seria dispensável caso o ar quente fosse aquecido a temperaturas mais altas, o que não foi possível com o sistema aqui desenvolvido. Em grande parte, as dificuldades de se alcançar temperaturas elevadas apenas com o ar se deviam às perdas de calor do equipamento.

O trabalho nessas condições exigia um controle cuidadoso do operador, pois: a) caso a pressão do vapor se elevasse demais, havia queima da celulose; b) caso a pressão do ar se elevasse demais havia pressurização exagerada sobre a manta e a pressão expremia os reagentes da celulose; c) devia-se evitar enviar vapor com gotículas de água para o reator para impedir que a celulose fosse lavada pela água condensada.

Cada tratamento era realizado com o equivalente a 10 gramas a.s. de celulose, a qual era misturada em uma solução de NaOH com concentração pré-fixada. Essa suspensão era filtrada em um funil de Büchner provido de tela plástica. Como resultado, obtinha-se uma manta de celulose com gramatura a.s. de 800 g/m² e consistência de aproximadamente 25%. Procedia-se essa etapa em duplicata, sendo uma amostra levada para o funil que era utilizado no ensaio no reator e a outra para a determinação de NaOH, que era expresso base polpa a.s.

O reator era pré-aquecido com vapor e encontrava-se mergulhado em banho-maria a quente. Começava-se a controlar a temperatura do ar pelo aquecimento do mesmo no trocador de calor. Logo que se obtivessem temperaturas uniformes no ar, acoplava-se o funil no reator, fechava-se o mesmo e acoplava-se o ar quente e o vapor ao vaso de reação. A temperatura do ar de saída era me-

dida durante o tempo de reação, que variava de 2 a 5 minutos.

As variáveis do processo eram as seguintes:

- carga de soda aplicada base polpa a.s.;
- temperatura do ar quente na entrada e saída;
- tempo de reação.

Um total de 75 tratamentos foram realizados. Os primeiros 50 serviram para a obtenção de dados preliminares e os últimos 25 foram utilizados para obter polpa para testes subsequentes, como branqueamento e refino.

Após o tratamento com ar, a polpa era analisada para número kappa, viscosidade intrínseca e alvura.

Decidiu-se continuar a pesquisa para se verificar a economia em cloro ativo que era possível se conseguir, quando se usasse de ar para reduzir o número kappa da polpa não-branqueada. Para isso, as 25 polpas relativas à amostra 3 (*Eucalyptus tetricornis*), e que sofreram o tratamento com ar/álcali, foram misturadas para se conseguir quantidade suficiente de material para o branqueamento. Para fins de comparação, branqueou-se também a celulose original da amostra 3, que não houvera sido designificada com ar.

A seqüência de branqueamento adotada foi CEHD, seguida de lavagem com solução de SO_2 . As condições a cada estágio eram as seguintes:

Cloração ácida:

- Consistência = 3,5 %
- % Cl_2 ativo = 1,02 + 0,108 (Nº Kappa)
- Temperatura = 18 a 20 °C
- pH final = 1,8 ± 0,1
- Tempo = 30 minutos

Extração alcalina:

- Consistência = 10 %
- % NaOH = 1,44 + 0,032 (Nº Kappa)

- Temperatura = 60 °C
- pH final = 10,5 a 11,2
- Tempo = 90 minutos

Hipocloração:

- Consistência = 10 %
- % Cl_2 ativo = 0,23 (Nº Kappa CE)
- Temperatura = 40 °C
- pH final = 9,6 a 10,0
- Tempo = 120 minutos

Dioxidação:

- Consistência = 10 %
- Temperatura = 70 °C
- pH final = 3,0 a 4,7
- Tempo = 210 minutos
- % Cl_2 ativo = 1,60% para os tratamentos Ar-1 e A
1,78% para os tratamentos Ar-2 e B
2,00% para o tratamento C

Foram realizados cinco branqueamentos completos CEHD, dois sobre polpas previamente tratadas com ar (Ar-1 e Ar-2) e três sobre polpas kraft normais (A, B e C).

Nas polpas branqueadas, determinou-se a alvura, o número de cor posterior, a viscosidade intrínseca e a solubilidade da polpa em NaOH 5 %. As polpas branqueadas foram também refinadas em moinho Jokro-Mühle, sendo os testes realizados em folhas preparadas conforme método TAPPI T 205, com 60 g/m². Os ensaios físicos-mecânicos foram realizados de acordo com o método TAPPI T 220.

Resultados e Discussão

Dentro do propósito de conhecer a influência das variáveis do processo, realizaram-se algumas aplicações sobre a amostra de celulose número 1, variando-se a concentração da solução de NaOH na qual a polpa era misturada, as temperaturas de entrada e saída do ar, o tempo de reação e a gramatura da manta. Os resultados alcançados estão no Quadro 1. Observou-se que realmente o-

corria uma redução do número kappa da polpa com o tratamento com ar/álcali. A redução era bastante dependente das condições do processamento. Paralelamente à diminuição do número kappa, por deslignificação, ocorria um aumento da alvura da polpa. Embora se notasse uma ligeira queda na viscosidade da celulose para os tratamentos com alcalinidade mais elevada, essa propriedade não era afetada, quando se utilizavam de cargas alcalinas mais suaves. Entretanto, os melhores efeitos de deslignificação foram notados para as dosagens maiores de $NaOH$. Observar que para os tratamentos onde a concentração da soda era de 40 e 50 g/l, o que dava em média uma carga de $NaOH$ base polpa a.s. de 6,2 e 7,6 %, respectivamente, o número kappa era reduzido de 16,3 a cerca de 10,0 e a alvura subia de 36,9 para cerca de 45 °GE, mesmo em aplicações de apenas 2 minutos. Da análise do Quadro 1 é possível se concluir que, desde que haja temperatura adequada, a variável mais importante para o branqueamento em manta é a alcalinidade da polpa. Ela, inclusive, tem que ser elevada, porque na passagem do ar através da manta ocorre compactação da mesma, com remoção parcial da solução alcalina.

Quadro 1: Deslignificação pelo processo de passagem do ar quente através da manta alcalina de fibras. Influência das variáveis do processo. Celulose 75% Eucalipto + 25% Acácia. (Amostra 1)

Tratamento	Conc.da solução de NaOH (g/ℓ)		Temp.do ar(°C)		Tempo (min)	Gramatura (g/m ²)	Número kappa		Viscosidade(cm ³ /g)		Alvura(°GE)	
	Entrada	Saída	Entrada	Saída			Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
1	50	90	76	76	2	800	16,3	11,5	1131	1063	36,9	41,7
2	50	92	72	72	2	800	16,3	10,5	1131	1126	36,9	42,9
3	50	96	68	68	5	800	16,3	9,6	1131	986	36,9	44,9
4	50	98	68	68	5	800	16,3	10,1	1131	1141	36,9	46,8
5	40	88	58	58	2	1200	16,3	11,6	1131	902	36,9	44,0
6	30	100	75	75	5	400	16,3	13,8	1131	1150	36,9	40,8
7	30	100	60	60	5	1200	16,3	13,6	1131	929	36,9	42,9
8	20	92	59	59	5	800	16,3	10,8	1131	1059	36,9	40,8
9	20	90	58	58	5	800	16,3	14,1	1131	1059	36,9	40,5
10	20	92	62	62	2	1200	16,3	15,0	1131	1143	36,9	39,6
11	10	92	55	55	2	800	16,3	14,9	1131	1231	36,9	39,7
12	10	94	58	58	5	800	16,3	15,6	1131	1175	36,9	39,3
13	10	90	50	50	5	800	16,3	14,5	1131	1147	36,9	39,9
14	10	96	68	68	5	800	16,3	12,5	1131	962	36,9	39,6

Diversas considerações podem ser apresentadas, frente à aqui provada viabilidade do branqueamento em manta:

Opção 1:

Realizar um estágio especial, logo após o cozimento, para reduzir o número kappa da polpa em cerca de 40 %. Para isso, faz-se imperioso usar alta aplicação de soda cáustica base polpa. Esse procedimento não seria adequado para o processamento kraft, pois quantidades elevadas de soda cáustica teriam que ser introduzidas no sistema, provocando um desbalanceamento em álcali no mesmo. Infelizmente, o licor branco kraft não é um álcali dos mais recomendados para substituir a soda, porque o Na_2S tem afinidade pelo ar, sendo oxidado e perdendo sua eficiência como agente de deslignificação. Por outro lado, a utilização desse procedimento para o processo soda ou soda/antraquinona é dos mais promissores. Pode-se perfeitamente desviar parte do álcali proveniente da caustificação para lavar a polpa antes da aeração da manta e o filtrado ser encaminhado em contra-corrente ao digestor, já que o consumo de soda não é grande.

Um exemplo de como seria possível utilizar de maneira viável o branqueamento em manta para o processo soda/antraquinona está esquematizado simplificadaamente na Figura 2. É obvio que a engenharia do reator ainda necessita ser desenvolvida. Importante considerar que não há nem mesmo a necessidade de se lavar a polpa saindo do digestor para encaminhá-la ao reator, pois o álcali residual de cozimento e o calor que a polpa possui serão úteis ao processo de deslignificação com ar.

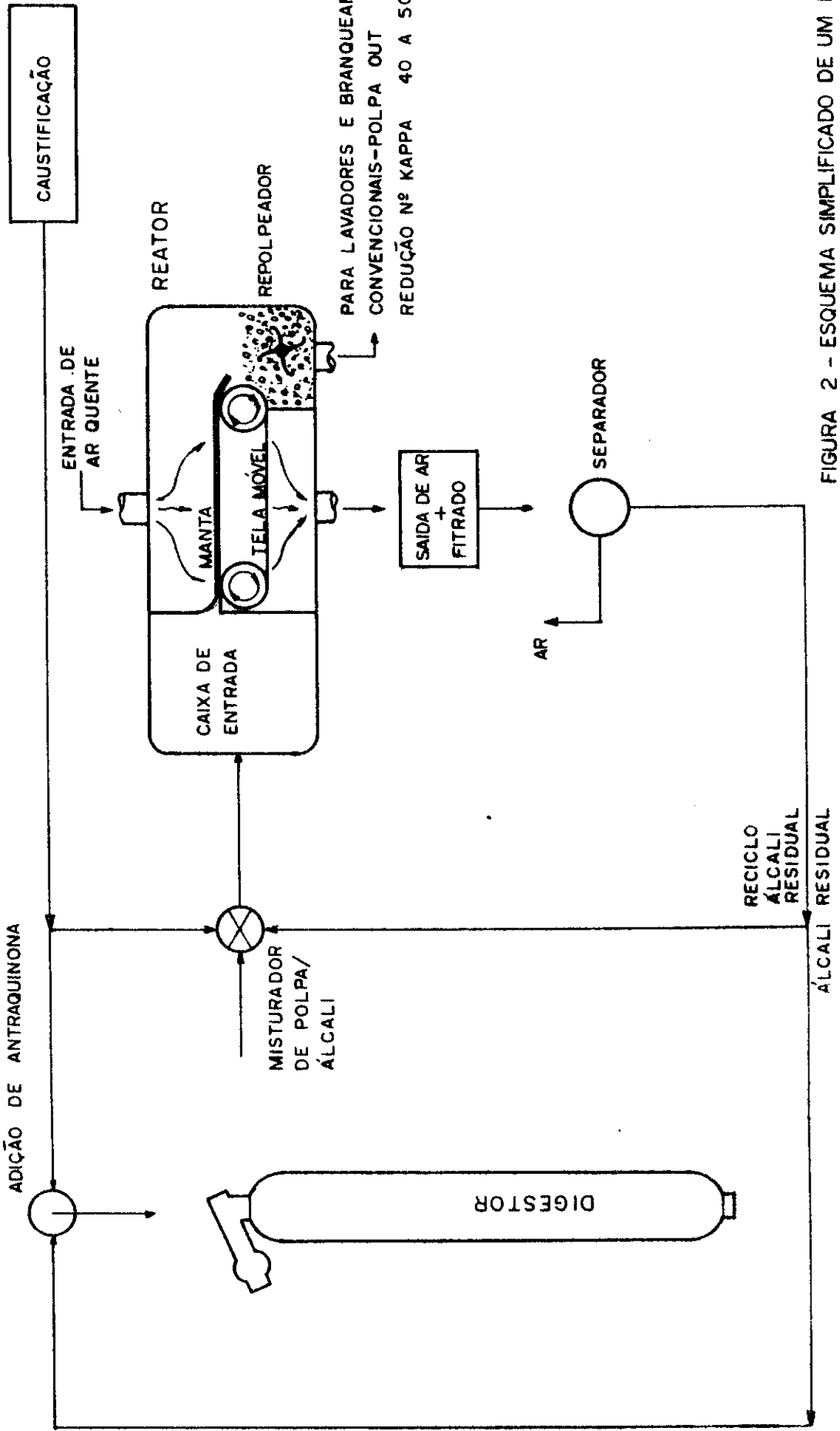


FIGURA 2 - ESQUEMA SIMPLIFICADO DE UM ESTÁGIO DE DESLIGNIFICAÇÃO POR AR ATRAVÉS DA MANTA

Opção 2:

Aproveitar o calor e a alcalinidade residual da polpa após o cozimento kraft para, num tratamento rápido em um filtro lavador especial, conseguir a redução de alguns pontos no número kappa da mesma. O tratamento será melhorado caso se faça a adição de uma quantidade relativamente pequena de soda cáustica.

É claro, que sendo o processo recente e ainda em evolução, existem muitas outras formas para otimizar a operação. Pode-se mencionar, por exemplo: a) introdução, em posição inicial, de chuveiros lavadores com solução alcalina em filtros lavadores pressurizados com ar; b) pulverização da solução alcalina junto ao ar quente, fazendo-se passar através da manta, um ar quente rico em gotículas de solução alcalina; c) utilização de maior vácuo no filtro lavador para acelerar a passagem de ar através da manta; etc.

Para dar continuidade à pesquisa, considerou-se que o interesse mais imediato residia no que se considerou como opção 2, ou seja, na redução de algumas unidades no número kappa da polpa pela ação do ar em baixa/média alcalinidade. Maiores estudos se farão necessários para melhor desenvolver a opção 1.

Dessa forma, resolveu-se realizar dois ensaios, com um número tal de repetições, que garantisse um aceitável grau de confiança dos resultados.

No primeiro desses ensaios, testou-se uma polpa kraft de eucalipto/acácia, amostrada logo após o primeiro filtro lavador de celulose da linha industrial da Riocell (amostra 2). Essa polpa não era lavada para o ensaio, assim, mantinha o seu residual de licor preto. A polpa era diluída em solução de NaOH a 10 g/l, era a seguir filtrada em funil de Büchner e a manta formada, com 650 a 980 g/m², era levada ao reator para a aplicação de ar quente durante 5 minutos. Os resultados médios para o ensaio, referentes a quinze repetições, estão apresentados no Quadro 2.

Quadro 2: Deslignificação em manta a baixa alcalinidade, para redução de alguns pontos no número kappa. Celulose: 75 % eucalipto + 25 % acácia (Amostra 2)

Condições/resultados	Valores médios (15 repetições)	Valores	
		Máximo	Mínimo
<u>Condições</u>			
- Concentração da solução de NaOH, g/l	10	-	-
- Tempo, minutos	5	-	-
- Gramatura a.s., g/m ²	840	980	650
- Temperatura de entrada do ar, °C	94	100	79
- Temperatura de saída do ar, °C	61	76	48
<u>Características da polpa</u>			
- Número kappa inicial	18,9	-	-
- Número kappa final	17,4	-	16,1
- Viscosidade inicial, cm ³ /g	1162	-	-
- Viscosidade final, cm ³ /g	1108	1153	1053
- Alvura inicial, °GE	31,5	-	-
- Alvura final, °GE	34,2	36,4	32,4

Os resultados apresentados no Quadro 2, embora mais modestos que os alcançados quando do uso de mais alta alcalinidade na manta durante a aeração, revelam que o objetivo de redução de alguns pontos do número kappa da polpa, por um tratamento suave, talvez aplicado no próprio filtro lavador, pode ser plenamente alcançado.

O segundo ensaio que se seguiu depois de se ter eleito a opção 2 como a que merecia maiores investigações no momento, pela suas maiores possibilidades de aplicação imediata, consistiu num ensaio completo com polpa kraft de *Eucalyptus tereticornis* (Amostra 3). Sobre essa polpa, realizaram-se 25 repetições do tratamento com ar, objetivando conhecer bem a repetibilidade do ensaio e obter polpa suficiente para posterior branqueamento e refino.

Os resultados médios para o estágio de deslignificação em manta dessa polpa estão mostrados no Quadro 3.

Quadro 3: Deslignificação em manta a baixa alcalinidade, para redução de alguns pontos no número kappa. Celulose: 100 % *Eucalyptus tereticornis* (Amostra 3)

Condições/resultados	Valores médios (25 repetições)	Desvio padrão	Coefficiente de variação, %
<u>Condições</u>			
- Concentração da solução de NaOH, g/l	15	-	-
- % NaOH na manta, base polpa a.s.	2,92	0,41	14,14
- Tempo, min.	5	-	-
- Temperatura de entrada do ar, °C	97,2	3,74	3,85
- Temperatura de saída do ar, °C	51,7	8,03	15,55
<u>Características da polpa</u>			
- Número kappa inicial	20,40	-	-
- Número kappa final	18,44	0,52	2,80
- Viscosidade inicial, cm ³ /g	1029	-	-
- Viscosidade final	1014	50,1	4,95
- Alvura inicial, °GE	27,8	-	-
- Alvura final, °GE	29,8	0,85	2,88

Os resultados do Quadro 3 mostravam uma redução de, em média, 2 pontos no número kappa das polpas tratadas com ar e, também, uma elevação de 2 °GE na alvura. A viscosidade não era praticamente afetada.

Comprovada a redução do número kappa, restava averiguar se essa redução era acompanhada por economia de produtos químicos no branqueamento e produção de polpa branqueada de boa qualidade. Os resultados para consumo de produtos químicos estágio por estágio e para as condições de branqueamento e características das polpas estão apresentados, respectivamente, nos Quadros 4 e 5.

Quadro 4: Reagentes químicos aplicados e consumidos no branqueamento CEHD

Tratamento	E. s t á g i o						SO ₂ % Na ₂ SO ₃ aplicado		
	C		E		H			D	
	% Cl ₂ aplicado	% Cl ₂ consumido	% NaOH aplicado	% NaOH consumido	% Cl ₂ aplicado	% Cl ₂ consumido	% Cl ₂ aplicado	% Cl ₂ consumido	
Ar - 1	2,92	2,91	2,00	1,20	0,64	0,64	1,60	1,60	1,0
Ar - 2	2,92	2,91	2,00	1,40	0,67	0,66	1,78	1,74	1,0
A	3,20	3,19	2,08	1,47	0,99	0,98	1,60	1,43	1,0
B	3,20	3,19	2,08	1,37	0,89	0,85	1,78	1,58	1,0
C	3,20	3,19	2,08	1,44	0,76	0,68	2,00	1,80	1,0

Quadro 5: Condições e resultados dos branqueamentos

Condições/resultados	Tratamento				
	Ar-1	Ar-2	A	B	C
% Cl_2 ativo aplicado em D*	1,60	1,78	1,60	1,78	2,00
% Cl_2 ativo total aplicado	5,16	5,37	5,79	5,87	5,96
% Cl_2 ativo total consumido	5,15	5,32	5,61	5,63	5,68
% NaOH total aplicada	2,00	2,00	2,08	2,08	2,08
% NaOH total consumida	1,20	1,40	1,47	1,37	1,44
Alvura inicial, °GE	29,8	29,8	27,8	27,8	27,8
Alvura final, °GE	88,4	89,3	87,3	89,5	89,9
Viscosidade inicial, °GE	1014	1014	1029	1029	1029
Viscosidade final, °GE	872	831	856	835	812
Número kappa inicial	17,6	17,6	20,2	20,2	20,2
Número kappa após CE	2,8	2,9	4,3	3,9	3,3
Número de cor posterior	0,75	1,12	1,05	0,71	0,61
S ₅ inicial, %	9,8	9,5	11,5	11,5	11,5
S ₅ final, %	9,1	8,2	8,8	8,8	8,7

* % Cl_2 ativo em D é que diferencia os tratamentos Ar-1 e Ar-2 ; A, B e C.

Os branqueamentos laboratoriais mostraram a mais fácil branqueabilidade das polpas previamente tratadas com ar pelo sistema branqueamento em manta. Para polpas correspondentes, Ar-1 e A; Ar-2 e B, ou seja, polpas tratadas com ar vs polpas não tratadas, notou-se que as propriedades finais das polpas branqueadas em termos de alvura, reversão de alvura, viscosidade e S_5 eram praticamente similares. As polpas previamente tratadas com ar mostraram, como vantagem, o mais baixo consumo de cloro ativo total (em média 0,5 a 0,6 % menor), visto que exigiam menos cloro ativo nos estágios da cloração e hipocloração, tendo em vista seus menores números kappa antes desses dois estágios.

A última interrogação acerca da influência do branqueamento em manta seria seu efeito sobre as propriedades físico-mecânicas das celuloses branqueadas pelo novo sistema em comparação ao sistema tradicional. Os resultados dos ensaios físico-mecânicos das polpas branqueadas, expressos a 25 °SR e 37 °SR, estão apresentados nos Quadros 6 e 7. Esses resultados permitem verificar que não existem diferenças sensíveis entre os dois tipos de polpas, podendo portanto, considerar-se a celulose previamente tratada com ar pela técnica do branqueamento em manta, como de tão boa qualidade como a polpa branqueada da maneira tradicional.

Quadro 6: Propriedades físico-mecânicas das celuloses branqueadas, ao nível de refino de 25°SR

Tratamento	P r o p r i e d a d e						
	Nº de revoluções, ($\times 10^3$)	Auto-ruptura (m)	Elongação (%)	Fator de estouro	Fator de rasgo	Densidade (g/cm ³)	Porosidade ($\delta/100$ cm ³)
Ar - 1	5,0	5200	3,0	26	68	0,55	1,5
Ar - 2	5,0	5160	2,9	26	70	0,54	1,5
A	5,8	5800	3,3	33	82	0,55	0,9
B	5,8	5500	3,1	33	97	0,57	0,9
C	6,0	4950	2,9	30	84	0,55	0,9

Quadro 7: Propriedades físico-mecânicas das celuloses branqueadas, ao nível de refino de 37°SR

Tratamento	P r o p r i e d a d e						
	Nº de revoluções, (X 10 ³)	Auto-ruptura (m)	Elongação (%)	Fator de estouro	Fator de rasgo	Densidade (g/cm ³)	Porosidade (Δ/100 cm ³)
Ar - 1	9,8	6800	3,2	38	102	0,63	3,5
Ar - 2	9,8	6780	3,3	39	105	0,63	3,4
A	12,0	6400	3,8	42	106	0,60	3,8
B	10,4	6400	3,4	42	108	0,58	2,7
C	12,0	6270	3,8	40	102	0,60	3,1

Conclusões

Os resultados dessa pesquisa indicaram ser tecnicamente viável o procedimento aqui denominado de branqueamento em manta ("air-through bleaching"). Através dessa técnica, é possível a redução do número kappa de polpas não-branqueadas por remoção de lignina através da oxidação da mesma pelo oxigênio do ar e remoção dos fragmentos de lignina por solubilização em álcali. O procedimento, que consiste na passagem de ar quente através de uma manta de fibras celulósicas contendo álcali, permite redução variável do número kappa da polpa, em função da alcalinidade utilizada, desde que a temperatura do tratamento seja adequada. Existem duas alternativas principais para o branqueamento em manta: a) redução substancial do teor de lignina da polpa (cerca de 40 %) pelo uso de alta alcalinidade (cerca de 6-8 % base polpa a.s.); b) ligeira redução do teor de lignina (cerca de 10 %) pelo uso de baixa alcalinidade (cerca de 2-3 % base polpa a.s.). Os ensaios realizados para redução de cerca de 10 % do número kappa de polpas kraft de eucalipto conduziram a polpas branqueadas de qualidade similar às polpas branqueadas convencionalmente, com menor consumo de cloro ativo total no branqueamento (cerca de 10 % menos).

Como conclusão final, pode-se considerar que a tecnologia do branqueamento em manta, desde que desenvolvida nos seus aspectos de engenharia, pode vir a se tornar economicamente viável, pois utiliza como agente de deslignificação um agente barato, que é o ar, além de ser possível o reciclo da solução alcalina necessária ao processo. Por outro lado, não significa que a técnica esteja condicionada apenas ao uso do ar para deslignificação. Outros gases, como oxigênio, cloro e dióxido de cloro poderiam ser testados, com amplas possibilidades de sucesso.

Bibliografia

DUSTMAN JR, R.B. - Patente norte-americana nº 3.034.851, (15/05/1962)

McEWEN, R.L. & SHELDON, F.R. - Patente canadense nº 461.242, (22/11/1949)

RAPSON, W.H.; WAYMAN, M. & ANDERSON, C.B. - Paper bleaching - A new process. Tappi, New York, 48 (2): 65-72, 1965

ZVINAKEVICIUS, C.; FOELKEL, C.E.B.; MILANEZ, A.F.; KATO, J. & FONSECA, M.J.O. - Branqueamento com ar. In: Trabalhos Técnicos, XIII Congresso Anual ABCP, São Paulo, p. 85-93, 1980