

DISTRIBUIÇÃO DE CLORO EM CELULOSE BRANQUEADA DE EUCALIPTO

Beatriz Vera Pozzi Redko
Gilberto Araujo Paiva
Acácio Hiroto Nariyoshi
Jeives Bastos Aragão
CFMD-JARI

O cloro é um dos elementos mais abundantes da natureza, constituindo 0.2% da crosta terrestre (1). Ocorre mais frequentemente como íon cloreto na água do mar e em depósitos naturais de cloretos.

Inevitavelmente existem traços de compostos naturais com cloro em tudo que nos cerca.

A biosfera recebe mais de 1500 compostos químicos halogenados diferentes, produzidos por plantas, organismos marinhos, insetos, bactérias, fungos e outros processos naturais (2).

Existem casos em que a quantidade de compostos halogenados naturais é muito maior do que a produzida pelos homens. Por exemplo, a emissão natural de clorometano proveniente da biomassa marinha e terrestre é de 5.000.000 de toneladas por ano, e o total produzido pelas atividades humanas, resultante da combustão de cloretos de vinila, celulose e outros produtos industriais, é de 350.000 toneladas por ano (2).

Estão constantemente ocorrendo nos oceanos, na atmosfera e nos solos processos enzimáticos e térmicos que levam a formação de fenóis clorados e bromados, dioxinas e muitos outros compostos halogenados que antigamente se pensava serem resultantes apenas das atividades humanas. Esses compostos halogenados naturais tem sido uma parte importante do nosso ecossistema desde o início dos tempos (2).

Fala-se muito dos perigos do cloro na celulose. Se toda a celulose branqueada produzida fosse queimada, ela contribuiria apenas com 0.6% dos compostos clorados introduzidos no meio ambiente diariamente pela queima de combustíveis e de lixo (3).

Os efluentes de fábricas de celulose branqueada com cloro podem ter dioxinas e furanos clorados na ordem de ppt. O mito do perigo desses efluentes foi desfeito quando se encontrou quantidades de dioxina da mesma ordem de grandeza no corpo humano e no leite materno (4, 5, 6).*

A preocupação geral mudou então para a ocorrência de TOX, compostos orgânicos halogenados totais na celulose, no papel e nos efluentes das fábricas de celulose e de papel (5,6,7,8,9,12). Esses compostos podem ser lipofílicos e apresentar um potencial latente de bioacumulação. Compostos lipofílicos podem migrar e são muito atraídos por óleos, gorduras e pelo tecido adiposo humano (3,12). Os compostos

* Trabalho apresentado no 25o. Congresso Anual de Celulose e Papel-ABTCP-23/27 novembro 1992-São Paulo- Brasil

presentes na celulose podem ser dissolvidos na água quando é feito o papel, ou podem migrar quando o papel é usado para o transporte de produtos gordurosos.

Não se tem evidência concreta ou comprovação da toxidez desses compostos nos níveis em que eles ocorrem na celulose branqueada ou no papel (3,4,12).

Pressões políticas, ambientalistas e de mercado tem levado a modificações no processo de branqueamento da celulose com o objetivo de minimizar a ocorrência dos compostos halogenados na celulose e nos efluentes (3,4,12).

Uma das estratégias adotadas para a minimização dos organoclorados nos efluentes é substituir a maior parte possível do cloro usado no branqueamento por dióxido de cloro. Como os organoclorados formados são diretamente proporcionais ao cloro aplicado, usando-se menos cloro se formarão menos compostos orgânicos clorados (12,13,14,15,16,18). O múltiplo de cloro usado no primeiro estágio do branqueamento deve também ser mantido ao redor de 0.15 (12,13,14,15,16,17,).

Finalidade do trabalho

A finalidade do trabalho foi verificar se a variação de dióxido de cloro/cloro no D/C tem alguma influência no teor de cloro da celulose produzida e, em particular, no teor de cloro dos extrativos. A maioria do cloro orgânicamente ligado a celulose ocorre nos extrativos e a sua toxidez e potencial de bioacumulação aumentam com o aumento do número de átomos de cloro por molécula (3,4,7,8,9).

Distribuição dos organoclorados na celulose

Grande parte do cloro orgânicamente ligado a celulose de folhosas encontra-se combinado com os extrativos (3,4,6,7,8,9).

Na celulose de folhosas os extrativos encontram-se concentrados principalmente nos vasos e nos raios (10, 11). Se fraccionarmos a celulose de forma a concentrar a ocorrência de vasos e de raios em algumas frações, poderemos quantificar a ocorrência dos organoclorados nesses elementos e ter mais informações sobre o seu mecanismo de formação. Numa separação de fibras de celulose de eucalipto pelas peneiras Bauer McNett efetuada no Japão por Ogata (10,11) os vasos ficaram retidos entre as peneiras 28 e 42 mesh e raramente foram encontrados nas frações maiores que 20 ou menores que 80 mesh. A maioria dos raios e parênquimas passaram pela peneira de 50 mesh. Então, se separarmos a celulose de eucalipto em frações, o teor de extrativos deverá ficar mais concentrado naquelas mais ricas em vasos e parênquimas radiais.

Procedimento

Nêste trabalho foram estudadas cinco amostras de celulose, colhidas no decorrer da 24a. produção de celulose de eucalipto da Companhia Florestal Monte Dourado-Jari, em ocasiões que houve variação na proporção dióxido de cloro/cloro no primeiro estágio do branqueamento.

O sistema de branqueamento da CFMD na ocasião consistia de cinco estágios, D/C, E1, D1, E2 e D2. O dióxido de cloro é fabricado na planta química pelo processo R-3.

. Foram selecionadas cinco amostras, em períodos de relação dióxido de cloro/cloro 10/90 (amostra 1), 20/80 (amostra 2), 30/70 (amostra 3), 40/60 (amostra 4) e 100/0 (amostra 5).

. As amostras foram umedecidas com água deionizada e desfibradas manualmente usando luvas de borracha para evitar a contaminação de cloretos, e sêcas ao ar. Em seguida foram acondicionadas em sacos de polietileno e foi determinado o seu teor sêco.

. Uma parte de cada amostra foi extraída em extrator Soxhlet com uma solução de acetona/água 10:1. A acetona foi decantada e evaporada até reduzir o volume. O concentrado foi filtrado em algodão e evaporado até a secura. O resíduo foi redissolvido em 100 ml de éter etílico, lavado 3 vezes em 25 ml de água deionizada e evaporado até a secura em pesa filtro. O extrato obtido foi quantificado em relação ao peso inicial da celulose. Em seguida foi feita a análise elementar de cloro no extrato de acôrdo com a norma ASTM D808-87, nos laboratórios do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S/A.

. Outra parte de cada amostra foi classificada usando-se um classificador Bauer McNett, separando-se as frações retidas pela peneira de 30 mesh, retidas pela peneira de 50 mesh, retidas pela peneira de 100 mesh e não retidas pela peneira de 100 mesh. Em cada amostra foram feitas tantas separações de fibras quantas necessárias para que se obtivesse 20 gramas sêcas da fração, dentre as consideradas, que ocorre em menor proporção na celulose de eucalipto, que é a retida pela peneira de 100 mesh.

. Nas frações separadas foi feita a determinação dos extrativos em acetona, usando-se o procedimento já descrito.

. Com as frações separadas foram confeccionadas folhas de 60 g/m², com água deionizada e papel de filtro. As folhas foram sêcas ao ar e foram enviadas para execução da análise do perfil de cloro em microsonda de Raios X do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo S.A., e fotos no microscópio eletrônico de varredura do Instituto de Física da Universidade de São Paulo.

Métodos de determinação de cloro em compostos orgânicos

Para a determinação do cloro nos extrativos em acetona foi usado o método tradicional de determinação de cloro em substâncias orgânicas, que consiste na combustão completa da

amostra em uma atmosfera de oxigênio, absorção quantitativa do HCl dos gases de combustão em uma solução aquosa e determinação do cloreto absorvido por titulação volumétrica. Para a avaliação da distribuição de cloro foi usada uma microsonda eletrônica que varre a superfície da amostra e determina o perfil de variação do cloro na celulose, emitindo um sinal diretamente proporcional a concentração de cloro no ponto analisado (nível de resolução 1:1000). Como todas as folhas foram formadas com a mesma gramatura, a área da curva obtida deverá ser proporcional ao teor de cloro total na amostra. Deverão ocorrer picos nas regiões de maior concentração de cloro, correspondentes aos vasos e aos raios.

O teor de cloro total em duas amostras foi determinado por bomba calorimétrica pela Law Environment, Estados Unidos, e o teor de cloro das demais foi inferido por correlação simples.

Resultados e discussão

A tabela 1 registra o teor de extrativos em acetona, o teor de cloro nos extrativos das celulosas analisadas e o cloro total usado no branqueamento de cada amostra. O teor de extrativos em diclorometano é apresentado para comparação. A porcentagem de cloro nos extrativos decresce com a diminuição do cloro na relação dióxido de cloro/cloro, indicando a formação de compostos de menor potencial de bioacumulação a medida que se aumenta a contribuição do dióxido de cloro no primeiro estágio do branqueamento. A diminuição do potencial de bioacumulação dos extrativos com o aumento do dióxido de cloro na relação D/C é ilustrada na figura 1.

A tabela 2 mostra a classificação de fibras pelas peneiras Bauer McNett e a tabela 3 a porcentagem dos extrativos em acetona encontrada em cada fração.

A tabela 4 mostra a distribuição dos extrativos em acetona pelas várias frações.

A observação das fotografias das frações por microscópio eletrônico de varredura revelou a incidência de elementos de vasos em todas as frações maiores do que 100 mesh, ocorrendo em proporção menor na fração maior do que 30 mesh. Essa distribuição diferente da citada em literatura (10,11), pode ser atribuída a variação da espécie ou da idade do eucalipto entre os dois materiais, ou a diferença no processo de separação. A fração menor que 100 mesh conteve fragmentos de vasos.

A microsonda eletrônica para determinação do perfil de cloro acusou um pico de concentração elevada de cloro sempre que era percorrido um elemento de vaso ou um elemento de raio. Nas frações maiores que 50 mesh o número de picos correspondeu ao número de vasos percorridos. Nas frações menores que 50 mesh notou-se picos em pontos de ocorrência de aglomerados de extrativos e em elementos de raios, além dos picos nos elementos de vasos. Os picos correspondentes

aos elementos de vasos foram mais acentuados na amostra 2, que foi branqueada com maior teor de cloro total.

A figura 3a. mostra a superfície das várias frações, podendo-se notar a distribuição dos elementos de vasos e de raios em cada uma. A figura 3b. registra elementos de vasos típicos, onde ocorreram picos de acumulação de cloro. A figura 3c. ilustra um aglomerado de extrativos retido pela peneira de 100 mesh, a figura 3d. ilustra um aglomerado de raios, fragmentos de vasos e extrativos encontrados na fração menor que 100 mesh. A figura 3e. mostra aglomerados de finos. Em todas essas situações ocorreram picos de acumulação de cloro.

O gráfico 1 mostra alguns perfis de concentração de cloro nas várias frações. Os picos correspondem as zonas de maior concentração, onde se registra a presença de vasos e de raios.

O cloro total na celulose foi obtido através da integração gráfica do perfil de distribuição de cloro, ponderada com a contribuição de cada fração. A participação das várias frações no cloro total está registrada na tabela 5 e ilustrada na figura 2.

O cloro total encontrado na celulose foi diretamente proporcional ao cloro usado no branqueamento, como seria de se esperar pela literatura e se vê na tabela 6 e figura 4.

A tabela 7 e a figura 5 mostram a distribuição do cloro orgânicamente ligado a celulose: parte está contida nos extrativos e parte está difundida na parede celular, ligado aos carboidratos ou a fragmentos de lignina residual (3,8). Houve uma acumulação de cloro na fração mais fina da celulose, especialmente quando se trabalhou com proporções mais baixas de dióxido de cloro/cloro no D/C, como se vê na tabela 8 e na figura 6. Para relações entre 10/90 e 30/70 entre 20 a 30% do cloro total da celulose encontra-se nos finos. Isso indica uma maior proporção de cloro ligada a cada molécula de extrativos e um maior potencial de bioacumulação e toxidez. Na fabricação do papel, parte dessa fração é perdida no processamento, fazendo diminuir o teor de cloro no produto final mas aumentando o teor de TOX dos efluentes. Em dados de literatura observa-se que o teor de organoclorados em papel e em material reciclado é mais de 20% menor que o usual em celulose (4).

Conclusões

. Os compostos organoclorados ocorrem na celulose em proporção direta ao cloro total aplicado no branqueamento. É importante portanto minimizar o múltiplo de cloro no D/C assim como o dióxido de cloro nos demais estágios do branqueamento se o objetivo for minimizar o teor de organoclorados presentes no material.

. Os finos e os vasos são pontos da celulose com maior concentração de organoclorados. A separação de finos que ocorre durante o processamento da celulose contribui para

que o papel contenha menos organoclorados que a celulose original.

O teor de cloro nos extrativos é diretamente proporcional a contribuição de cloro na relação dióxido de cloro/cloro usada no primeiro estágio do branqueamento. Portanto, quanto menor for a proporção de cloro usada na relação D/C menor a possibilidade dos organoclorados formados serem bioacumuláveis.

Considerações

Os níveis de organoclorados presentes na celulose são extremamente baixos, especialmente se ela for branqueada com uma maior proporção de dióxido de cloro (17). O medo de contaminação pela presença de quantidades mínimas de cloro na celulose e no papel é muito difundido, mas não representa a realidade. Nenhum dano a homens ou animais causado pela presença das quantidades mínimas de organoclorados ocorrentes na celulose ou no papel foi verificado ou comprovado até hoje.

Branqueando-se a celulose com dióxido de cloro o produto final apresenta maior resistência mecânica e maior alvura do que a maioria das outras alternativas de branqueamento, e, em instalações já existentes, o custo da qualidade será menor. A médio prazo não parece vantajoso investir grandes quantidades de recursos em um período de escassez para resguardar a população dos perigos eventuais de uma hipótese de toxidez não comprovada. É suficiente colocar as instalações já existentes dentro dos limites de segurança ambiental, rigorosos em todos os países.

Sabe-se hoje que a poluição do ambiente não pode ser considerada causa importante de câncer (19). O preço para possivelmente salvar uma vida a custo de cumprir regulamentos irrealistas para proteção do meio ambiente eleva-se a bilhões de dólares. Essa vida é salva ao mesmo tempo que muitas outras acabam, por exemplo, por falta de comida (19). Num tempo de dinheiro escasso e pobreza crescente, outras prioridades, menos sensacionalistas e mais humanas, deveriam ser atendidas.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Dr. Pedro K. Kiyohara pelas fotografias, tiradas no microscópio de varredura do Instituto de Física da Universidade de São Paulo, ao Dr. Tiaki Kawashima, do IPT, pelos perfís de concentração de cloro e a Dra. Cleide Bassani de Barros, do IPT, pela determinação do cloro nos extrativos.

Resumo

Avaliando-se a distribuição de cloro em celulose sulfato de eucalipto, branqueada pela sequência D/C, E1, D1, E2, D2, por fracionamento dos componentes, determinação quantitativa de cloro e microsonda eletrônica de varredura concluiu-se que:

- . Os compostos organoclorados ocorrem na celulose na proporção direta do cloro total aplicado no branqueamento.
- . Os finos e os vasos são os pontos da celulose com maior concentração de organoclorados. 20 a 30% dos organoclorados totais da celulose estão contidos na fração menor que 100 mesh.
- . O teor de cloro nos extrativos é diretamente proporcional a contribuição de cloro na relação dióxido de cloro/cloro usada no primeiro estágio do branqueamento.

Abstract

In the evaluation of the chlorine distribution in eucalyptus bleached pulp (D/C, E1, D1, E2, D2), made by separation of components, quantitative determination of chlorine, and scanning of chlorine profile, it was found that:

- . The chlorinated organic compounds are present in pulp in direct proportion to the total chlorine used in the bleaching process.
- . The fines and the vessels are the elements with the higher concentration of chlorinated organic compounds. The fraction <100 mesh has 20-30% of the total chlorinated organic material present in the pulp.
- . The percentage of chlorine in the extractives is directly proportional to the chlorine contribution to the relationship chlorine dioxide/chlorine used in the D/C.

. Bibliografia

1. C.F. Bell, K.A.K. Lott - Modern Approach to Inorganic Chemistry - 2d. Edition, London, Butterworths, 1966, pg 204-210.
2. Naturally Occurring Organic Compounds - A Survey - Technical Bulletin nb 629 - March 1992 - NCASI - National Council of the Paper Industry for Air and Stream Improvement - New York.
3. Douglas W.Reeve - Organochlorine in Bleached Kraft Pulp - Tappi Journal, February, 1991 pg 123-126.
4. Douglas W.Reeve - Organochlorine in Paper Products - Tappi Journal, February, 1992, pg 63-69.
5. Alvin L.Young - Analysis of Dioxins and Furans in Human Adipose Tissues - in Public Health Risks of the Dioxins - 1983- The Rockefeller University, New York City.
6. W.E.Harris - Dioxins, an overview - Tappi Journal, April 1990, pg 267-269.

7. Douglas W.Reeve and A.Bruce McKague - Identification of Chlorinated Compounds in Bleached Pulp Extracts - Presented at the Eucepa 90 Conference, May 8-11, Stockholm, Sweden.
8. Douglas W.Reeve and K.M.Weisar - Chlorinated Material in Bleached Pulp Production - Part IV - The Occurrence of Chlorinated Organic Matter in Bleached Pulp - Journal of Pulp and Paper Science, vol 16 nb 4, July 1990, J118-J125.
9. Douglas W.Reeve and A.Bruce McKague - Chlorinated Organic Material in Bleached Chemical Pulp Production - Part VII - Characterization of Extractives - CPPA Technical Meeting, Palais des Congress, Montreal, January 29-February 2, 1990.
10. Yasutoshi Ogata - Studies on Vessel Elements of Eucalyptus Woods - Part 1 - A Method of Separating Vessel Elements and Some Findings on Morphological Features of Eucalyptus Vessel Elements - J. TAPPI nb 18, 1977 pg 70-77.
11. Yasutoshi Ogata - Studies on Vessel Elements of Eucalyptus Woods - Part 2 - Sheet Forming Studies and Chemical Analysis of Eucalyptus Vessel Elements - J. TAPPI nb 19, 1977 pg 41-49.
12. R.M. Berry, C.E.Luthe, R.H.Voss, P.E.Wrist, P.Axegard, P. Gellerstedt, P.O. Lindblat and I.Popke - The Effects of Recent Changes in Bleached Softwood Kraft Mill Technology on Organochlorine Emissions: An International Perspective - Pulp and Paper Canada 92:6 (1991) pg 43-55.
13. Douglas W.Reeve - Processes Alternatives for Minimum Organochlorine Discharge - 1990 Tappi Bleaching Operations Short Course.
14. Paul F.Earl and Douglas W.Reeve - Chlorinated Organic Matter in Bleached Chemical Pulp Production - Part VI - Chlorinated Compounds in Effluents - 1989 Tappi Pulping Conference, Seattle, WA.
15. Peter Axegard - Substituting Chlorine Dioxide for Elemental Chlorine Makes the Bleaching Plant Effluent Less Toxic - Tappi Journal - October 1986, pg 54-59.
16. C.Rappe, S.Swanson, B.Glas, K.P.Kringstad, F.de Souza, L. Johanson and Z.Abe - On the Formation of PCDDs and PCDF in the Bleaching of Pulp - Pulp and Paper Canada 90:8 (1989) - T273-T278.
17. Thomas J.McDonough - Emerging Pulping and Chlorine-Free Technologies: In Search of the Ideal Pulp - Tappi Journal vol 74 nb.7 (1991) pg 206-209.
18. Ira Jerry Bowen and Jay C.L.Hsu - Overview of Emerging Technologies in Pulping and Bleaching - Tappi Journal - September 1990 pg 205.
19. Peter Brimelow and Leslie Spencer - "You can't get there from here" - Forbes, July 6, 1992, pg 59-64.

TABELA 1					
PROPRIEDADES DAS CELULOSES					
AMOSTRA	RELAÇÃO D/C	EXTRATOS	EXTRATOS	% CLORO	CLORO TOTAL
		DCM - %	ACETONA - %	EXTRATOS	BRANQTO. - %
1	10/90	0,23	0,70	10,7	3,35
2	20/80	0,31	0,31	8,5	3,72
3	30/70	0,31	0,41	7,4	3,01
4	40/60	0,28	0,43	6,5	3,54
5	100/0	0,25	0,55	4,3	1,87

TABELA 2					
CLASSIFICAÇÃO DAS FIBRAS (BAUER MC NETT)					
AMOSTRA	RELAÇÃO D/C	PORCENTAGEM RETIDA - MESE			
		> 30	> 50	> 100	< 100
1	10/90	48,2	31,2	7,1	14,5
2	20/80	43,0	32,0	7,0	18,0
3	30/70	40,4	33,0	5,0	21,8
4	40/60	45,0	33,7	6,8	14,5
5	100/0	46,0	34,1	8,8	11,1

TABELA 3					
EXTRATIVOS EM ACETONA NAS FRAÇÕES - %					
AMOSTRA	RELAÇÃO D/C	EXTRATIVOS EM ACETONA - %			
		> 30	> 50	> 100	< 100
1	10/90	0,76	0,77	0,52	0,51
2	20/80	0,37	0,50	0,28	0,18
3	30/70	0,52	0,42	0,67	0,13
4	40/60	0,49	0,49	0,31	0,14
5	100/0	0,66	0,40	0,63	0,47

TABELA 4					
DISTRIBUIÇÃO EXTRATIVOS EM ACETONA					
AMOSTRA	RELAÇÃO D/C	EXTRATIVOS EM ACETONA - % DO TOTAL			
		> 30	> 50	> 100	< 100
1	10/90	50	34	5	11
2	20/80	43	43	5	9
3	30/70	51	34	8	7
4	40/60	51	38	5	6
5	100/0	55	25	10	10

TABELA 5							
DISTRIBUIÇÃO DE CLORO NAS FRAÇÕES - PPM							
AMOSTRA	RELAÇÃO D/C	DISTRIBUIÇÕES CLORO TOTAL					
		> 30	> 50	> 100	> 100	TOTAL	BRANQTO-%
1	10/90	320	342	48	100	800	3.35
2	20/80	500	210	60	313	1083	3.72
3	30/70	304	260	32	164	760	3.01
4	40/60	380	260	48	122	810	3.54
5	100/0	298	212	57	63	650	1.87

TABELA 6			
CLORO BRANQUEAMENTO E CLORO CELULOSE			
AMOSTRA	RELAÇÃO D/C	CLORO TOT.	PPM CLORO
		BRANQTO - %	CELULOSE
5	100/0	1,87	650
3	30/70	3,01	760
1	10/90	3,35	800
4	40/60	3,54	810
2	20/80	3,72	1083

TABELA 7				
DISTRIBUIÇÃO DE CLORO ENTRE COMPONENTES				
AMOSTRA	CLO2/CL	TOTAL	EXTRATOS	INEXTRAIVEIS
			ACETONA	
		ppm	ppm	ppm
1	10/90	800	750	50
2	20/80	1083	315	768
3	30/70	780	303	457
4	40/60	810	280	578
5	100/0	650	231	419

TABELA 8					
DISTRIBUIÇÃO DO CLORO NAS FRAÇÕES					
AMOSTRA	CLO2/CL	PORCENTAGEM DO CLORO			
		> 30	> 50	> 100	< 100
1	10/90	40	30	6.0	24.0
2	20/80	46	20	5.5	28.5
3	30/70	39	33	4.2	23.8
4	40/60	47	32	6.0	16.0
5	100/0	48	33	10.0	11.0

FIGURA 1
DIOXIDO DE CLORO/CLORO NO D/C
E % DE CLORO NOS EXTRATIVOS

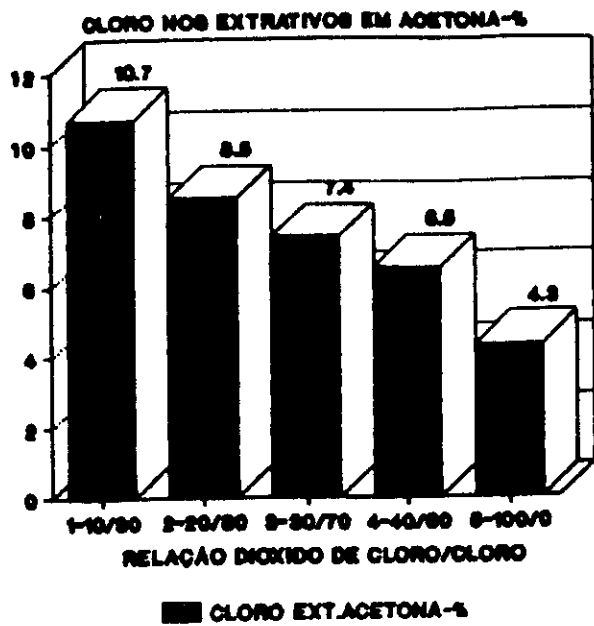
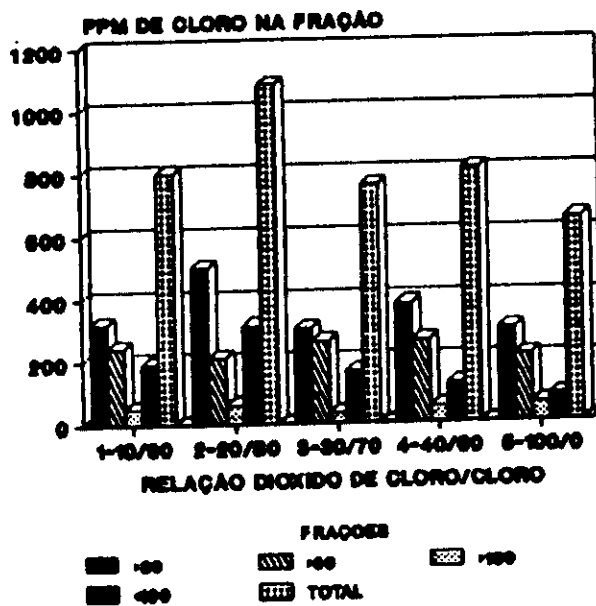


FIGURA 2
DISTRIBUIÇÃO DE CLORO NA
CELULOSE PELAS FRAÇÕES - PPM

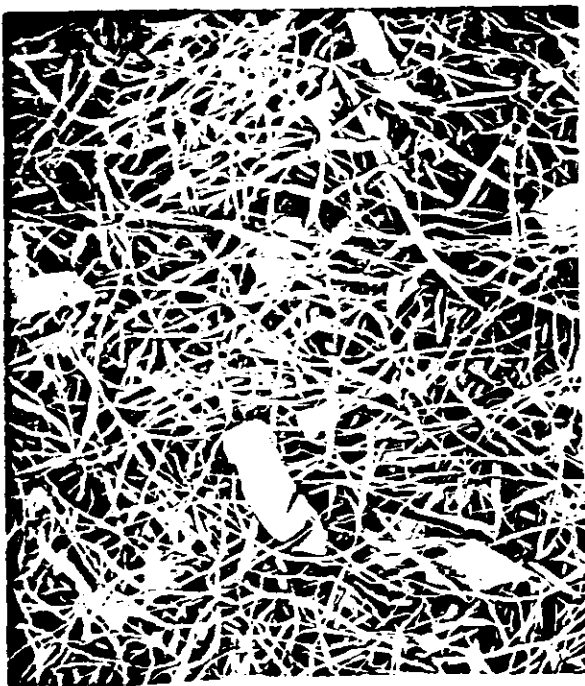




1. Fração > 30 mesh



2. Fração > 50 mesh



3. Fração > 100 mesh



4. Fração < 100 mesh

Figura 3a. Distribuição de vasos, raios e extrativos pelas frações >30 mesh, >50 mesh, >100 mesh e <100 mesh. (50 X)

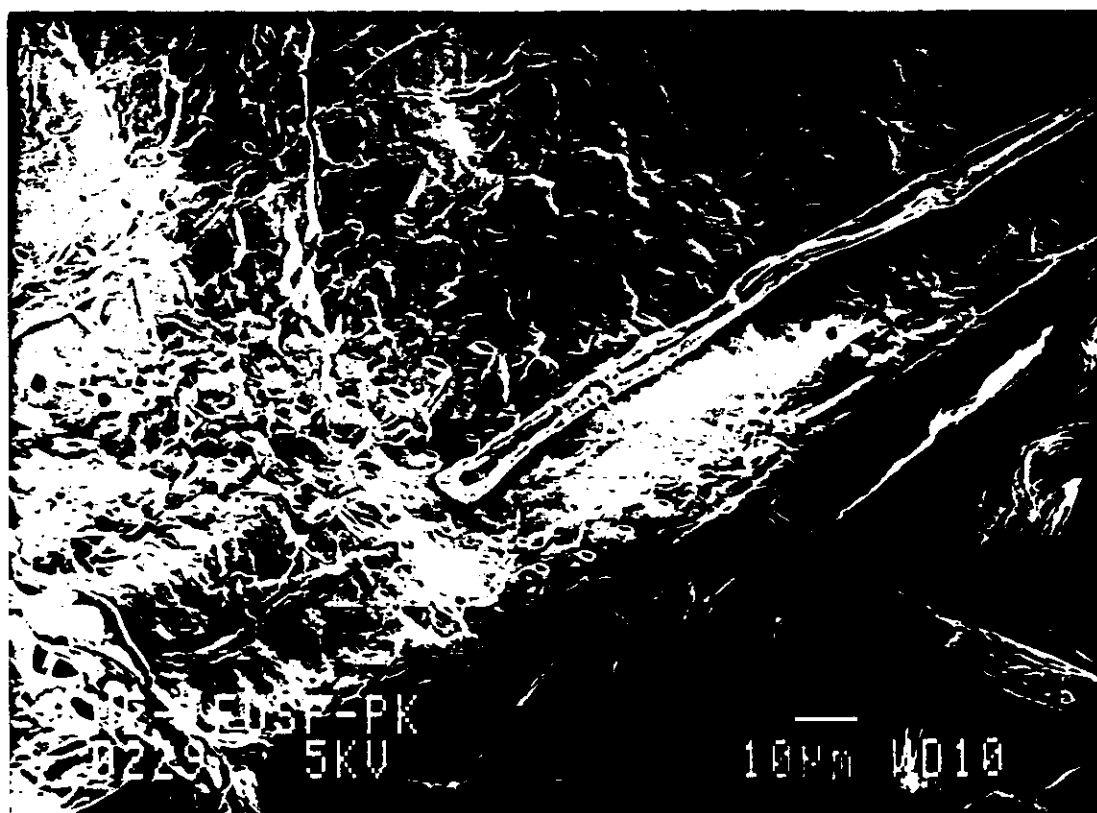


Figura 3b. Elementos de vaso de eucalipto, onde ocorreram picos de concentração de cloro (625 X)

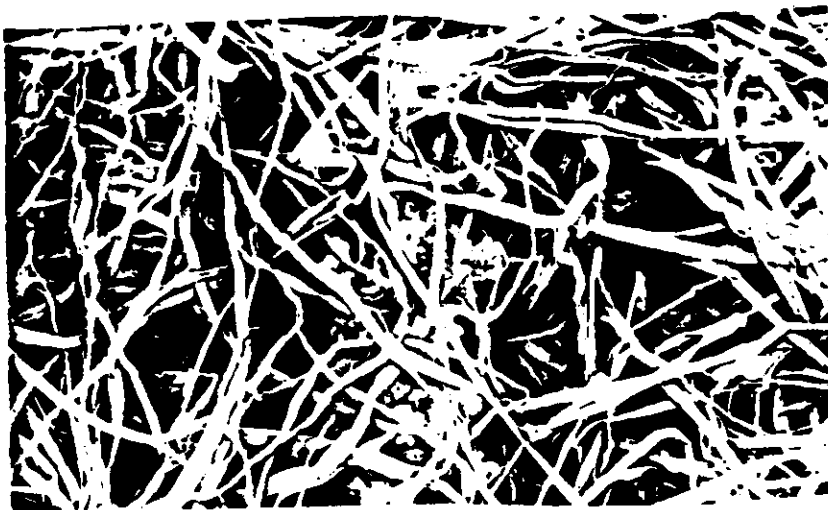


Figura 3c. Aglomerado de extrativos retidos pela peneira de 100 mesh, onde ocorreu pico de acumulação de cloro (125 x, 1250 x, 6250 x).

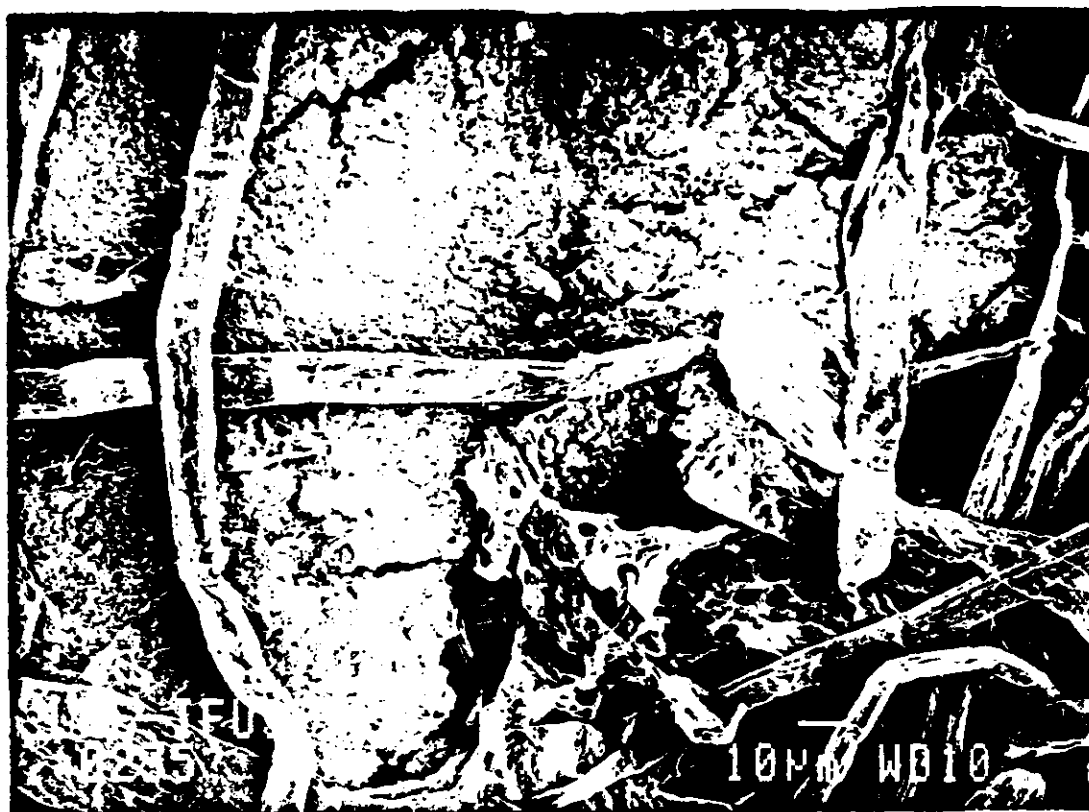


Figura 3d. Aglomerado de elementos de raios, extrativos e fragmentos de vasos, que passaram pela peneira de 100 mesh e onde ocorreu ponto de concentraç+o de cloro (625 x).

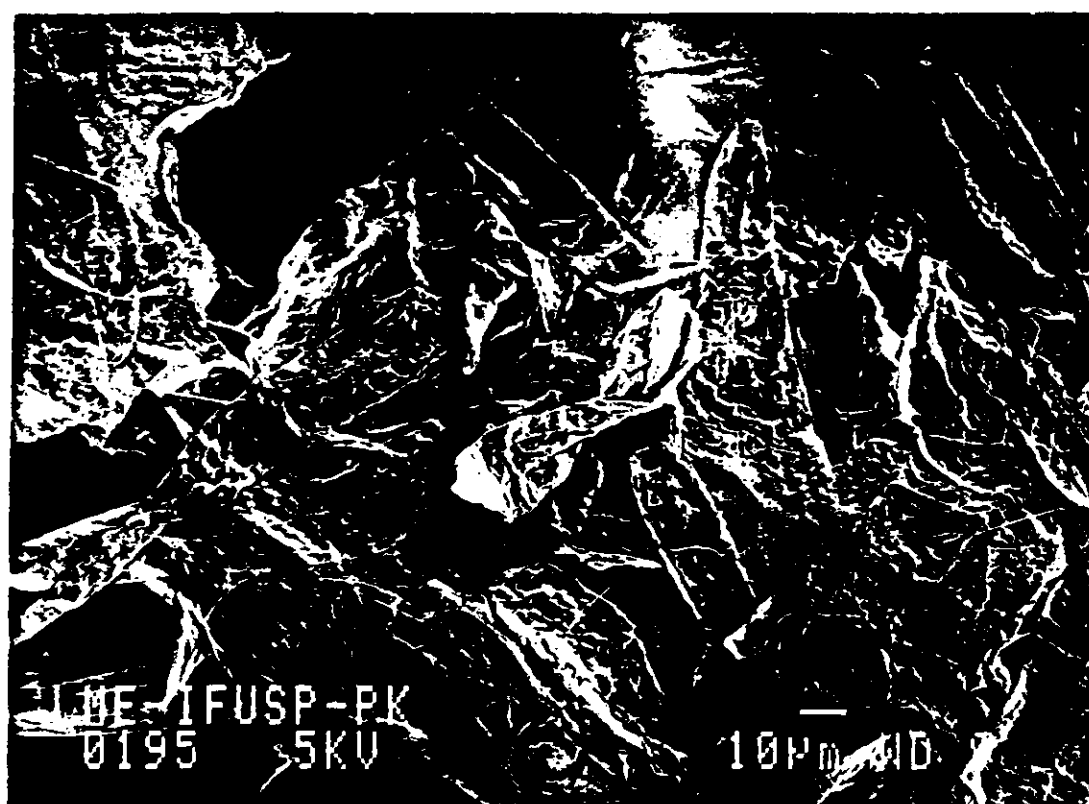


Figura 3e. Aglomerados de finos, menores que 100 mesh, onde foi encontrada grande quantidade de picos de concentraç+o de 43

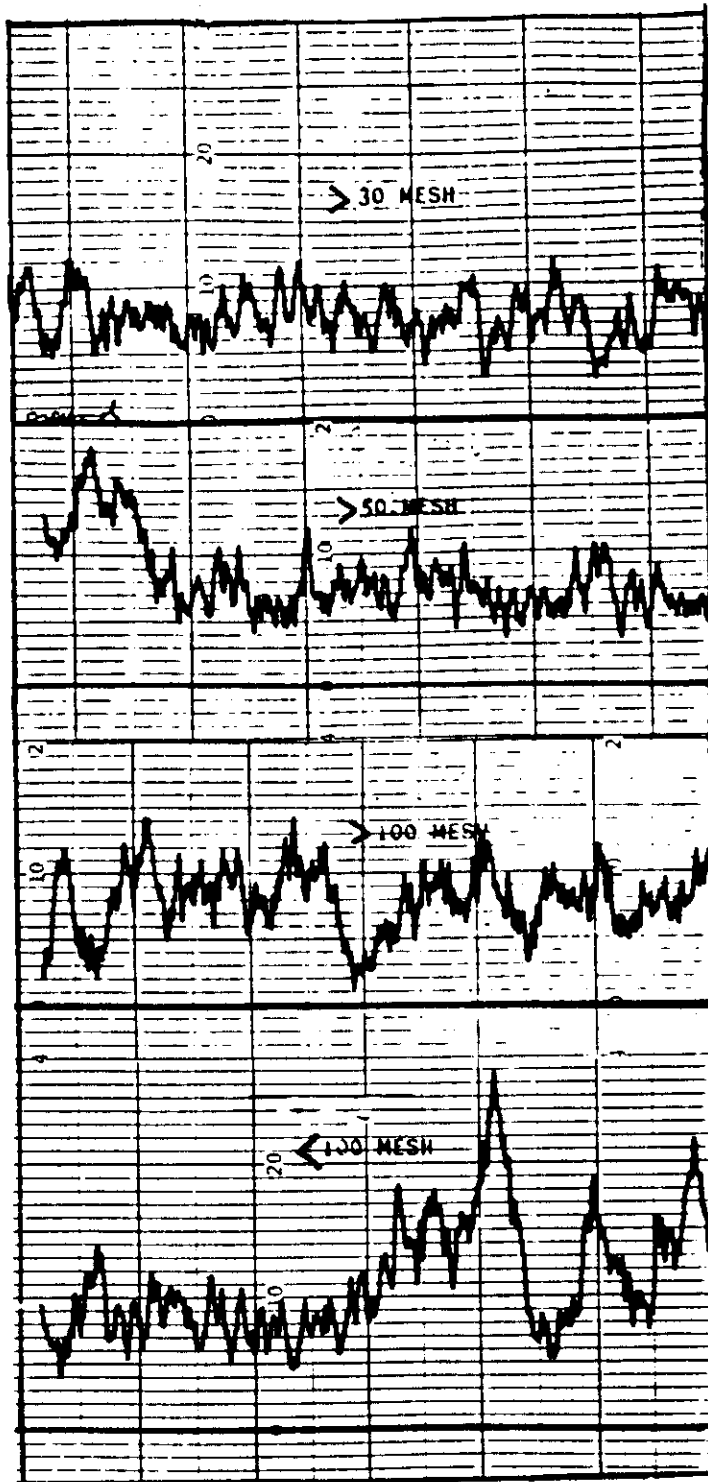


Gráfico 1 - Perfis de concentração de cloro em folhas de gramatura de 60 g/cm³, formadas com água deionizada a partir de diversas frações da celulose. Os picos correspondem a ocorrência de pontos de acumulação de cloro nos vasos, raios e aglomerados de extrativos.

FIGURA 4
CORO TOTAL NO BRANQUEAMENTO
E CORO NA CELULOSE

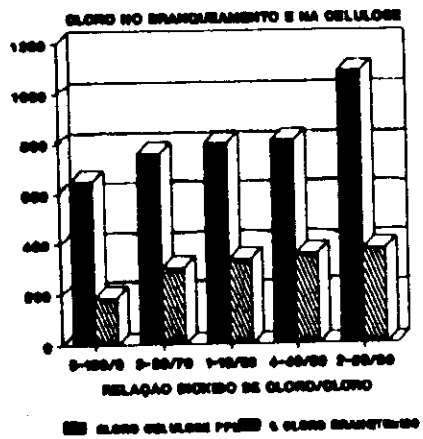


FIGURA 5
DISTRIBUIÇÃO DO CORO NA
CELULOSE PELOS COMPONENTES-PPM

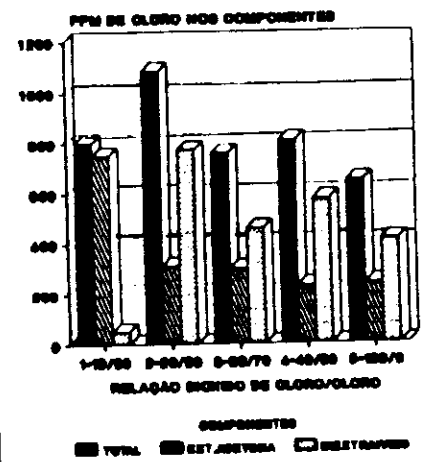


FIGURA 6
CORO NAS FRAÇÕES
DISTRIBUIÇÃO PERCENTUAL

