

**Cor em efluentes em fábrica de celulose Kraft**

MFN -0834

N CHAMADA:

TITULO: Cor em efluentes em fábrica de celulose Kraft

AUTOR(ES): ALMEIDA, M.L.O.

EDICAO:

IDIOMA: português

ASSUNTO: 08. Meio Ambiente

TIPO: Congresso

EVENTO: Congresso Anual da ABCP, 13. Sessao especial sobre meio ambiente

PROMOTOR: ABTCP

CIDADE: São Paulo

DATA: 24-28.11.1980

IMPRESSÃO: Sao Paulo, 1980, ABTCP

PAG/VOLUME: p.126-145,

FONTE: Congresso Anual da ABCP, 13. Sessao especial sobre meio ambiente, 1980, São Paulo, p.126-145

AUTOR ENTIDADE:

DESCRIPTOR: cor, efluentes

RESUMO:

# COR EM EFLUENTES DE FÁBRICA DE CELULOSE KRAFT

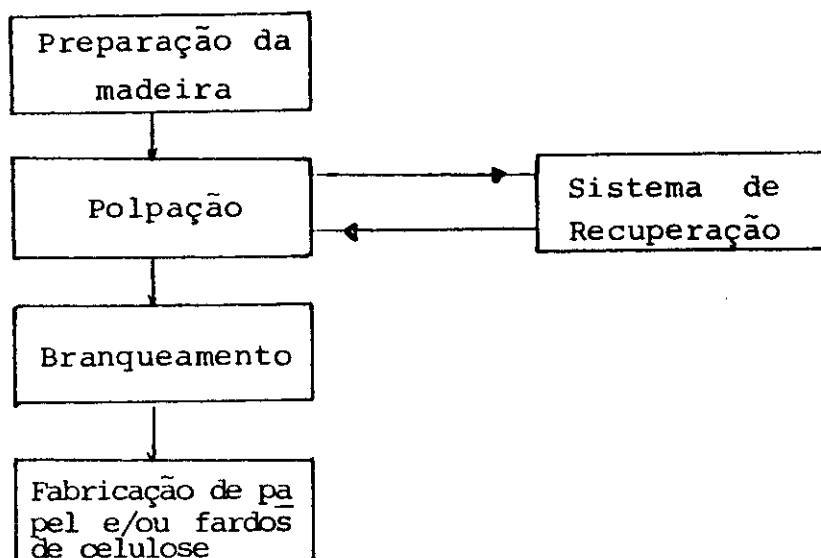
Maria Luiza Otero D'Almeida \*  
CTCP/IPT



## I. INTRODUÇÃO

A fabricação de pasta celulósica kraft branqueada pode ser esquematizada segundo a figura 1.

FIGURA 1



A contribuição volumétrica aproximada de cada unidade, para uma indústria que utiliza os sistemas "convencionais" de fabricação, está ilustrada na tabela I. As características dos efluentes, constantes desta tabela, são dados referentes a uma única fábrica, e visam mostrar mais a contribuição relativa dos processos unitários do que permitir necessariamente aplicação generalizada a outras fábricas de celulose kraft branqueada.

TABELA I

SETOR	CONTRIBUIÇÃO VOLUMÉTRICA	CARACTERÍSTICAS
. Preparação da madeira	3%	pH = 10,80
. Polpação	15%	ST = 0,9 g/L
. Sistema de recuperação	12%	STS = 0,12 g/L
. Fabricação de papel e/ou fardos de celulose	20%	DQO = 616,4 mg/L COR = 194 unidades de cor
. Branqueamento	50%	pH = 6,10 ST = 5,8 g/L STS = 2,10 g/L DQO = 2195,7 mg/L COR = 1690 unidades de cor
. Total	100%	pH = 6,40 ST = 2,7 g/L STS = 0,23 g/L DQO = 1804,3 mg/L COR = 1270 unidades de cor

ST = sólidos totais

STS = sólidos suspensos totais

DQO = demanda química de oxigênio

NOTA: Os efluentes originais do branqueamento possuem pH ao redor de 2, porém recebem adição de carbonato até atingir pH próximo da neutralidade.

A unidade de branqueamento, além de ser o setor que mais contribui volumetricamente, possui também maior carga poluente, principalmente no que diz respeito a cor.

Nas sequências de branqueamento, contribuem mais para a coloração dos efluentes os estágios iniciais, normalmente cloração (C), seguido pela extração alcalina (E). Considere

rando a unidade de volume, a contribuição específica dos diversos fatores poluentes (como cor, DQO, ST e STS) é maior para o estágio de extração alcalina. Porém, devido ao volume que eflue da cloração ser consideravelmente maior, possui este estágio, mesmo com contribuição específica menor, uma carga poluente total superior. A tabela II ressalta tal fato, sendo os dados referentes a uma única fábrica.

TABELA II

EFLUENTE	VAZÃO (m <sup>3</sup> /dia)	FATOR DE DILUIÇÃO	COR, EM UNIDADES DE COR	
			ESPECÍFICA	TOTAL
C	13700	15,2	2510	38152
E	900	1	10500	10500

O efluente do estágio de extração alcalina, por apresentar tal como sai uma cor mais intensa e também por constituir-se em um volume menor, é o que tem sido normalmente estudado e submetido a processos de eliminação de cor.

## II. ORIGENS DA COR

Materiais que dão origem a cor podem ser de natureza inorgânica ou orgânica (1).

Os compostos inorgânicos, frequentemente denominados pigmentos, são usados na produção de papéis coloridos. Exceto em poucas linhas de produção de papel, os pigmentos empregados são insolúveis em água, sendo portanto eliminados no tratamento primário dos efluentes (1).

Nas indústrias de celulose e papel predomina a coloração conferida por substâncias de origem orgânica. Estas provêm quase que totalmente da lignina presente na madeira. A natureza da estrutura dos derivados ou fragmentos de lignina que dão origem a coloração não é sempre conhecida, mas sabe-se

que são materiais solúveis em água e de biodegradação demorada (1).

Nos efluentes do processo kraft, apontam-se como contribuintes substanciais para a coloração: duplas ligações conjugadas com anéis aromáticos, calconas, estruturas quinóidicas, radicais livres, complexos metálicos, derivados clorados da lignina e produtos de degradação alcalina e/ou térmica de açúcares. Alguns destes compostos possuem caráter oxidante, capazes de gerar novos grupos cromóforos (2, 3, 4).

Uma segunda fonte de material orgânico que pode contribuir para coloração consiste de corantes sintéticos solúveis em água (1), utilizados na produção de papéis coloridos.

### III. EFEITOS CAUSADOS PELA COR

Efluentes coloridos podem causar os seguintes efeitos em suas águas receptoras (5, 6, 7):

- . retardamento, ou até mesmo impedimento, da transmissão de luz solar através d'água, o que interfere com a fotossíntese de plantas aquáticas.
- . sequestro, por complexação, de íons metálicos indispensáveis ao metabolismo normal de organismos do rio.
- . influência negativa na mobilidade e produtividade de peixes.
- . elevação dos custos de tratamento de águas industriais e municipais.
- . comprometimento do aspecto paisagístico e diminuição da possibilidade do uso das águas para fins recreativos.
- . a longo prazo, demanda bioquímica do oxigênio.

### IV. MÉTODOS DE ELIMINAÇÃO DE COR

A eliminação ou redução da coloração, pode ser efetuada pelo tratamento dos efluentes e/ou por modificações no processo de fabricação.

## TRATAMENTO DOS EFLUENTES

Vários métodos veem sendo estudados para remover a coloração em efluentes de fábricas de celulose e papel. Porém, poucos tem encontrado viabilidade de aplicação industrial.

A seguir tem-se uma breve descrição de alguns métodos de tratamento e por fim, na tabela III, suas respectivas eficiências.

- Co-precipitação química: Nesta técnica são adicionados ao efluente agentes químicos que causam a formação de flocos de grande área superficial. Ao sedimentar, estes flocos arrastam consigo parte, ou até a maior parte dos materiais coloridos presentes n'água (8). A dosagem ótima do agente químico, seu pH ótimo de atuação e a porcentagem de cor removida são fatores que dependem do efluente (9). As maiores dificuldades encontradas nesta técnica são: a) desidratação e eliminação do lodo resultante; b) o preço dos agentes químicos empregados (10).

Entre os agentes químicos estudados encontramos poliamidas (11, 50), sulfatos e cloretos de ferro e de alumínio (10, 12, 13, 47), e óxido de cálcio (5, 14, 15, 16, 17, 12, 13, 08, 18). Para este último temos um número relativamente maior de referências, justificado em parte pelo fato que as técnicas desenvolvidas aplicam o agente em dois níveis distintos: tratamento "massivo com cal" e com "dosagem mínima de cal".

O tratamento massivo com cal, patenteado pelo "National Coimcil of Air and Stream Improvement", utiliza um excesso de cal (por volta de 20 g/L) a fim de produzir um lodo denso, de fácil decantação e desidratação (5, 15). O óxido de cálcio empregado, proveniente da etapa de calcinação do sistema de recuperação do licor de cozimento kraft, é misturado com os efluentes coloridos da primeira extração alcalina do processo de branqueamento. Esta mistura é permitida repousar durante certo tempo para formação de flocos, que ao sedimentarem, são origem a um lodo e a um efluente clarificado. O efluente clarificado é tratado com dióxido de carbono a fim

precipitar, na forma de carbonatos, os compostos de cálcio dissolvidos, que conferem ao efluente um pH alto. O carbonato precipitado é reunido com o lodo formado na clarificação. Esta lama resultante é filtrada e usada na etapa de caustificação do sistema de recuperação do licor de cozimento kraft (5, 14, 15, 16, 17, 12, 13). Este método requer certas modificações no sistema de recuperação do licor de cozimento kraft.

No tratamento com dosagem mínima de cal, a quantidade de cal empregada não ultrapassa 2 g/L e o lodo formado pode ser descartado ou recuperado (5). Para contornar o problema que surge na desidratação do lodo quando se usa dosagens pequenas de agente químico, pode-se utilizar como auxiliar de filtração: a) lama proveniente da etapa de caustificação do sistema de recuperação do licor de cozimento kraft (5); b) fibras de celulose (dispersas nas águas brancas); c) polieletrólitos, que cooperam na desidratação auxiliam na decantação (5, 19).

Ambos os tratamentos, o massivo com cal e o com dosagem mínima de cal, já encontram aplicação industrial (5, 14, 20).

• Coagulação eletrolítica: Esta técnica usa uma cela eletrolítica cujo eletrodo anódico dissolve-se durante o processo de eletrólise. Como resultado cations do anodo entram em solução e agem como coagulantes de fragmentos solubilizados de lignina (21, 22).

Quando ions cloretos estão presentes no sistema, observa-se evolução de cloro no anodo. Presume-se que o cloro gerado decora produtos de baixo peso molecular provenientes da degradação da lignina (21). A evolução de hidrogênio, verificada no catodo, leva partículas suspensas para a superfície e causa, desta maneira, boa mistura do sistema (21, 22).

• Adsorção: Nesta técnica carvão ativo e resinas têm sido objeto de amplo estudo.

Devido a seu alto custo, o carvão ativo é melhor empregado como um "agente polidor", isto é, após algum tratamento químico

mico e/ou biológico (5, 17, 23, 24). Sua forma pode ser em granulos ou em pó, sendo o primeiro mais dispendioso que o segundo. O carvão ativo na forma granular é regenerável, portanto seu emprego é viável apenas em indústrias de grande porte, onde um investimento em um sistema de recuperação de carvão é justificável. O carvão ativo na forma de pó não é regenerável, constituindo seu descarte um problema (1).

Resinas não-iônicas (Amberlite XAD-2, Amberlite XAD-4, Amberlite XAD-7, Amberlite XAD-8, PVP) e resinas iônicas também tem sido objeto de estudo na remoção da cor de efluentes (5, 25, 26, 27, 28). As resinas iônicas têm se mostrado mais efetivas que as não iônicas.

- Oxidação por agentes químicos: Nesta técnica os grupos estruturais das moléculas responsáveis pela coloração do efluente (grupos cromóforos) são oxidados por agentes químicos. Os compostos resultantes desta oxidação não absorvem luz na faixa do visível, logo, não são coloridos. Geralmente, quanto maior o potencial de oxidação do agente químico empregado, maior a probabilidade de remoção da cor, e ainda mais rápida a velocidade de oxidação e a descoloração (1). Entre os oxidantes químicos estudados encontram-se: o peróxido de hidrogênio, o cloro, e o ozono.

O peróxido de hidrogênio é particularmente útil no tratamento de pequenos volumes de efluentes, contendo materiais coloridos facilmente oxidáveis. O emprego de peróxido de hidrogênio acarreta custos operacionais elevados (1).

No tratamento com cloro o princípio ativo é o produto de sua hidrólise, isto é, ions hipocloritos, logo o cloro atua otimamente na faixa de pH 10 (1). Quando os efluentes contêm elevado teor de cloretos ou quando se tem disponibilidade de uma fonte barata destes ions, pode-se gerar o cloro no próprio efluente através de um processo eletroquímico (28, 29).

O ozono, de potencial de oxidação apenas inferior ao do fluor, exige níveis de dosagem e tempos de contato menores com os efluentes, para descorá-los (1). O ozono por ser bastante instável deve ser gerado "in loco". O custo de ener



gia para tal representa uma parcela significativa no custo total do uso deste agente oxidante (1).

- Oxidação eletroquímica (30): Nesta técnica a remoção da coloração dos efluentes se faz por eletro-oxidação, ou seja, as reações de oxidação e redução se dão via um eletrodo inerte, sem a necessidade de adicionar substâncias químicas.

Antes do recente desenvolvimento do reator baseado em fibra de carbono, a aplicação de tratamentos eletroquímicos não era cogitada devido a existência de reatores insatisfatórios. Estes não podiam ser utilizados para tratar grandes volumes de efluentes de maneira eficiente e a um custo módico.

As vantagens operacionais do reator de fibra de carbono são:

- . pode operar em densidade de corrente menor sem levar a uma diminuição do rendimento.
- . é suscetível a operação em períodos de tempo condizente com geração de volumes.
- . uma redução do custo capital é alcançado, pois quando se tem um projeto apropriado os efluentes podem ser tratados em um único processo de passagem.

As vantagens do tratamento por oxidação eletroquímica são:

- . é um processo simples; não requer lagoas extensas com longo tempo de permanência; dispensa agentes químicos; não cria problemas ao meio ambiente.
  - . o processo é facilmente automatizado.
  - . o sistema de tratamento é compacto, sendo o tamanho da estação de tratamento pequeno ( $17 \text{ m}^3$  para um volume de  $7000 \text{ m}^3$ ).
  - . custo operacional reduzido.
  - . sua ação é efetiva quanto a redução de coloração e toxicidade do efluente e substancial quanto a redução da demanda química e bioquímica do oxigênio.
- Radiação (31): Estudou-se o efeito da radiação gama isolada e associada a um gás oxidante (oxigênio, ar, cloro). Obser

vou-se que a radiação gama, em conjunto com o borbulhamento de ar (ou oxigênio) no efluente gera resultados satisfatórios. O emprego desta técnica em escala industrial depende de maior disponibilidade e de menor preço de fontes de radiação.

- Flotação (3): Nesta técnica o ar é introduzido no sistema por injeção ou agitação. Partículas hidrófobas agregam-se nas bolhas de ar, sendo carregadas por elas para a superfície do líquido, de onde são posteriormente escumadas.

No caso de efluentes kraft, as partículas coloidais são hidrófilas, logo coagulantes e auxiliares de floculação devem ser adicionadas para torná-las hidrófobas. Estas partículas, uma vez hidrófobas, podem ser induzidas a coalescer e a formar agregados de tamanhos e densidade apropriadas para a flotação.

- Ultrafiltração: é uma técnica de separação de macromoléculas. O efluente, carregando as macromoléculas, é forçado, sob pressão, através de uma membrana seletiva, que permite apenas a passagem de produtos com baixo peso molecular. A remoção da cor por ultrafiltração é função dos compostos separados, da intensidade da cor do efluente e do tipo de membrana utilizada (5). Membranas de acetato de celulose requerem um pré-tratamento do efluente (neutralização e redução de temperatura) ao passo que outras membranas poliméricas, recentemente desenvolvidas, dispensam este pré-tratamento e possuem vida média mais longa (32).

A ultrafiltração foi proposta como método de redução de cor de efluentes de fábricas de celulose, devido ao alto peso molecular dos corpos coloridos presentes (5).

- Osmose Reversa (Hiperfiltração): Osmose é a passagem de um solvente de uma solução mais diluída para uma solução mais concentrada, através de uma membrana semipermeável. A força que controla tal fluxo é denominada pressão osmótica e é proporcional a diferença de concentração entre as duas soluções. Se aplicarmos uma pressão maior e em sentido contrário à pressão osmótica, então o fluxo do solvente se dará em sentido oposto, isto é, da solução mais concentrada para a solução mais diluída. Chamamos a isto "osmose reversa". A

aplicação deste princípio, em efluentes industriais diluídos, tem recebido considerável atenção como um meio de concentrar materiais dissolvidos e ao mesmo tempo recuperar a água (5, 33, 34).

No processo de osmose reversa, efluentes diluídos podem ser concentrados a níveis econômicos de recuperação ou descarte (3 a 10% de sólidos), produzindo ainda água satisfatoriamente purificada, incolor e reutilizável (33, 34, 36, 35).

No caso de efluentes de fábricas de celulose, o dispositivo de osmose reversa mais indicado é o módulo tubular (5, 37), sendo os fatores que controlam a velocidade de fluxo através da membrana os seguintes (34, 37): a) características do efluente; b) tipo de membrana usada; c) características operacionais do equipamento.

As membranas utilizadas na osmose reversa possuem poros menores do que aquelas utilizadas na ultrafiltração, logo removem também materiais de baixo peso molecular, como por exemplo cloretos (5).

Entre as vantagens apontadas para o processo de osmose reversa encontram-se (33):

- a) baixo potencial de energia é requerido,
- b) capacidade de processar tanto rejeitos orgânicos quanto inorgânicos
- c) simplicidade construtiva
- d) manutenção fácil
- e) não necessita ser operado por pessoal técnico especializado

• Microorganismos: Os microorganismos aeróbicos normalmente encontrados nos sistemas de tratamento biológico parecem ser incapazes de utilizarem como alimento os corpos coloridos presentes nos efluentes de fábrica de celulose e papel (38). Verificou-se, no entanto, que a espécie "Polyporus versicolor", adaptada previamente a lignina kraft, reduz significativamente a coloração escura do licor negro kraft diluído (38, 39).

Porém, por falta de estudos mais aprofundados sobre este fato, nada se pode deduzir quanto a viabilidade do emprego in

dustrial desta técnica e tão pouco saber se estes organismos especializados seriam bem sucedidos em popular lagoas ou outros sistemas de tratamento biológico, competindo assim com organismos já adaptados ao ambiente químico e climático (38).

TABELA III: Métodos de tratamento para redução de cor em efluentes

TRATAMENTO	NATUREZA DO EFLUENTE	REDUÇÃO DA COR	REDUÇÃO DA DCO	REDUÇÃO DA DBO	REDUÇÃO DO CARBONO ORGÂNICO TOTAL	REFERÊNCIA
PRECIPITAÇÃO QUÍMICA tratamento massivo com cal	• primeira extração alcalina do processo de branqueamento	94 %	-	-	74 %	5, 17
tratamento com dosagem mínima e cal	• global	86 %	-	-	57 %	5, 14, 20
	• primeira extração alcalina do processo de branqueamento	90 %	-	45 %	-	5, 15
REDUÇÃO carvão ativo após o tratamento	• global	99,5 %	-	88,5 %	-	17, 24
carvão ativo após o tratamento com cal e o biológico	• global	99,5 %	-	97 %	-	17, 24
resina iônica	• primeira extração alcalina do processo de branqueamento	90 %	83 %	50 %	-	28
COAGULAÇÃO ELETROLÍTICA	branqueamento	90 %	-	-	-	21, 22
COAGULAÇÃO POR AGENTES QUÍMICOS (ne)	global	70 - 90 %	20 - 50 %	-	-	1
COAGULAÇÃO ELETROQUÍMICA	primeira extração alcalina do processo de branqueamento	90 %	50 - 60 %	50 - 60 %	-	30
COAGULAÇÃO	global	quase total	50 - 80 %	-	-	31
COAGULAÇÃO	global	90 %	65 %	45 %	-	3
FILTRAÇÃO	primeira extração alcalina do processo de branqueamento	70 %	60 %	-	-	32
OSMÓSE REVERSA	vários pontos da fábrica	98 - 99 %	85 - 99 %	80 - 95 %	-	31, 33, 34

= demanda química do oxigênio

= demanda bioquímica do oxigênio

## MODIFICAÇÕES NO PROCESSO DE FABRICAÇÃO

Modificações e controle do processo de fabricação podem levar a uma redução da coloração dos efluentes, e também diminuir sensivelmente os custos de tratamento destes.

Possibilidades de controle no processo de fabricação sem constituir grandes alterações seriam (40): a) maior eficiência na separação entre licor de cozimento e pasta celulósica; b) redução de perdas de licor no processo de cozimento e no de recuperação; c) recondução ao processo do licor eventualmente escapado.

Como exemplo de mudança do processo temos as modificações no branqueamento, tais como: a) substituição do estágio de extração alcalina por um de hipocloração (40, 41); b) uso do dióxido de cloro antes do estágio de cloração (42, 41, 43, 44); c) uso de oxigênio (40, 45); d) branqueamentos não convencionais, como o de multi-mini-estágios (41) e o compacto (43); e) redução dos níveis de alvura da pasta celulósica (40); d) reciclagem de efluentes (40, 28, 46).

### V. COMENTÁRIOS E CONCLUSÕES

Dos métodos de tratamento de efluente mencionados para remoção da cor, o de co-precipitação química é o que tem sido mais amplamente estudado e também, pode-se dizer, aplicado industrialmente.

Osmose reversa e adsorção em resina, são métodos que tem requerido a atenção de vários pesquisadores. Os resultados dos estudos até agora efetuados revelam grande potencial de aplicação industrial para estes.

Quanto aos outros sistemas de tratamento citados, as informações por ora são insuficientes para que se possa avaliar a sua aplicabilidade em grande escala. Porém, deve ser lembrado, que a decisão sobre a viabilidade do emprego industrial de um dado método de tratamento de efluente, depende em grande parte das facilidades e dos objetivos da fábrica em particular.

TABELA IV

MÉTODO	NATUREZA DO EFLUENTE	PRODUÇÃO DA FÁBRICA	CUSTO CAPITAL (em dolar)	CUSTO OPERACIONAL (em dolar)
CO-PRECIPITAÇÃO QUÍMICA				
a) tratamento massivo com cal (16)	primeira extração alcalina do processo de branqueamento	1000 toneladas de pasta por dia	2.700,000	1.80 por tonelada de pasta branqueada
b) tratamento com dosagem mínima de cal (19)	primeira extração alcalina do processo de branqueamento	625 toneladas de pasta por dia	744,000	1.37 por tonelada de pasta branqueada
ADSORÇÃO EM RESINA IÔNICA (28)	primeira extração alcalina do processo de branqueamento	100 m <sup>3</sup> /h de efluente da extração alcalina (processo contínuo)	500,000	1.0 por tonelada de pasta branqueada
OSMOSE REVERSA (35)	primeira extração alcalina do processo de branqueamento	-	582.000	0,82 por 4m <sup>3</sup> de água produzida.

A tabela IV enfeixa os custos aproximados do método de co-precipitação química e as estimativas de custo para os de osmose reversa e de adsorção em resina.

Com vista ao exposto podemos sumarizar as informações da seguinte maneira:

A eliminação, total ou parcial, da coloração dos efluentes e fábricas de celulose kraft branqueada, constitui em si um problema assás complexo. Para sua resolução apresentam-se diversas alternativas caracterizadas por técnicas de custos variados, mas, em geral, bastante elevados.

O ataque ao problema pode ser efetuado tanto pela modificação do processo manufatureiro, quanto pelo tratamento adequado dos efluentes, ou ainda, quando possível, pelo emprego simultâneo destas duas alternativas.

Não existe fórmula geral ou receita universal que resolva o problema de redução da coloração de efluentes. Cada unidade fabril, conforme suas características materiais e operacionais e seus recursos financeiros, deve procurar encontrar a solução mais condizente com a sua própria situação e a do meio ambiente.

## VI. REFERÊNCIAS

- (1) - Nebel C., Gottschling R.D., O'Neill H.J.  
"Ozone Decolorization of Pulp and Paper Mill Secondary Effluents"  
Proc. Ind. Waste Conf. Purdue Univ. 28:948-965  
(May 1-3, 1973)
- (2) - Ganczarczyk. J.  
"Fate of Lignin in Activated Sludge Treatment of kraft Effluents"  
Proc. Ind. Waste Conf. Purdue Univ. 27:257-269  
(May 2-4, 1972)
- (3) - Hayes E.R., Munroe V.G.  
"Kraft Effluent Color Removal by Dispersed Air Flotation"  
Pulp and Paper Canada, vol. 75, No. 11(61-64), November, 1974



- (4) - Meshitsuka G., Nakano J.  
"Effect of Metal Ion on Color of Lignosulfonate and Thioglignin"  
TAPPI, Vol. 56, No.7 (105-108) July 1973
- (5) - "Pulp, Paper, and Paperboard mills"  
EPA 440/1 - 75/047, Group I, Phase II (1975)
- (6) - Spruill, E.L.  
"Color Removal from Paper Mill Waste"  
Proc. Ind. Waste Conf. 25: 761-5 (May, 1970)
- (7) - Howard T.; Malick J.; Walden C.  
"Effluent Color and Algal Impact"  
Pulp and Paper Canada, Vol. 80, No. 9 (100-104)  
September 1979
- (8) - Bennett D.J.; Dence C.W.; Kung F.L.; Luner P.; Ota M.  
"The Mechanism of Color Removal in the Treatment of Spent Bleaching Liquor with Lime"  
TAPPI, Vol. 54, No. 12 (2019 - 2026), December 1971
- (9) - Smith S.E.; Christman R.F.  
"Coagulation of Pulping Wastes for the Removal of Color"  
J. Water Pollution Control Fed. 41, n<sup>o</sup> 2:222-32 (Feb. 1969)
- (10) - Tejera, N.E.; Davis, Jr. M.W.  
"Removal of Color and Organic Matter from kraft Mill Caustic Extraction Waste by Coagulation"  
TAPPI, Vol. 53, No. 10 (1931-1934), October 1970
- (11) - Kisla T.C.; Mackelvey R.D.  
"Color Removal from Softwood kraft Pulp Bleach Plant Effluent by Polyaminas"  
Environmental Science & Technology, Vol. 12, No. 2 (207-211), February 1978
- (12) - Dugal H.S.; Church J.O.; Leikley R.M.; Swanson J.W.  
"Color Removal in a Ferric Chloride - Lime System"  
TAPPI, Vol. 59; No. 9 (71-74); September 1976
- (13) - Olthof M.G.; Eckenfelder Jr. W.W.  
"Color Removal from Pulp and Paper Watewaters by Coagulation"

- (14) - NCASI  
"Technological Trends in Mill Effluent Color Reduction,  
Dewatered Sludge Disposal and kraft Mill Atmospheric  
Emission Control"  
Technical Bulletin n<sup>o</sup> 228, July 23, 1969
- (15) - Marshall Sittig  
Pulp and Paper Manufacture - Energy Conservation and  
Pollution Prevention  
Noyes Data Corporation, New Jersey, USA, 1977
- (16) - Wright R.S., Oswalt J.L.; Land Jr. J.G.  
"Color Removal from kraft Pulp Mill Effluents by  
Massive Lime Treatment"  
TAPPI, Vol. 57, No. 3 (126-130), March 1974
- (17) Smith D.R.; Berger H.F.  
"Waste Water Renovation"  
TAPPI, Vol. 51, No. 10 (37A - 39A), October 1968
- (18) - Nayak K.V.; Nicolle F.M.A.; Histed J.A.  
"How to reduce bleachery effluent color"  
Pulp and Paper Canada, Vol. 76, No.4 (44 - 49); April  
1975
- (19) - Gould M.  
"Color Removal from kraft Mill Effluent by an Improved  
Lime Process"  
TAPPI, Vol. 56, No. 3, March 1973
- (20) - Davis C.L., Jr.  
"Tertiary Treatment of kraft Mill Effluent Including  
Chemical Coagulation for Color Removal"  
TAPPI, Vol. 52; No. 11 (2132 - 2134), November 1969
- (21) - Campbell H.J., Woodard F.E., Herer D.O.  
"Electrically Induced Coagulation of Lignin from kraft  
Mill "Wastewaters"  
Proc. Ind. Waste Conf. 25: 203-13 (may 5-7-1970)
- (22) - Herer D.O.; Woodard F.  
"Electrolytic coagulation of lignin from kraft mill  
bleach plant Wastewaters"  
TAPPI, Vol. 59, No. 1 (134-136), January 1976

- (23) - MacDonald D.G.; Nguyen T.G.  
"Activated Carbon from Bark for Effluent Treatment"  
Pulp and Paper Magazine of Canada, Vol. 75, No. 5  
(97 - 101), May 1974
- (24) - MacGlasson W.G.; Thibodeaux L.J.; Berger H.F.  
"Potencial Uses of Activated Carbon for Wastewater  
Renovation"  
TAPPI, Vol. 49, No. 2 (521-526), December 1966
- (25) - Samuelson O.; Wennergren B.  
"Purification of bleach plant effluents by adsorption  
on crosslinked polymers"  
Svensk Papperstidning n<sup>o</sup> 15 (477 - 479), 1977
- (26) - Rock S.L.; Brumer A.; Kennedy D.C.  
"Decolorization of kraft mill Effluents with Polymeric  
Adsorbents"  
TAPPI, Vol. 57, No. 9 (87 - 92) September 1974
- (27) - "Decoloration des Effluents de Papeteries par Utilisation  
des Polymeres Synthetiques Adsorbants"  
La Pappeterie, n<sup>o</sup> 12 (1217 - 1220), 1970
- (28) - Anderson L.G.; Broddevall B.; Lindberg S.; Phillips J.  
"A new Color Removal Process: a field report"  
TAPPI, Vol. 57, No. 4 (102 - 105), April 1974
- (29) - Oehr K.  
"Electrochemical Decolorization of Kraft Mill Effluents"  
Journal W.P.C.F. (286 - 289), February 1978
- (30) - Gupta S.  
"A novel Electrochemical Process for Effluent Treatment  
in Kraft Mill Effluent"  
Pulp and Paper Canada, Vol. 80, No 4, April 1979
- (31) - Lenz B.L.; Robbins E.S.; Case F.N.; Smily D.E.; Kau D.L.  
"The Effect of Gamma Radiation on Kraft and Neutral  
Sulphite Pulp and Paper Mill Aqueous Effluents"  
Pulp and Paper Magazine of Canada, Vol. 72, No. 2  
(75 - 80), February 1971

- (32) - Muratore E.; Pichom M.; Monzie P.  
"Color Removal from Kraft Effluent by Ultrafiltration  
with new Polymeric Membranes"  
Svensk Papperstidning No. 16 (573 - 576), 1975
- (33) - Beder H.; Gillespie J.W.  
"Removal of Solutes from Mill Effluents by Reverse  
Osmose"  
TAPPI; Vol. 53, n<sup>o</sup> 5 (883 - 887), May 1970
- (34) - Wiley A.J.; Ammerlaan A.C.F.; Dubey G.A.  
"Application of Reverse Osmosis to Processing of Spent  
Liquor from the Pulp and Paper Industry"  
TAPPI, Vol. 50, No. 9 (455 - 460), September 1967
- (35) - Wiley A.J.; Scharpf K.; Bansal I.; Arps D.  
"Reverse Osmosis Concentration of Spent Liquor Solids  
in Press Liquors from High - Density Pulps"  
TAPPI, Vol. 55, No. 12 (1671 - 1675), December 1972
- (36) - Bansal I.; Wiley A.J.  
"Membrane Processes for Fractionation and Concentration  
of Spent Sulfite Liquors"  
TAPPI, Vol. 58 No. 1 (125 - 130), January 1975
- (37) - Ammerlaan A.C.F.; Lueck B.F.; Wiley A.J.  
"Membrane Processing of Dilute Pulping Wastes by  
Reverse Osmose"  
TAPPI; Vol. 52, No. 1 (118 - 122), January 1969
- (38) - Davis L.; Blair J.E.; Randall C.W.  
"Development of color removal pontential in organisms  
treating pulp and paper wastewater"  
J. Water Pollution Control Fed. 50, n<sup>o</sup> 2, 382 - 386  
(February 1978)
- (39) - Marton J.; Stern A.M.; Marton T.  
"Decolorization of kraft Black Liquor with Polyporus  
versicolor, a White Rot Funqus"  
TAPPI, Vol. 52, No. 10 (1975 - 1981), Ocotber 1969
- (40) - Gellman I.; Berger H.F.  
"Current Status of the Effluent Decolorization Problem"  
TAPPI, Vol. 57, No. 9 (69 - 73), September 1974

- (41) - Foeckel C.E.B.; Zvinakevicius C.; Milanez A.F.;  
Fonseca M.J.O.; Gadioli O.M.  
"Branqueamento em multi-mini-estágios"  
ABCP - XII Congresso Anual, 1979 (45 - 51)
- (42) - Vidal T.; Pastor C.J.F.  
"Estude Analytique des Eaux Résiduares Provenant des  
Stades de Chloration, avec addition de bioxyde de  
chlore et de l'extraction alcaline, du blanchiment  
des pâtes kraft écrues d'Eucalyptus"  
Revue A.T.I.P., Vol. 32, No 4, Avril 1978 (149 - 155)
- (43) - Stonis A.  
"Branqueamento Compacto (DCH)n"  
ABCP - XII Congresso Anual, 1979 (181 - 192)
- (44) - Lowe, K.E.  
Pulp and Paper 47 (8):88 (1973)
- (45) - Nicholls G.A.  
"Kraft Multistage Bleach Plant Effluents"  
TAPPI, March, Vol. 56 No. 8, 1973
- (46) - Anderson K.A.  
"The non - polluting Bleach Plant"  
TAPPI, March 1977, Vol. 60 No. 3 (95 - 96).
- (47) - Clarke J.; Davis M.W., Jr.  
"Color Removal from kraft Mill Bleachery Waste of  
the Chlorination Stage"  
TAPPI, Vol. 52, No. 10 (1923 - 1927), October 1969
- (48) - Humphrey M.F.  
"Extracting Lignins From Mill Wastes"  
Southern Pulp and Paper Manufacturer (27-28),  
September 1978