

**EFEITO DO ESTÁGIO DE HIDRÓLISE ÁCIDA À QUENTE (A_{HT}) NO
BRANQUEAMENTO ECF DE *Eucalipto spp***

**EFFECT OF THE STAGE OF ACID HYDROLYSIS HIGH TEMPERATURE (A_{HT}) IN
BLEACHING ECF OF *Eucalyptus spp***

Aluno-autor: Alexandre Coelho¹

¹Aluno de Graduação de Engenharia Industrial Madeireira, UNESP - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus Experimental de Itapeva – SP,
e-mail: alexandre@grad.itapeva.unesp.br

Orientador: Gustavo Ventorim²

²Professor Doutor do curso de Engenharia Industrial Madeireira, UNESP - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus Experimental de Itapeva – SP,
e-mail: ventorim@itapeva.unesp.br

Endereço do Campus: Geraldo Alckmin, 519 - VL. N. Sr^a de Fátima - Itapeva - SP
CEP 18.409-010 Tel.(15)3524-9100 – Fax (15)3524-9107

RESUMO

Os ácidos hexenurônicos consomem os principais reagentes químicos de branqueamento (cloro, dióxido de cloro, perácidos, etc.), através do ataque eletrofílico desses reagentes à dupla ligação contida nos ácidos hexenurônicos. Uma forma de minimizar este problema é utilizar uma hidrólise ácida. Utilizando a sequência ODE_pDD como referência objetiva-se avaliar a viabilidade da inserção de um estágio ácido à quente (sequência OA_{HT}DE_pDD) comparando-se, reagentes consumidos e quantidade de ácidos hexenurônicos removidos após aplicação do estágio ácido na polpa kraft de *Eucalipto spp*, ou seja, estudar o efeito do estágio A_{HT} no branqueamento da polpa na alvura de 90,0 % ISO que é considerada a padrão de mercado. Foi utilizada para esse estudo uma amostra representativa da madeira de *Eucalipto spp* proveniente da região de Itapeva – SP. O procedimento experimental foi dividido em duas fases: Polpação Kraft em baixa temperatura (156°C) e Branqueamento ECF (Elemental Chlorine Free). Obteve-se como resultado após a inserção do estágio ácido à quente uma economia de dióxido de cloro (principal reagente utilizado na sequência de branqueamento) de 23%. E ainda, o estágio ácido apresentou uma eficiente remoção dos ácidos hexenurônicos (~53 %), com uma diminuição da viscosidade não significativa. A implementação do estágio ácido apresentou resultados satisfatórios para o branqueamento ECF da polpa kraft de *Eucalipto spp*.

Palavras-chave: hidrólise ácida, ácidos hexenurônicos, dióxido de cloro e viscosidade.

ABSTRACT

The hexenuronic acid consume the main chemical reagents of bleaching (chlorine, chlorine dioxide, peracids), through the electrophilic attack of these reagents the double linking contained in the hexenuronic acid. A form to minimize this problem is using an acid hydrolysis. Using sequence ODE_pDD as standard to evaluate the (sequence OA_{HT}DE_pDD) with the objective of comparing, reagents consumed viability of the insertion of a stage acid high temperature to remove the hexenuronic acid in the Kraft pulp of Eucalyptus spp, to study the effect of stage acid high temperature A_{HT} in the bleaching of the pulp in the brightness of 90% ISO that is considered the market standard. It was used for this study, a representative sample of the wood of Eucalyptus spp, that is proceeding from the region of Itapeva - SP. The experimental procedure was divided in two phases: Pulping Kraft in low temperature (156°C) and Bleaching (Elemental Chlorine Free). The result after insertion of the stage acid high temperature economy of chlorine dioxide (main reagent used in the sequence of bleaching) of 23%. Still, the stage acid presented an efficient removal of the hexenuronic acid (~ 53%), with a reduction of not significant viscosity. The implementation of the stage acid presented satisfactory results for bleaching ECF of the Kraft pulp of Eucalyptus spp.

Keywords: acid hydrolysis, hexenuronic acid, chlorine dioxide and viscosity.

INTRODUÇÃO

O branqueamento ECF de polpa de eucalipto pré-deslignificada com oxigênio é eficiente, mas pode ser melhorado (VENTORIM et al., 2002).

Durante o branqueamento da polpa kraft uma fração dos reagentes químicos que promovem ataque eletrofilico em meio ácido (cloro, dióxido de cloro, ozônio, perácidos, etc.) são consumidos pelos AHex's (Ácidos Hexenurônicos), os quais contém uma dupla ligação. Os grupos de AHex's também reagem com permanganato de potássio e são contabilizados na medição do número kappa das polpas (COSTA et al., 2001). Os AHex's são convertidos principalmente em ácido 2-furanocarboxílico, ácido fórmico e 5-carboxi-2-furaldeído durante a hidrólise ácida (TELEMAN et al., 1996). Os AHex's são hidrolisados muito mais rapidamente que outras estruturas de carboidratos, sob condições ácidas seletivas. Simultaneamente, o número kappa da polpa é decrescido (VUORINEN et al., 1997) e o consumo de produtos químicos pode ser reduzido por essa etapa ácida à quente (A_{HT}) (VUORINEN et al., 1996). Desta forma, uma eficiente remoção dos AHex's antes do branqueamento, reduz o custo operacional desta fase do processo. A principal vantagem da remoção dos grupos de AHex's no branqueamento ECF (*Elementary Chlorine Free*) é a redução do consumo de reagentes químicos, em específico de dióxido de cloro. A adição do estágio A_{HT} para remoção dos AHex's, previamente ao branqueamento, pode ser de grande interesse para produção de polpa kraft branqueada pelos processos ECF e TCF, especialmente polpas originadas de madeira de fibra curta, que contém quantidades significativas desses ácidos. A remoção de AHex's da polpa previamente ao branqueamento ECF de polpas de fibra curta tem impacto significativo no consumo de dióxido de cloro (COLODETTE et al., 1999).

As tecnologias de hidrólise ácida à quente (A_{HT}) (VUORINEN et al., 1996) e de branqueamento com dióxido de cloro à quente (D_{HT}) (LACHENAL & CHIRAT, 2000), especializadas na remoção dos AHex's, tiveram contribuição significativa na melhoria do branqueamento ECF de polpas de fibras curtas (VENTORIM et al., 2002).

Utilizando a sequência ODE_pDD como referência, objetiva-se avaliar a sequência OA_{HT}DE_pDD comparando-se, reagentes consumidos, rendimento, alvura, reversão de alvura, número kappa, viscosidade, quantidade de ácidos hexenurônicos removidos e seletividade na polpa kraft de *Eucalipto spp*, ou seja, estudar o efeito do estágio A_{HT} no processo de branqueamento da polpa com alvura de 90,0 % ISO que é considerada a padrão de mercado para exportação.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi utilizada para esse estudo uma amostra representativa da madeira de *Eucalypto spp* proveniente da região de Itapeva – SP. Foi dividido em duas fases: Polpação química e Branqueamento.

POLPAÇÃO QUÍMICA PELO PROCESSO KRAFT

Foi realizado um cozimento convencional utilizando as seguintes condições: Temperatura: 156°C; Tempo: 90 minutos até a temperatura; Tempo na temperatura: 214 minutos; Alkali ativo: 20% como NaOH ; Sulfidez: 25% e relação licor: madeira = 4:1.

O cozimento foi realizado em um digestor da marca, Regmed, com quatro tubos, com capacidade de 2 litros cada um e contendo ajuste de temperatura.

BRANQUEAMENTO DA POLPA

Foram realizadas duas seqüências de branqueamento pelo processo ECF (Elementary Chlorine Free): ODE_PDD e OA_{HT}DE_PDD.

PRÉ-DESLIGNIFICAÇÃO COM OXIGÊNIO (O)

A pré-deslignificação com oxigênio foi realizada em um reator/misturador Mark V fabricado pela Quantum Technologies com amostras de 280 g a.s (absolutamente seca) de polpa nas condições apresentadas nas Tabelas I e II. A polpa foi colocada no reator na consistência adequada e aquecida até a temperatura desejada.

Atingida a temperatura, e sob o efeito de agitação constante, foram injetadas as cargas preestabelecidas de NaOH e O₂ ao sistema, nesta ordem, elevando-se a pressão de reação até o valor desejado. A mistura foi mantida pelo tempo de reação estabelecido, sob agitação intermitente, e, depois de completada a reação, a pressão foi aliviada e foram extraídas amostras do licor residual para análise do pH. Em seguida a polpa foi lavada com 9m³/t de água destilada. Este estágio foi realizado com duas repetições.

HÍDROLISE ÁCIDA À QUENTE (A_{HT})

A hidrólise ácida a quente foi realizada em saco de polietileno com amostra de 200g de polpa a.s. (absolutamente seca), nas condições apresentadas no Tabela II. O licor de branqueamento contendo H₂O e H₂SO₄ foi adicionado à polpa em temperatura ambiente. Após mistura manual, em saco de polietileno, o material foi aquecido em forno de microondas até a temperatura desejada e transferido para um banho de vapor com controle de temperatura, onde foi mantido pelo tempo preestabelecido. Terminada a reação, foi extraída amostra do licor residual para análise de pH, a polpa foi lavada com 9m³/t de água destilada. Este estágio foi realizado com duas repetições.

Tabela I – Condições gerais de branqueamento da sequência ODE_pDD.

CONDIÇÕES	ESTÁGIO DE BRANQUEAMENTO						
	O	D ₀	E _p	D ₁		D _f	
Consistência, %	10	10	10	10	10	10	10
Temperatura, °C	95	60	70	70	70	70	70
Tempo, min.	60	30	60	180	180	180	180
Pressão Inicial, kPa	500	-	-	-	-	-	-

Tabela II – Condições gerais de branqueamento da sequência OA_{HT}DE_pDD.

CONDIÇÕES	ESTÁGIO DE BRANQUEAMENTO							
	O	A _{HT}	D ₀	E _p	D ₁		D _f	
Consistência, %	10	10	10	10	10	10	10	10
Temperatura, °C	95	90	60	70	70	70	70	70
Tempo, min.	60	120	30	60	180	180	180	180
Pressão Inicial, kPa	500	-	-	-	-	-	-	-

EXTRAÇÃO OXIDATIVA COM PERÓXIDO (E_p)

A extração oxidativa com peróxido foi efetuada em sacos de polietileno com amostras de 166,5g a.s. (absolutamente seca) de polpa para a sequência (OA_{HT}DE_pDD) e 189,5g a.s de polpa para a sequência (ODE_pDD) nas condições apresentadas nos Tabela I e II.

O licor de branqueamento contendo H₂O, NaOH e H₂O₂ foi adicionado à polpa em temperatura ambiente. Após mistura manual, em saco de polietileno, o material foi aquecido em forno de microondas até a temperatura desejada e foi transferido para um banho de vapor com controle de temperatura, onde foi mantido por tempo preestabelecido. Depois de terminada as reações, foram extraídas amostras de licor residual para análise de pH e residual de peróxido de hidrogênio (H₂O₂). A polpa foi lavada com 9m³/t de água destilada. Este estágio foi realizado em duplicata.

BRANQUEAMENTO COM DIÓXIDO DE CLORO (D₀, D₁ e D_f)

Foram efetuadas em sacos de polietileno com amostras de 172g a.s. (absolutamente seca) (D₀), 137,4g a.s. (D₁) e (D_f) dividida em três com 20g a.s. cada, para a sequência (OA_{HT}DE_pDD) e amostras de 200g a.s. (D₀), 162g a.s. (D₁) e (D_f) dividida em três com 20g a.s. cada, para a sequência (ODE_pDD) de polpa a.s. (absolutamente seca), nas condições apresentadas nas Tabela I e II. O licor de branqueamento contendo ClO₂, H₂O, NaOH ou H₂SO₄ foi adicionado à polpa em temperatura ambiente. A otimização de ácido sulfúrico (H₂SO₄) e hidróxido de sódio (NaOH) para controle do pH foram determinadas em estudo prévio, com miniamostras de polpa. Após mistura manual em sacos de polietileno, o material foi aquecido em forno de microondas até a temperatura desejada e foi transferida para um banho com controle de temperatura, onde foi mantido pelo tempo descrito nas Tabelas I e II. Terminada a reação, foram extraídas amostras de licor residual para análise de pH e residual de dióxido de cloro (ClO₂), a polpa foi lavada com 9m³/t de água destilada. Todas as etapas de branqueamento com dióxido de cloro (ClO₂) foram realizadas em duplicata.

PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS

- Número Kappa TAPPI T 236 om-85
- Formação de folha para medição de alvura CPPA C.5
- Alvura TAPPI T 452 om-86
- Concentração de Reagentes: a análise das concentrações iniciais, residuais de dióxido de cloro e peróxido de hidrogênio foram realizadas de acordo com KRAFT (1967).
- Rendimento: o rendimento de um estágio de branqueamento foi calculado pela razão entre o peso da amostra após e antes da reação. O rendimento da sequência foi determinado, multiplicando-se os rendimentos dos vários estágios.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Estão apresentados os resultados do branqueamento da amostra de polpa Kraft (cozimento realizado em baixa temperatura à 156°C) pelas seqüências ODE_pDD e OA_{HT}DE_pDD respectivamente, Tabela III e IV. O consumo de reagente, rendimento, reversão de alvura, número kappa, viscosidade, ácido hexenurônico e seletividade foram avaliados para o branqueamento da polpa na alvura de 90% ISO.

ANÁLISE DO CONSUMO DE REAGENTE

Os reagentes químicos utilizados nas duas seqüências de branqueamento para atingir uma alvura de 90,0% ISO, o hidróxido de sódio, ácido sulfúrico e o dióxido de cloro apresentaram diferentes consumo.

Os consumos de hidróxido de sódio foram de 13 e 14,3kg/t para as seqüências ODE_pDD e OA_{HT}DE_pDD respectivamente, Tabela III e IV. O consumo de hidróxido de sódio foi sensivelmente maior para a seqüência de branqueamento com o estágio ácido devido à necessidade da neutralização após o estágio de hidrólise ácida.

Os consumos de ácido sulfúrico foram de 6 e 11kg/t para as seqüências ODE_pDD e OA_{HT}DE_pDD respectivamente. A implementação do estágio de hidrólise ácida demanda um maior consumo de ácido, mas este reagente apresenta baixo custo.

Os consumos de dióxido de cloro foram de 39,2 e 30kg/t para as seqüências ODE_pDD e OA_{HT}DE_pDD respectivamente, Tabela III e IV. Com a implementação do estágio de hidrólise ácida obteve-se uma economia de 23% no consumo de dióxido de cloro. Os ácidos hexenurônicos presentes na polpa, consomem dióxido de cloro, implementando-se o estágio ácido remove-se os ácidos hexenurônicos da polpa, reduzindo conseqüentemente o consumo de dióxido de cloro e custo do branqueamento, pois o ácido sulfúrico apresenta um menor custo que o dióxido de cloro.

RENDIMENTO

Embora a perda de rendimento no estágio ácido seja de 1,8%, verifica-se que o rendimento total das seqüências de branqueamento diferencia em apenas 0,8%. Este fato deve ser devido a existência de carboidratos de baixo grau de polimerização na polpa, os quais já estão predisposto a serem solubilizados nos estágios de branqueamento. O principal efeito do tratamento ácido na celulose e na hemicelulose é em reduzir os seus graus de polimerização, mas não reduz significativamente o rendimento do estágio de branqueamento.

Tabela III - Resultados do branqueamento da amostra de polpa kraft pela sequência ODE_pDD.

RESULTADOS	ESTÁGIO DE BRANQUEAMENTO						
	O	D ₀	E _p	D ₁		D _f	
H ₂ O ₂ , kg/t	-	-	3,0	-	-	-	-
O ₂ , kg/t	20	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/t	20		12,0		0,5	1,0	1,4
H ₂ SO ₄ , kg/t	-	6,0	-	-	-	-	-
ClO ₂ , kg/t c/ Cl ₂	-	20,2	-	15,0	2,0	4,0	6,0
pH Final	12,2	3,0	11,6	3,8	4,5	4,3	4,6
Reagente consumido, %	-	99,7	100	100	100	100	100
Rendimento, %	97,6	98,7	99,0	99,8	100	100	100
Rendimento Total, %				95,2			
Alvura A.D., % ISO	50,3	73,4	82,7	88,1	89,4	90	90,2
Alvura O.D., % ISO	-	-	-	-	-	87,8	-
Número Kappa	10,1	-	4,1	-	-	-	-
Viscosidade, cm ³ /g	29,5	-	23,5	-	-	20,8	-
Ac.hexenurônicos, mmol/Kg	-	-	-	-	-	2,4	-
Seletividade, Δkappa/ΔVisc.	0,35	-	1	-	-	-	-

Alvura A.D., % ISO = 31,5; Número kappa = 17,0; Viscosidade, cm³/g = 49,5; Ácidos hexenurônicos, mmol/Kg = 61,3.

Tabela IV - Resultados do branqueamento da amostra de polpa kraft pela sequência OA_{HT}DE_pDD.

RESULTADOS	ESTÁGIO DE BRANQUEAMENTO							
	O	A _{HT}	D ₀	E _p	D ₁		D _f	
H ₂ O ₂ , kg/t	-	-	-	3,0	-	-	-	-
O ₂ , kg/t	20,0	-	-	-	-	-	-	-
NaOH, kg/t	20,0	-	2,0	12,0	-	0,3	1,0	1,5
H ₂ SO ₄ , kg/t	-	11,0	-	-	-	-	-	-
ClO ₂ , kg/t c/ Cl ₂	-	-	13,0	-	15,0	2,0	4,0	6,0
pH Final	12,0	3,1	2,7	11,7	3,8	4,5	4,3	4,7
Reagente consumido, %	-	-	99,9	100	100	100	100	100
Rendimento, %	97,7	98,2	99,4	99,2	99,8	100	100	100
Rendimento Total, %				99,4				
Alvura A.D., % ISO	50,3	54,0	73,1	82,2	88,9	90,3	90,6	90,9
Alvura O.D., % ISO	-	-	-	-	-	88,3	-	-
Número Kappa	10,1	6,5	-	2,6	-	-	-	-
Viscosidade, cm ³ /g	29,5	25,5	-	22,6	-	19,7	-	-
Ac.hexenurônicos, mmol/Kg	-	28,5	-	-	-	1,9	-	-
Seletividade, Δkappa/ΔVisc.	0,35	0,9	-	1,34	-	-	-	-

Alvura A.D., % ISO = 31,5; Número Kappa = 17,0; Viscosidade, cm³/g = 49,5; Ácidos hexenurônicos, mmol/kg = 61,3.

REVERSÃO DE ALVURA

A sequência $OA_{HT}DE_PDD$ apresentou uma reversão de alvura de 2,0% ISO, enquanto que na sequência ODE_PDD foi de 2,2% ISO, Tabela III e IV. Esta diferença na reversão de alvura é devida principalmente ao fato da introdução do estágio ácido, à quente, favorecendo a eliminação dos ácidos hexenurônicos da polpa (BUCHERT et al., 1997; EIRAS & COLODETTE, 2003; RAGNAR & DAHLLOF, 2002) que citam uma forte ligação da quantidade de ácidos hexenurônicos com a reversão de alvura da polpa, que é explicado pela eliminação de ácidos hexenurônicos da polpa sob condições adversas.

NÚMERO KAPPA

O estágio ácido promoveu uma redução de aproximadamente 35,6% no número Kappa. Analisando-se o número Kappa após o estágio E_P da sequência $OA_{HT}DE_PDD$, observou-se um decréscimo de 10,1 para 2,6, que corresponde a 74,3% de redução, enquanto que a sequência ODE_PDD o número Kappa teve um decréscimo de 10,1 para 4,1 que corresponde a 59,4% de redução, Tabela III e IV. Este maior decréscimo do número Kappa foi devido à remoção dos ácidos hexenurônicos pela hidrólise ácida, que favorece uma maior deslignificação por parte do Dióxido de Cloro. Este resultado obtido neste trabalho está de acordo com os (COSTA et al., 2001).

VISCOSIDADE

Embora a implementação do estágio ácido tenha causado um decréscimo na viscosidade de 13,6%; a diferença entre a viscosidade final das duas sequências, ODE_PDD e $OA_{HT}DE_PDD$ foi de apenas 5,3%. E ainda deve-se notar que a viscosidade final da sequência, $OA_{HT}DE_PDD$, foi de 19,7 cm^3/g , Tabela IV, a qual se apresenta dentro dos padrões de qualidade exigido. É importante esclarecer que segundo autor (SHACKFORD et al., 2000) o principal efeito do estágio ácido na polpa é o decréscimo da viscosidade.

ÁCIDOS HEXENURÔNICOS

O estágio ácido promoveu uma redução de aproximadamente 53,51% dos ácidos hexenurônicos como mostra a Tabela IV. Para a sequência, ODE_PDD , o teor final dos ácidos hexenurônicos foi de 2,4 mmol/Kg, Tabela III e para a sequência, $OA_{HT}DE_PDD$, foi de 1,9 mmol/Kg, Tabela IV.

O estágio de hidrólise ácida removeu os ácidos hexenurônicos mais eficientemente que no estágio de dioxidação. Segundo (COSTA, M. M. 2001) o dióxido de cloro não reagem com os ácidos hexenurônicos, mais sim com os reagentes formados (Cl_2 e $HClO$) durante o processo de branqueamento com dióxido de cloro.

SELETIVIDADE

O estágio de hidrólise ácida apresentou uma seletividade de 0,9, Tabela IV. Embora o estágio de hidrólise ácida degrade a viscosidade da polpa, a sua seletividade é muito maior que do no estágio de deslignificação com oxigênio, que é de 0,35.

Os resultados da seletividade, depois dos estágios DE_P foram de 1,0 e 1,34 para as sequências ODE_PDD e $OA_{HT}DE_PDD$, respectivamente, Tabela III e IV. A implementação do estágio de hidrólise ácida na sequência de branqueamento citada aumentou a seletividade dos estágios DE_P .

Uma possível explicação deste fato é a eliminação de carboidratos de baixa massa molar no estágio de hidrólise ácida que antecede os estágios DEp.

CONCLUSÃO

O estágio ácido promoveu uma economia de 23 % de dióxido de cloro utilizado na sequência, mostrando ser um importante meio de redução de custo ou aumento da produção da polpa branqueada.

Apresentou efeito positivo na reversão de alvura da polpa branqueada, mas com um pequeno efeito negativo no rendimento e viscosidade da polpa.

O estágio de hidrólise ácida apresentou uma seletividade similar aos estágios DEp juntos.

AGRADECIMENTOS

Fapesp - Fundação de Amparo à pesquisa do Estado de São Paulo - Pelo apoio financeiro.

Laboratório de Celulose e Papel de Viçosa - UFV

Arnaldo da Silva Lima

José Cláudio Caraschi

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUCHERT, J.; BERGNOR, E.; LINDBLAD, G.; VILKARI, L.; EK, M. Significance of xylan and glucomannan in the brightness reversion of Kraft pulps. **Tappi Journal**, Atlanta, v80, n.6, p. 165-171, 1997.

COLODETE, J.L.; SHAH, P.; BRITO, A. C.; SALVADOR, E. Alternative Method to apply in ECF Bleaching: The Z3 Technology. In: TAPPI PULPING CONFERENCE, v. 2, 1999, Orlando. **Proceedings...** Orlando, 1999. 741p.

COSTA, M.M.; FONSECA, M.J.O.; PIMENTA, D.; COLODETTE, J.L. Processos de branqueamento com estágio de hidrólise ácida a quente (A_{hot}) para polpa kraft- O_2 de Eucalyptus spp. 34º Congresso Anual de Celulose e Papel ABTCP, São Paulo, p. 2-12, Out. 2001 .

COSTA, M. M. Influência dos ácidos hexenurônicos na branqueabilidade de polpa Kraft - O_2 de eucalipto. 2001. 182f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001

EIRAS, K.M.M.; COLODETTE, J. L. Eucalyptus Kraft pulp bleaching with chlorine dioxide at high temperature. **Journal Pulp and Paper Science**, Montreal, v.29, n.2, p.1, 2003.

LACHENAL, D.; CHIRAT, C. High temperature chlorine dioxide bleaching of hardwood Kraft pulp. **Tappi Journal** 83 (8):96 (2000).

RAGNAR, M.; DAHLLOF, H. ECF bleaching of Eucalyptus Kraft pulp: bleaching chemical needs and yellowing characteristics of different sequences. **Nordic Pulp & Paper Research Journal**, [S.l.], v.17, n.3, p.228-233, 2002.

SHACKFORD, L.D.; SANTOS, C.A.; VENTORIM, G.; COLODETE, J.L. Métodos para remoção de ácido hexenurônico em polpas kraft de eucalypto. Congresso Internacional de Celulose e Papel ABTCP-TAPPI, São Paulo, p.10, Out. 2000.

TELEMAN, A.; HAUSALO, T.; TENKANEN, M.; VUORINEN, T. Identification of the acidic degradation products of hexenuronic acid and characterisation of hexenurônico acid-substituted xylooligosaccharides by NMR spectroscopy. **Carbohydrate Research**, v. 280, p.197-208, 1996.

VENTORIM, G.; EIRAS, K.M.M.; COLODETTE, J.L. Alternativas para aumentar a eficiência do branqueamento ECF de polpa Kraft de eucalypto. 35º Congresso e Exposição Anual de Celulose e Papel ABTCP, São Paulo, p. 2, Out. 2002.

VUORINEN, T.; FAGERSTRÖM, P.; RÄSÄNEN, E.; VIKKULA, A.; HENRICSON, K.; TELEMAN, A. Selective hydrolysis of hexenuronic acid groups opens new possibilities for development of bleaching processes. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WOOD AND PULPING CHEMISTRY, 9., 1997, Montreal. **Proceedings...**Montreal:Oral presentation, M4-1 - M4-4., 1997.

VUORINEN, T.; TELEMAN, A.; FAGERSTRÖM, P.; BUCHERT, J.; TENKANEN, M. Selective hydrolysis of hexenuronic acid groups and its application in ECF and TCF bleaching of Kraft pulps. In: INTERNATIONAL PULP BLEACHING CONFERENCE, 1996, Washington. **Proceedings...** Washington, 1996. p. 43-52.