

Impacto da qualidade da madeira na deslignificação, no branqueamento e na qualidade da polpa kraft de clones de eucalipto

Deusanilde de Jesus Silva *
 Rubens Chaves de Oliveira **
 Jorge Luiz Colodette **
 José Lívio Gomide **

É reconhecido no meio celulósico-papeleiro que fibras de eucalipto possuem características peculiares que contribuem de forma favorável em parâmetros de qualidade de determinados tipos de papéis, tais como os de imprimir/escrever e *tissue*. Com vistas a melhorias qualitativas e quantitativas, adequação ambiental, redução de custos de produção e demandas mercadológicas, as empresas e instituições de pesquisa passaram a se dedicar ao melhoramento desta matéria-prima.

Em, aproximadamente, três décadas de pesquisas, os resultados são considerados realmente satisfatórios. Atualmente, são utilizadas técnicas que permitem a reprodução de árvores com características genéticas idênticas e/ou semelhantes às das árvores mães e até permitem uma manipulação do material genético de forma a contribuir, em maior ou menor proporção, com a fixação de parâmetros que hoje são comprovadamente conhecidos pelo seu favorecimento na melhoria da qualidade de determinados tipos de pa-

Tabela 1: Resultados dos cozimentos¹ das madeiras I e II para os níveis de kappa de 16 e 19

Madeira	Rend. depurado, %		Nº kappa		Viscosidade, mPa.s.	
	K-16	K-19	K-16	K-19	K-16	K-19
M I	53,9 ^a	55,2 ^a	16,3 ^a	18,7 ^a	60,4 ^a	64,3 ^a
M II	50,7 ^b	52,0 ^b	15,9 ^a	19,2 ^a	37,5 ^b	56,5 ^b

¹ Sulfidez 25%, relação licor madeira 4:1, temperatura máxima de cozimento 170°C, tempo até a temperatura 90min, tempo à temperatura máxima 45min, álcali ativo (M I-K16=20,5%, M I-K19=17,9%, M II-K16=25,0% e M II-K19=20,5%), expresso como NaOH. Não houve rejeito. As médias sobrescritas pelas mesmas letras, considerando cada parâmetro e nível de deslignificação, são iguais entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

péis. Este sucesso foi alcançado graças ao eucalipto possuir variedade genética favorável ao melhoramento, ou seja, a alteração de algumas das suas características físico-químicas e anatômica tornou-se possível através de sua capacidade de hibridação e herdabilidade de características positivas de sua progênie em intensidade distintas.

Literaturas existentes sobre qualidade de madeira abordam a influência dos parâmetros químicos, físicos ou anatômicos nas propriedades do produto final (1-6), entretanto, a extrapolação destes resultados é advertida por alguns autores, devido à variabilidade natural da madeira de eucalipto (2,4). Uma das características da madeira utilizada como indicativo de seu comportamento durante o processamento é a densidade básica da madeira (1-5). Outros parâmetros estudados e sugeridos como importantes na seleção de madeiras são o teor de pentosa-

nas (4), número de fibras por grama (4,6) e a relação entre os tipos de ligninas guaiacil e siringil (7). Além destes critérios, o teor de extrativos e a permeabilidade da madeira são sugeridos como critérios importantes de qualidade para a indústria de celulose e papel (8). Estudo considerando a densidade básica, o rendimento depurado no cozimento e a capacidade de produção volumétrica como critérios de seleção tem sido realizado (9). Na prática, a seleção de madeira levando-se em consideração principalmente o seu comportamento na etapa de cozimento (rendimento em celulose) e a densidade básica da madeira trouxeram aumentos significativos na produtividade (10). Entretanto, sabe-se da influência das variáveis tecnológicas e de processo (cozimento, deslignificação com oxigênio e branqueamento) sobre a qualidade final da polpa. Estudos têm sido realizados no sentido de identificar

* Deusanilde de Jesus Silva, Universidade Federal de Viçosa/Veracruz Florestal Ltda.
 ** Rubens Chaves de Oliveira, Jorge Luiz Colodette, José Lívio Gomide, Universidade Federal de Viçosa.

Trabalho apresentado no 29º Congresso Anual de Celulose da ABTCP, realizado em São Paulo-SP-Brasil, de 4 a 8 de novembro de 1996. Prêmio Peróxidos do Brasil.

Tabela 2: Características física e química para as duas madeiras estudadas

Madeira	Db ¹ , kg/m ³	Lig. Total ² , %	Pentosanás, %	Extrativos Etanol/Tolueno, %	Extrativos DCM ³ , %
M I	513	24,93	13,08	1,05	0,30
M II	482	25,48	13,07	2,98	0,34
Δ % MII/MI ⁴	-6,04	+2,21	-0,08	+183,81	+13,33

¹Db - densidade básica da madeira; ²Lig. Total - lignina total; ³Extrativos DCM - extrativos em diclorometano; ⁴Δ%MII/MI - diferença percentual entre as madeiras com relação à madeira MI

Tabela 3: Características das polpas após a deslignificação com oxigênio¹

Madeira	Kappa		Viscosidade, mPa.s.		Alvura, %ISO	
	K16	K19	K16	K19	K16	K19
M I	10,2 ^a	11,4 ^a	35,3 ^a	44,6 ^a	54,1 ^a	53,5 ^a
M II	9,4 ^b	11,2 ^a	24,4 ^a	36,8 ^b	53,2 ^a	50,7 ^b

Condições: ¹100°C; 60min, 10% cst; 5 atm; NaOH; 1,5% (kappa 16) e 2,0% (kappa 19); 0,5% MgSO₄·7H₂O, como sal. As médias sobrescritas pelas mesmas letras são iguais entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, considerando cada parâmetro e nível de deslignificação

Tabela 4: Resultados da eficiência, seletividade, ganho de alvura e rendimento, para as madeiras estudadas na etapa de deslignificação com oxigênio

Madeira	Eficiência		Seletividade		Ganho alvura, %ISO		Rendimento, %	
	K-16	K-19	K-16	K-19	K-16	K-19	K-16	K-19
M I	37,4 ^a	39,0 ^a	0,88 ^a	1,28 ^a	19,3 ^a	20,2 ^a	97,0 ^a	97,1 ^a
M II	40,9 ^b	41,7 ^b	1,16 ^b	1,21 ^a	23,2 ^b	22,2 ^b	97,6 ^a	96,6 ^a

As médias sobrescritas pelas mesmas letras, considerando cada parâmetro e nível de deslignificação, são iguais entre si pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade

as perdas nas propriedades de resistência da fibra ao longo do processo (11-14). Têm sido utilizados números kappa baixos após o cozimento pela maioria das indústrias, com vistas à redução do impacto ambiental. Contudo, modificações na etapa de branqueamento e aumento da produtividade têm levado a redefinições de parâmetros de processo, considerando a qualidade da madeira. Um exemplo prático desta observação é a otimização do grau de deslignificação final das polpas kraft/kraft-O. É conhecido que o rendimento do cozimento é melhorado com o aumento do kappa da polpa kraft (15). Outro fator considerado importante, e observado em polpas kraft de maior número kappa, é o maior teor de hemiceluloses, necessitando de menor energia de refino da polpa (16). Outro parâmetro de grande influência na qualidade da polpa é a utilização de compostos à base de oxigênio no branqueamento da polpa. Estes compostos são sensíveis às presenças de metais de transição, os quais são fortes catalisadores da sua decomposição desencadeando a formação de radicais

livres altamente reativos. Tais radicais provocam uma sensível queda de viscosidade, podendo reduzir a qualidade da polpa (17). Um dos compostos derivado do oxigênio que vem sendo bastante estudado é o ozônio (18-20). Otimizações das condições visando a qualidade do produto final vêm sendo estudadas criteriosamente.

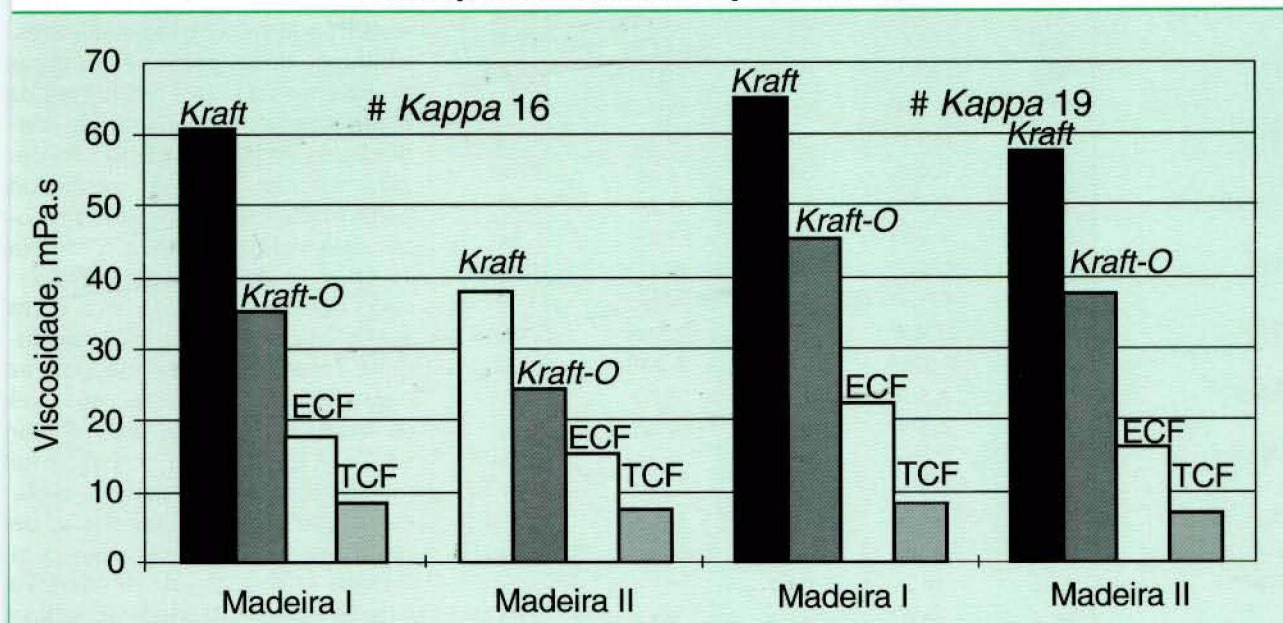
O objetivo deste estudo foi verificar a influência da madeira na deslignificação e no branqueamento ECF e TCF e nas propriedades da polpa kraft de eucalipto.

Materiais e métodos

Neste estudo, foram utilizados dois clones de híbridos de eucalipto, Madeira I (M I) e Madeira II (M II), provenientes da região sul da Bahia, com mesma idade de corte, 80 meses. Os cavacos selecionados foram processados em digestor rotativo laboratorial, munido de quatro células com capacidade de 250 g a.s. de cavacos, cada. Foi utilizado o processo kraft convencional. Para alcançar os níveis de número kappa 16 e 19, o teor de álcali ativo foi variado mantendo-se constantes as

outras condições de cozimento. Após cada cozimento, as polpas lavadas exaustivamente foram desintegradas em hidrapulper laboratorial em seguida procedeu-se a depuração e desaguamento por centrifugação da polpa. Após a centrifugação, foram determinados o teor de rejeitos os rendimentos depurado e total e o número kappa da polpa. Em etapa posterior, as duas polpas originadas de cada madeira (kappa 16 e 19) sofreram tratamento com oxigênio e em seguida, branqueamentos ECF (D100EopD1), para alvura de 90 ± 0,5%ISO, e TCF[(OP)(ZQ)Q2(PO)], para alvura de 89 ± 0,5% ISO. As etapas de deslignificação com oxigênio (O), extração oxidativa com oxigênio e peróxido de hidrogênio (Eop) e peróxido de hidrogênio pressurizado (PO) foram conduzidas em autoclave rotativa de aço inox contendo quatro células com controle individual de pressão. As etapas de dioxidação (D) e quelação (Q) foram realizadas em saco de polietileno e banho-maria com aquecimento a vapor e controlador de temperatura. A etapa de ozônio (Z) foi realizada em reator de vidro com capacidade de três litros, sendo utilizados 25g a.s. de amostra por repetição. A polpa, previamente tratada (acidificada e afogada), foi submetida a um fluxo de gases (O₂ e O₃) com vazão previamente determinada. O ozônio residual, após completado o tempo de reação, foi absorvido em solução de iodeto de potássio e titulado por iodometria. As polpas, após branqueamento ECF e TCF, foram submetidas ao refino em moinho PFI com temperatura e pH iniciais controlados em 23 ± 1°C e 7 ± 0,5, respectivamente, e consistência de 10%. A polpa foi refinada com zero, 500, 2000 e 6000 revoluções. Para cada nível de refino foi medido o °SR. Após o refino, foram confeccionadas folhas manuais em formadora Tappi com gramatura aproximada de 60g/m² e climatizadas à temperatura de 23 ± 1°C e 50 ± 2% de umidade relativa para realização dos testes físico-mecânicos. As análises físicas e químicas e os testes físico-mecânicos e óticos, realizados neste estudo, estão de acordo com as normas da Tappi e da ABTCP. As condições utilizadas nos cozimen-

Figura 1: Viscosidades durante as etapas de cozimento, deslignificação com oxigênio, branqueamento ECF e TCF para dois níveis de kappa para as madeiras I e II. A análise estatística realizada entre as médias para as madeiras I e II, para um mesmo nível de kappa e seqüência de branqueamento, mostram que elas foram diferentes entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade



Condições de branqueamento : a) Seqüência ECF: D- 70°C, 60min, 10% cst, fator-kappa 0,26; Eop- 90°C, 60min, 10% cst, 1,2% NaOH, 0,5% de H₂O₂, 0,5 MgSO₄.7H₂O, como sal; D₁-70°C, 180min, 10% cst, 1,5% dióxido, como Cl₂ ativo, b) Seqüência TCF: (OP)-100°C, 90min (30+60), 10% cst, 0,5 MgSO₄.7H₂O, como sal, 1,4% NaOH, 5 atm (O₂=2 e N₂ = 3), 0,5% H₂O₂; Acidificação -pH 2,5, 2% cst, 5min, 1,5% H₂SO₄; Z- 43% cst, temperatura ambiente, O₂ 0,6% (k-16) e 0,74% (k-19); Q₁ e Q₂- 10% cst, 70°C, 60min, 0,2% EDTA, pH 6; (PO)- 110°C, 120 min; 10% cst; 0,5 MgSO₄.7H₂O, como sal; 5atm (O₂=2 e N₂=3); NaOH; 1,4% (MI e MII k-16) e 1,3% (MI e MII k-19), H₂O₂- 1,5% (MI e MII k-16), 1,3% (MI k-19) e 1,4% (MII k-19).

tos, deslignificações com oxigênio e branqueamentos, são mostradas nos quadros e figuras de resultados. Os testes de índice de tração, índice de arrebentamento, módulo de elasticidade específico e energia de deformação foram realizados no Instron modelo 4204. Os testes de opacidade e coeficiente de espalhamento de luz foram realizados no Datacolor 2000. Para comparação de médias, foram utilizados os testes de Tukey e teste *t* de Student para observações pareadas. As equações para cada tratamento foram obtidas a partir de 40 pontos observados, onde o modelo foi adotado considerando-se o coeficiente de determinação ajustado e melhor adequação do modelo à tendência dos pontos observados. A partir das equações, foram estimados os valores das propriedades consideradas a partir de um valor de índice de tração fixo, 80N.m/g. Os resultados de °SR e resistência à passagem de ar foram obtidos por interpolação a um índice de tração fixo de 80N.m/g.

Resultados e discussões

Qualidade da polpa

Os resultados de rendimento depurado, kappa e viscosidade, estão mostrados na tabela 1.

A viscosidade e o rendimento da polpa obtidos a partir da madeira de mais fácil deslignificação (M I) apresentaram-se superiores quando comparados aos resultados obtidos a partir da madeira de mais difícil deslignificação (M II), para ambos os níveis de deslignificação estudados (números kappa 16 e 19). As diferenças maiores de viscosidade (mPa.s) puderam ser observadas para número kappa mais baixo.

Um dos parâmetros de cozimento que afeta significativamente a qualidade da polpa é o teor de álcali ativo total inicial aplicado, principalmente, no caso de cozimento convencional. A necessidade efetiva de álcali inteiramente aplicada no início desta etapa torna o processo menos seletivo, refletindo na redução da qualidade da polpa.

As características físicas e químicas para as madeiras em questão

são apresentadas na tabela 2.

Observando-se as características determinadas para as duas madeiras, verifica-se que não apresentaram diferenças significativas práticas, exceto para o valor de extrativos extraídos em etanol/tolueno. Assim, a quantidade e qualidade destes extrativos na madeira II podem ter levado a uma demanda de álcali inicial maior. Neste estudo, a madeira de mais fácil deslignificação apresentou maior densidade básica. Este fato, certamente, contribuiu para o maior resultado de rendimento depurado da M I em relação à M II, além da contribuição pela sua maior facilidade em deslignificar-se. A demanda de álcali necessária pode estar relacionada à natureza química da madeira, bem como à acessibilidade a estes componentes feita através dos elementos celulares que constituem esta madeira, o que poderia explicar tal comportamento.

A maior necessidade de álcali, sendo sua adição total no início do cozimento, contribuiu para a redução

Tabela 5: Resultados dos testes físico-mecânicos e óticos para as polpas sem refino

Propriedade	Madeira	Seqüência ECF		Seqüência TCF	
		Kappa 16	Kappa 19	Kappa 16	Kappa 19
°SR s/ refino*	M I	14,8	15,0	16,0	16,0
	M II	16,0	17,0	17,5	17,5
IT	M I	19,13 ^a	21,46 ^a	23,01 ^a	25,37 ^a
	M II	24,44 ^b	25,72 ^b	28,45 ^b	25,01 ^a
IR	M I	3,33 ^a	3,49 ^a	4,19 ^a	4,46 ^a
	M II	3,48 ^a	3,99 ^a	4,36 ^a	3,67 ^a
Arreb.	M I	0,97 ^a	1,22 ^a	1,24 ^a	1,38 ^a
	M II	1,25 ^a	1,26 ^a	1,39 ^a	1,34 ^a
Pea	M I	433,7 ^a	438,1 ^a	457,9 ^a	468,9 ^a
	M II	471,5 ^b	471,2 ^a	465,9 ^a	417,4 ^b
Vea	M I	2,307 ^a	2,286 ^a	2,185 ^a	2,134 ^a
	M II	2,122 ^b	2,123 ^a	2,146 ^a	2,394 ^b
Moe	M I	3,50 ^a	3,71 ^a	3,60 ^a	3,84 ^a
	M II	4,20 ^b	4,32 ^b	4,46 ^b	3,78 ^a
Along.	M I	0,98 ^a	1,10 ^a	1,36 ^a	1,51 ^a
	M II	1,12 ^a	1,18 ^a	1,3 ^a	1,37 ^a
Tea	M I	8,09 ^a	10,48 ^a	14,08 ^a	17,39 ^a
	M II	12,33 ^a	13,39 ^a	16,67 ^a	15,48 ^a
Cwl*	M I	38,4	38,7	36,9	36,9
	M II	42,9	41,3	43,3	44,0
Opac.*	M I	77,2	76,7	75,3	74,7
	M II	79,0	78,0	78,7	78,7
RPA	M I	0,228 ^a	0,251 ^a	0,262 ^a	0,287 ^a
	M II	0,468 ^b	0,497 ^b	0,527 ^b	0,404 ^b

Obs.: as médias sobrescritas pelas mesmas letras, para cada propriedade, seqüencial e nível de deslignificação, são iguais entre si pelo teste t para observações pareadas, ao nível de significância de 5% de probabilidade (*SR=grau Schopper Riegler s/ refino, °SR; IT=índice de tração, N.m/g; IR=índice de rasgo, mN.m²; Arreb.=índice de arrebentamento, KPa.m²/g; PEA= Peso Especifico Aparente, kg/m³; VEA=Volume Especifico Aparente, cm³/g; Moe= módulo de elasticidade específico, MN.m/g; Along.=Alongamento, %; Tea=Energia de Deformação, J/m²; CEL=Coeficiente de Espalhamento de Luz, Kg/m²; Opac.=Opacidade, %; RPA=Resistência à Passagem do Ar, s/100cm³; M I=Madeira I; MII= Madeira II)

*Não foi possível realizar análise estatística considerando que não havia número de graus de liberdade adequado

do rendimento e queda de viscosidade da polpa, resultando numa estrutura de fibra mais degradada devido ao maior grau de agressão química em relação àquelas que exigem menor consumo de álcali.

Qualidade de polpa kraft-O

Os processos de deslignificação que dão origem às polpas marrons são importantes nas etapas posteriores (21), pois podem gerar polpas com diferentes qualidades de ligninas residuais.

Nas tabelas 3 e 4 são apresentados os resultados da deslignificação com oxigênio para as duas madeiras estudadas, nos dois níveis de número kappa.

Conforme esperado, as maiores reduções porcentuais do teor de lignina na polpa kraft, devido à deslignificação com oxigênio, foram observadas para as polpas de maiores

números kappas iniciais, independentemente da qualidade da madeira. Neste caso, a remoção da lignina da polpa é diretamente proporcional à sua quantidade na polpa marrom. Outro fator que pode ter favorecido a maior eficiência de deslignificação com oxigênio para as polpas kraft com números kappa 19 pode ter sido o maior teor de álcali utilizado, o que pode ter contribuído para um maior inchamento das fibras, com remoção de maiores quantidades de fragmentos de ligninas. Por outro lado, considerando a eficiência da deslignificação com oxigênio de polpas marrons originadas de madeiras diferentes, observa-se que a madeira menos sensível à deslignificação na etapa de cozimento (M II) resultou em valores de eficiência maiores para ambos os níveis de kappa (16 e 19). Portanto, pode-se deduzir que

estes resultados tenham sido favorecidos pelas maiores drasticidades dos tratamentos para a madeira II durante a etapa de cozimento, para ambos os níveis de kappa. Acredita-se que pode ter ocorrido maior acessibilidade do oxigênio às estruturas de ligninas residuais resultantes da maior perda proporcional de carboidratos da polpa, quando do cozimento. Isto pode ser verificado pelos rendimentos inferiores no cozimento para a madeira II (tabela 1). Este fato também pode ser observado com a maior diferença entre as eficiências de deslignificação, durante a etapa com oxigênio, para as duas madeiras estudadas, no nível de kappa mais baixo, onde o teor de álcali aplicado na polpação foi maior. Outra possibilidade de explicação para a maior eficiência de deslignificação com oxigênio para a polpa kraft originada da madeira II poderia ser a qualidade de lignina inicialmente presente na madeira. Esta lignina inicial, com a etapa de cozimento, poderia ter gerado tipos de ligninas favoráveis à deslignificação com oxigênio, ou seja, maior geração de ligninas fenólicas devido às reações de fragmentação de ligações β-0-4, as quais poderiam ter ocorrido em maiores proporções entre os monômeros de lignina na madeira II. A literatura cita que polpas kraft provenientes de madeiras de eucalipto de difícil deslignificação respondem com dificuldade à deslignificação com oxigênio (22). Isto demonstra que a variabilidade da madeira de eucalipto causa comportamentos diferenciados.

Os comportamentos de eficiência de remoção da lignina para os quatro tratamentos refletiram nos resultados de ganho de alvura, em pontos, onde pode ser observada a mesma tendência (tabela 4).

Para o nível de kappa mais baixo, a seletividade na deslignificação com oxigênio foi maior para a madeira II, o oposto ocorreu para o nível de deslignificação maior (kappa 19) embora estatisticamente os resultados, neste caso, tenham sido iguais (tabela 4). No nível de kappa mais baixo, a maior seletividade para a madeira II pode ter sido favorecida pelos seguintes fatores: acessibilidade do oxigênio

Tabela 6: Análise morfológica das fibras da madeira e análise em Kajaani das polpas marrons

Análise morfológica das fibras			Análise Kajaani da polpa marrom				
Parâmetro	M I	M II	Parâmetro	K 16		K 19	
Comprimento, mm	1,17	1,18		M I	M II	M I	M II
Largura, μm	21,34	19,89	Nº fibras/g, milhões	13,07	19,43	12,72	19,84
Diâmetro lúmen, μm	11,07	9,45	Coarseness, mg/100m	9,0	7,1	9,3	7,0
Espessura, μm	5,13	5,22	Finos, %	3,4	3,8	3,6	3,4

Tabela 7: Resultados de capacidade de retenção de água das polpas branqueadas (%)

Madeira	Seqüência ECF		Seqüência TCF	
	K 16	K 19	K 16	K 19
M I	145,6 ^a	147,3 ^a	149,3 ^a	158,0 ^a
M II	155,5 ^b	152,7 ^a	159,3 ^b	163,9 ^b
Δ % MII/MI ¹	+6,8	+3,7	+6,7	+3,7

Diferença porcentual entre as madeiras com relação à madeira M I. As médias sobrescritas pelas mesmas letras são iguais entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, considerando cada seqüência e nível de deslignificação

às estruturas de lignina residuais e teor de lignina fenólica. Entretanto, observou-se que para o nível de *kappa* mais alto, a possível influência dos fatores citados acima poderia ter sido menor do que a influência da alcalinidade do meio. As condições de pH inicial, temperatura e presença de radicais podem ter favorecido as reações de degradação dos carboidratos.

Qualidade de polpa após os branqueamentos ECF e TCF

A figura 1 mostra os resultados da viscosidade durante as etapas de processamento das madeiras, para os dois níveis de deslignificação, e as duas seqüências de branqueamento.

Considerando as polpas produzidas a partir do branqueamento ECF, observa-se que, para os quatro tratamentos, as qualidades das polpas apresentaram-se aceitáveis para prosseguir com a etapa posterior (produção de papel), figura 1. Neste caso, utilizando a tecnologia de branqueamento livre de cloro elementar, a qualidade da madeira não foi o parâmetro limitante de influência significativa prática na qualidade de polpa branqueada, embora tenha permanecido a tendência de menores valores de viscosidade para as polpas que foram originadas da madeira de mais difícil deslignificação na etapa de

cozimento. Portanto, é razoável considerar que, além das características iniciais da madeira, a etapa inicial de deslignificação utilizada seja responsável, em grande parte, pelo resultado de qualidade nas etapas posteriores. Sendo esta etapa de importância relevante quando se pretende utilizar compostos derivados de oxigênio durante o branqueamento. Pode-se, então, dizer que, para as madeiras de difícil deslignificação, seja necessário a utilização de processos de cozimento mais seletivos.

Pode-se observar para ambos os níveis de deslignificação inicial, tanto para a seqüência ECF quanto TCF, que a polpa da madeira II (difícil deslignificação) apresentou viscosidade final inferior.

Quando se analisa as viscosidades finais das polpas tratadas com a seqüência TCF, observa-se que há uma queda expressiva deste parâmetro durante esta etapa (tabela 1), para ambas as madeiras, nos dois níveis de números *kappa* estudados. Neste caso, em se tratando da madeira I, a qual se comportou melhor perante o cozimento, obtendo altos valores de viscosidade, sua qualidade não foi suficiente para originar polpas branqueadas com viscosidade acima da faixa aceitável. Sendo recomendável a utilização de produtos de deslignificação mais se-

letivos. Observa-se que para os quatro tratamentos TCF, todas as viscosidades finais foram abaixo de 10 mPa.s, sendo os valores mais críticos para as polpas da madeira II, em ambos os níveis de *kappa*.

Propriedades físico-mecânicas e óticas das polpas branqueadas

As propriedades físico-mecânicas e óticas da polpa são influenciadas por uma série de fatores, além de sua viscosidade. Um dos fatores importantes que influencia estas propriedades trata-se da operação de refino. Assim sendo, procedeu-se às análises das polpas sem sofrer tratamento mecânico, bem como das polpas refinadas analisadas em uma base comum, ou seja, a um índice de tração fixo de 80N.m/g

Análise das propriedades físico-mecânicas e óticas das polpas sem refino

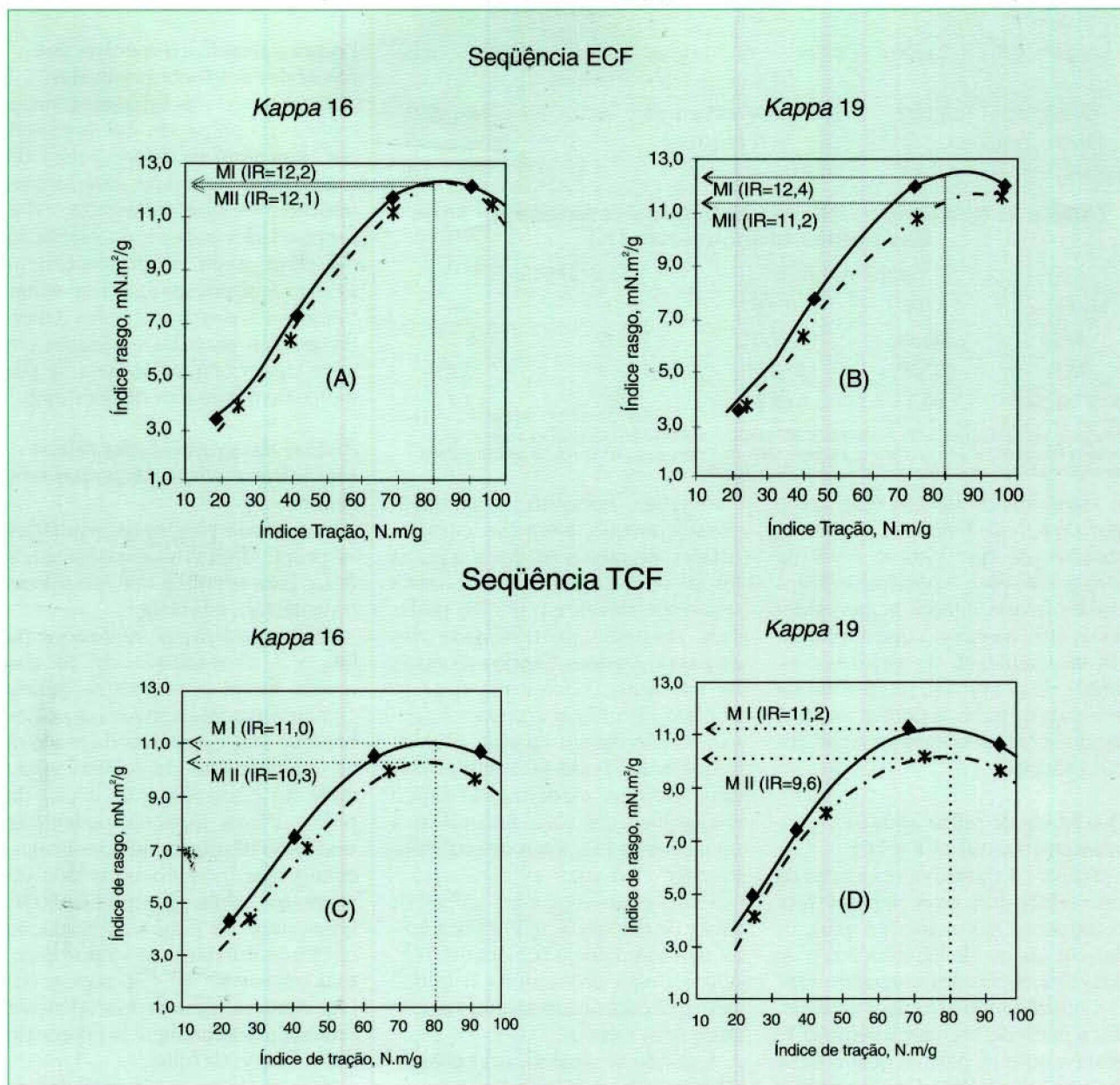
A tabela 5 mostra os resultados de propriedades físico-mecânicas e óticas para as polpas que não sofrem tratamento mecânico.

Como podem ser verificados na tabela 5, os resultados de °SR das polpas foram praticamente iguais, com ligeiro acréscimo para as polpas branqueadas originadas da madeira II, independente da seqüência ou nível de deslignificação inicial da polpa. Vários aspectos podem ter sido responsáveis por estes resultados, dentre eles: número específico de elementos celulares, flexibilidade das fibras, teor de finos e degradação das fibras durante o processamento. Maiores valores de °SR podem dar uma indicação de uma possível menor drenabilidade de água no processo de formação da folha.

Na tabela 6, são mostrados os resultados de análise morfológica das fibras das madeiras e os resultados da análise em Kajaani das polpas marrons.

Pode ser observado na tabela 5 que houve um efeito da qualidade da madeira e número *kappa* final da polpa nos resultados das propriedades, que dependem do número de ligações interfibras e forças destas ligações, para as polpas sem refino. O índice de tração, resistência à passagem de ar e, em menores proporções, o índice de rasgo e ín-

Figura 2: Efeito da qualidade da madeira (MI=madeira I e MII=madeira II) nas polpas branqueadas pelas seqüências ECF (OD₁₀₀EopD₁) - 90±0,5% ISO e TCF [O(OP)(ZQ₁)Q₂(PO)] - 89±0,5%ISO, em dois graus de deslignificação sobre o índice de rasgo (IR), em diferentes índices de tração: (A) - Polpas kraft com números kappa 16±0,5 - ECF; (B) - Polpas kraft com números kappa 19±0,5 - ECF; (C) - Polpas kraft com números kappa 16±0,5 - TCF; (D) - Polpas kraft com números kappa 19±0,5 - TCF



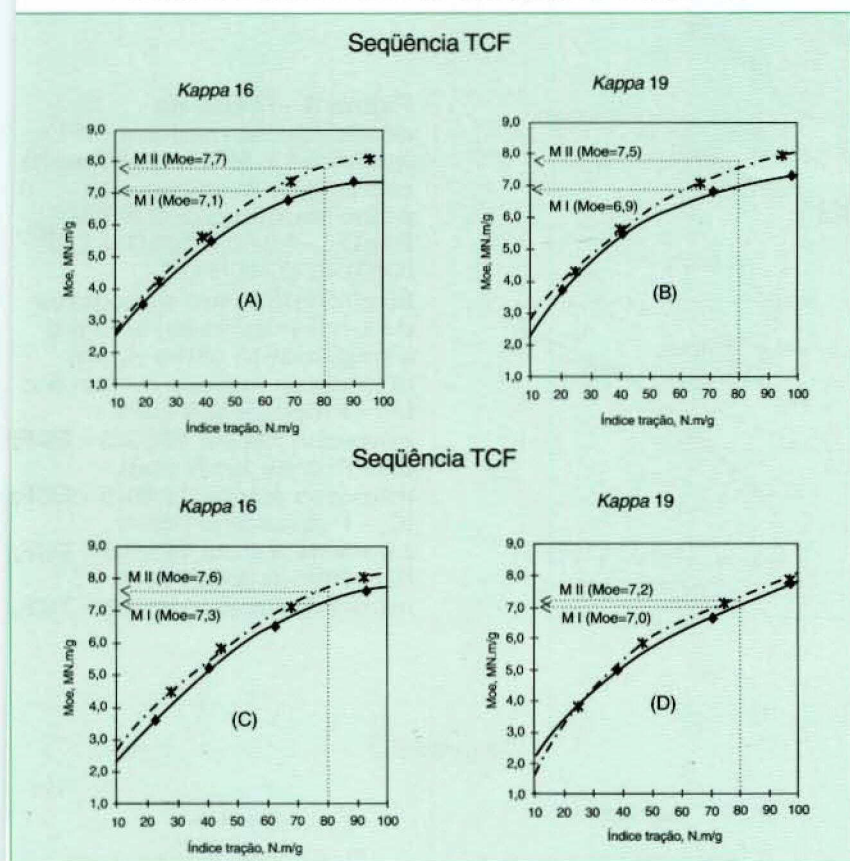
Índice de arrematamento foram favorecidos pelas características da polpa originada da madeira II em relação à madeira I, para a seqüência ECF, uma vez que a maioria dos resultados foram relativamente maiores embora estatisticamente, em alguns casos, não apresentam diferenças entre si. Embora os resultados tenham surgido, e que a polpa branqueada proveniente da madeira II possua características favoráveis a estes resultados, como por exemplo maior número de fibras

por grama (tabela 6), está claro pelos resultados que houve um efeito favoráveis do maior número kappa final da polpa marrom. Da tabela 5 também pode ser interpretado que as diferenças entre os resultados na maioria das propriedades das polpas tendem a se reduzirem quando são deslignificadas em nível de kappa mais elevado (kappa 19).

Embora os resultados das análises morfológicas, mostrados na tabela 6, indicassem esperar que a madeira II originaria polpa com fibra menos

flexível em relação à polpa da madeira I, os resultados de número de fibras por grama e o tratamento químico mais drástico que esta madeira sofreu durante o cozimento pode ter lhe proporcionado uma resistência relativa maior. Esta flexibilidade pode ser verificada nos menores resultados de Veá para a polpa originada da madeira II em relação à polpa da madeira I. Embora os resultados de Veá tenham sido menores para a polpa da madeira II, os resultados de propriedades óti-

Figura 3 - Efeito da qualidade da madeira (M I = madeira I e M II = madeira II) nas polpas branqueadas pelas seqüências ECF (OD₁EopD₁) - 90±0,5% ISO e TCF [O(OP)(ZQ₁)Q₂(PO)] - 89±0,5% ISO, em dois graus de deslignificação, sobre o módulo de elasticidade específico (Moe), em diferentes índices de Tração: (A) - Polpas kraft com números kappa 16±0,5 - ECF; (B) - Polpas kraft com números kappa 19±0,5 - ECF; (C) - Polpas kraft com números kappa 16±0,5 - TCF; (D) - Polpas kraft com números kappa 19±0,5 - TCF



cas, para os dois níveis de número de kappa, para a seqüência ECF, foram maiores para esta polpa. Estes resultados podem ter sido favorecidos pelo maior número de fibras por grama de polpa marrom, que pode ter permanecido até o final do processamento. O tratamento mais drástico durante o cozimento pode ter proporcionado às fibras da madeira II maior flexibilidade.

As propriedades que são influenciadas pelo comportamento elástico do material também sofreram efeitos da qualidade da madeira e do número kappa final da polpa kraft. Maiores resultados de Moe, Tea e Alongamento puderam ser observados para a polpa da madeira II no nível de kappa mais elevado, utilizando a seqüência ECF, em relação à polpa da madeira I. Estes resultados estão relacionados com número de ligações interfibras, forças des-

tas ligações e flexibilidade da fibra sem refino, indicando ter sido, possivelmente, maior para a polpa da madeira II.

Quando se analisa os resultados das propriedades para as duas polpas originadas das madeiras I e II utilizando seqüência TCF, observa-se que para o nível de kappa mais elevado os resultados das propriedades de resistência mecânica tendem a se inverter (tabela 5 - IT, IR, Arreb, Moe, Along e Tea). Neste caso, pode-se verificar que a madeira de difícil delignificação foi prejudicada pela utilização de reagentes menos seletivos nas seqüências de branqueamento TCF, em relação aos reagentes do licor kraft de cozimento, quando comparada com a madeira de mais fácil delignificação, para uma mesma alvura obtida. Por outro lado, o Veá para a polpa branqueada originada da

madeira II foi favorecido pelo nível de kappa mais alto em relação ao resultado obtido pela polpa branqueada da madeira I. Maiores resultados de Veá são importantes já que esta propriedade está relacionada diretamente com a sensação de maciez de tissue. Outra propriedade considerada importante nestes tipos de papéis é a capacidade de retenção de água (WRV). A tabela 7 mostra os resultados de WRV para polpas originadas das madeiras I e II, nos níveis de kappa 16 e 19, e branqueadas pelas seqüências ECF e TCF.

Como pode ser verificado na tabela 7, os maiores valores de retenção de água foram apresentados pela polpa originada da madeira de maior dificuldade de deslignificação (M II), em ambas seqüências e números kappa. De acordo com os resultados, pode ser observado que o branqueamento TCF favorece o aumento do valor de retenção de água, independente do nível de kappa inicial da polpa e qualidade da madeira. O efeito da qualidade da madeira diminui quando se passa de nível de kappa da polpa inicial da 16 para 19, independente da seqüência de branqueamento.

Análise das propriedades físico-mecânicas e óticas das polpas refinadas

Os resultados obtidos para uma série dessas propriedades estão apresentados, a seguir, em forma gráfica e de quadro. Embora os resultados tenham sido analisados a um determinado valor fixo de índice de tração, 80 N.m/g, podem também ser observadas nas figuras as curvas de tendências de algumas propriedades.

As equações que geraram as figuras e a tabela 7, obtidas a partir dos pontos observados para cada tratamento considerando as propriedades a serem analisadas, estão dispostas no apêndice.

Analisando-se as propriedades de resistências mecânicas das polpas refinadas e a um nível fixo de índice de tração de 80 N.m/g, observa-se a tendência de os maiores resultados nas polpas branqueadas serem originadas de polpas kraft de número kappa maior (IR-figura 2, alongamento-figura 4 e Tea-figura 5), independentemente da seqüência de branqueamento

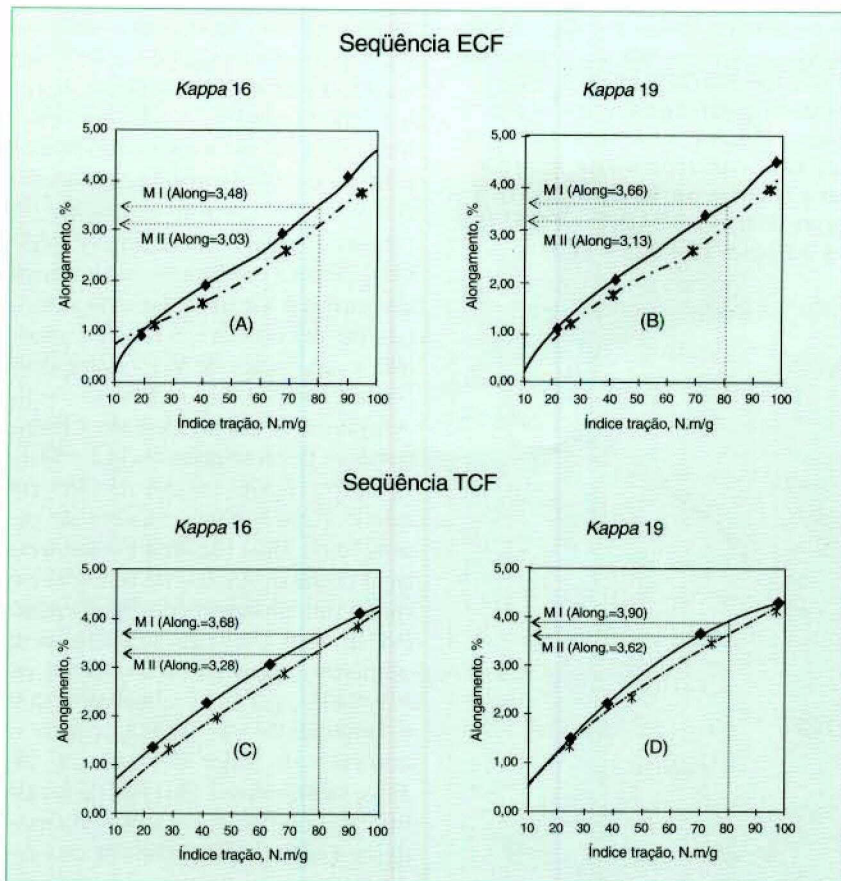


Figura 4 - Efeito da qualidade da madeira (M I = madeira I e M II = madeira II) nas polpas branqueadas pelas seqüências ECF (OD₁EopD₁) - 90±0,5%ISO e TCF [O(OP)(ZQ₁)O₂(PO)] - 89±0,5%ISO, em dois graus de deslignificação, sobre o alongamento (Along), em diferentes índices de tração: (A) - Polpas kraft com números kappa 16±0,5 - ECF; (B) - Polpas kraft com números kappa 19±0,5 - ECF; (C) - Polpas kraft com números kappa 16±0,5 - TCF; (D) - Polpas kraft com números kappa 19±0,5 - TCF.

Figura 5 - Efeito da qualidade da madeira (M I = madeira I e M II = madeira II) nas polpas branqueadas pelas seqüências ECF (OD₁EopD₁) - 90±0,5%ISO e TCF [O(OP)(ZQ₁)O₂(PO)] - 89±0,5%ISO, em dois graus de deslignificação, sobre a energia de deformação (Tea), em diferentes índices de tração: (A) - Polpas kraft com números kappa 16±0,5 - ECF; (B) - Polpas kraft com números kappa 19±0,5 - ECF; (C) - Polpas kraft com números kappa 16±0,5 - TCF; (D) - Polpas kraft com números kappa 19±0,5 - TCF

utilizada, exceto para a propriedade de índice de rasgo utilizando a seqüência TCF para polpa da madeira II. Estas polpas resultaram em menores valores de IR quando comparados aos resultados obtidos pelas polpas da madeira de mais fácil deslignificação (M I). As diferenças entre os resultados destas duas polpas são maiores para o nível de deslignificação menor, ou seja,

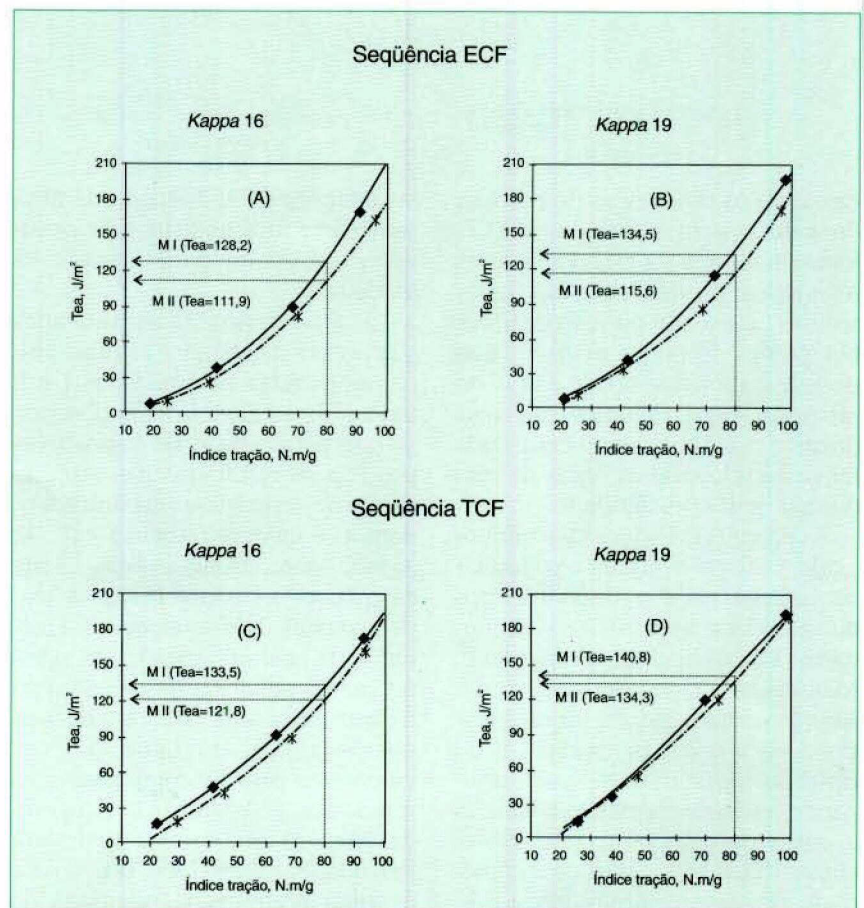


Tabela 7: Resultados de °SR, Vea, Pea, RPA, índice de arrebatamento, coeficiente de espalhamento de luz e opacidade, a um IT=80N.m/g, para polpas originadas das madeiras I e II, nos níveis de deslignificação 16 e 19 e seqüências ECF e TCF

Parâmetro	Madeira	Seqüência ECF		Seqüência TCF	
		<i>kappa</i> 16	<i>kappa</i> 19	<i>kappa</i> 16	<i>kappa</i> 19
°SR	M I	33,6	31,7	42,4	40,7
	M II	34,2	35,5	38,0	34,4
Δ%MII/MI ¹		+1,8	+1,20	-10,4	-15,5
Vea	M I	1,49	1,55	1,46	1,48
	M II	1,57	1,52	1,52	1,52
Δ%MII/MI		+5,4	-1,9	+4,1	+2,7
Pea	M I	669,4	649,2	679,7	662,8
	M II	641,8	670,2	657,3	659,9
Δ%MII/MI		-4,1	+3,2	-3,3	-0,4
RPA	M I	15,6	16,7	31,9	56,6
	M II	10,5	11,6	17,6	21,1
Δ%MII/MI		-32,7	-30,5	-44,8	-62,7
Arreb.	M I	5,80	5,93	5,78	6,00
	M II	5,60	5,60	5,73	5,95
Δ%MII/MI		-3,4	-5,6	-0,9	-0,8
Cel	M I	27,5	27,2	27,8	26,8
	M II	32,3	31,2	33,4	32,7
Δ%MII/MI		+17,5	+14,7	+20,1	+22,0
Opacidade	M I	69,8	68,4	68,5	67,8
	M II	73,3	73,0	73,2	73,2
Δ%MII/MI		+5,0	+6,7	+6,9	+8,0

¹ Diferença porcentual entre as madeiras com relação à madeira M I °SR e RPA: valores interpolados graficamente

número *kappa* 19.

Um dos parâmetros que, possivelmente, esteja relacionado à resistência individual da fibra é a medida da viscosidade do fluido contendo suas cadeias de celulose individualizadas. Embora este parâmetro, isoladamente, seja um bom indicativo do grau de degradação da fibra, não necessariamente deve ser utilizado como indicativo da qualidade da polpa com relação às propriedades físicas do papel confeccionados a partir destas fibras. Este parâmetro mede, mesmo que de forma indireta, o grau de degradação das cadeias de celulose, ou melhor, das ligações acetais entre monômeros de celulose, ligações β-1-4, podendo ser utilizado, também, como parâmetro de controle. Esta característica, associada ao teor de lignina residual na polpa, dão uma idéia da qualidade final da polpa após branqueada, considerando as operações intermediárias. Segundo literatura (13), a viscosidade da polpa não prediz sua resistência, mas dá idéia da degradação dos carboi-

dratos devido aos reagentes químicos ao longo da linha de fibra da unidade industrial.

Em relação ao módulo de elasticidade específico (Moe), figura 3, houve uma ligeira redução desta propriedade com o aumento do nível de *kappa* inicial, tanto na seqüência de branqueamento ECF quanto na TCF, o que sugere maior aumento na deformação do material em relação às forças de tensões por ele suportada, figura 4. Este fato é considerado relevante na produção de papel, pois mostra que, para o nível de *kappa* menor, há uma tendência de maior absorção de variações de forças de tensão quando da fabricação de papel. Pode ser observado, também, na figura 3, que a polpa da madeira I apresentou resultados de Moe ligeiramente inferiores quando comparados aos da polpa de madeira II. Como já citado anteriormente, é possível que a polpa branqueada originada da madeira II possua maior potencial de colapso de fibras aliado ao maior número de pontos de ligações,

maiores forças de ligações interfibras e maior resistência intrínseca das fibras, gerando folhas com maiores potenciais de rigidez à tração. Isto pode ser visto para os resultados de Alongamento e Tea para as polpas obtidas a partir da madeira II, os quais foram ligeiramente inferiores, figuras 4 e 5, respectivamente. Observando ainda estas figuras, pode-se verificar o efeito positivo da utilização de maior nível de n° *kappa* inicial com madeira de fácil deslignificação, quando se é desejado polpa com fibras que possuam maior habilidade de se deformar

A tabela 7 apresenta os resultados de °SR, Vea, Pea, RPA, índice de arrebatamento, coeficiente de espalhamento de luz e opacidade, a um índice de tração fixo (IT = 80N.m/g), para polpas originadas das madeiras I e II, nos níveis de deslignificação 16 e 19 e seqüências ECF e TCF.

Para o °SR, pode-se observar que a polpa da madeira I apresentou menores resultados do que a polpa da madeira II nos dois níveis de *kappa* considerando seqüência ECF, sendo estes resultados invertido para a seqüência TCF, em maior intensidade. Maiores valores de °SR podem ser verificados para o nível mais baixo de *kappa* para seqüência TCF, para ambas as madeiras

Não houve diferenças práticas entre os resultados de Vea e Pea para as duas madeiras, considerando-se os dois níveis de *kappa* e seqüências de branqueamento. Entretanto, os resultados de RPA foram menores para ambas as madeiras no nível de *kappa* mais baixo para as polpas ECF, sendo os maiores resultados para as polpas TCF de *kappa* mais alto. Em todas as situações, as polpas da madeira II apresentaram menores resultados de RPA quando comparadas com as polpas da madeira I. Pode-se observar na tabela 6 que as fibras da madeira II apresentam menores diâmetros de lúmens e maiores espessuras de parede celular em relação às fibras da madeira I. Não houve diferença prática entre os resultados de índice de arrebatamento entre as polpas das madeiras I e II, para ambos os níveis de deslignificação e seqüências de branqueamento.

Em relação às propriedades óticas, coeficiente de espalhamento de

Apêndice
Equações utilizadas nas figuras obtidas a partir dos valores
observados experimentalmente

Figura	Equação	r ²
2	(A) - M I IR=34.6554-17.6301*IT**0.5+3.06117*IT-0.1532*IT**1.5	93,94
	M II IR=1.92707-0.0465026*IT+0.00550496*IT**2-0.0000417*IT**3	95,96
(B) - M I	IR=21.3536-12.8633*IT*0.5+2.17835*IT-0.111767*IT**1.5	94,65
	M II IR=26.9404-12.8633*IT*0.5+2.16906*IT-0.103674*IT**1.5	92,25
(C) - M I	IR=19.8031-10.3738*IT**0.5+1.98826*IT-0.104929*IT**1.5	92,90
	M II IT=0.840153+0.0726311*IT+0.00255198*IT**2-0.000024765*IT**3	87,69
(D) - M I	IR=8.98632-6.19008*IT**0.5+1.47167*IT-0.0842888*IT**1.5	98,75
	M II IR=4.76165+0.430849*IT-0.00401819*IT**2+0.00001102*IT**3	95,34
3	(A) - M I MOE=1.44554+0.120439*IT-0.000619613*IT**2	99,11
	M II MOE=1.42922+0.130329*IT-0.0006419*IT**2	99,33
(B) - M I	MOE=0.735046+0.171684*IT-0.001669*IT**2+0.00006086*IT**3	98,98
	M II MOE=1.66005+0.11787*IT-0.000558*IT**2	98,44
(C) - M I	MOE=1.1768+0.118015*IT-0.000525261*IT**2	99,34
	M II MOE=1.72447+0.109275*IT-0.000446246*IT**2	99,29
(D) - M I	MOE=0.711217+0.15793*IT-0.0014949*IT**2+0.000006199*IT**3	98,75
	M II MOE=-0.339458+0.21672*IT-0.00230839*IT**2+0.00000972*IT**3	99,48
4	(A) - M I ALONG=-4.36117+2.24798*IT**0.5-0.31219*IT+0.017763*IT**1.5	98,11
	M II ALONG=0.530454+0.0196231*IT+0.0001448*IT**2	98,79
(B) - M I	ALONG=-2.68155+1.2341*IT**0.5-0.12416*IT+0.0073126*IT**1.5	98,83
	M II ALONG=6.32373+2.94463*IT**0.5-0.391885*IT+0.02022*IT**1.5	98,84
(C) - M I	ALONG=0.186946+0.0546194*IT-0.000136588*IT**2	98,06
	M II ALONG=0.234898+0.0673*IT-0.0005247*IT**2+0.0000029*IT**3	99,11
(D) - M I	ALONG=-0.232285+0.0756085*IT-0.000300189*IT**2	96,82
	M II ALONG=0.0254533+0.0569932*IT-0.0001511385*IT**2	97,99
5	(A) - M I TEA=-192.024+99.6264*IT**0.5-17.2543*IT+1.1313*IT**1.5	99,26
	M II TEA=6.75014-0.264459*IT+0.0197332*IT**2	99,69
(B) - M I	TEA=-7.11436+0.483282*IT+0.0160921*IT**2	99,50
	M II TEA=-246.120+114.932*IT**0.5-0.518.1668*IT+1.10001*IT+1.10001*IT**1.5	99,77
(C) - M I	TEA=-12.9174+0.901095*IT+0.0116156*IT**2	99,33
	M II TEA=-195.263+87.3891*IT**0.5-13.5656*IT+0.867404*IT**1.5	99,81
(D) - M I	TEA=-34.1268+1.86192*IT+0.00406542*IT**2	98,59
	M II TEA=-164645+0.965511*IT+0.0114803*IT**2	99,16
Quadro 7	Equação	r ²
(A) - M I	ARREB=0.0386546+0.041251*IT+0.000384777*IT**2	99,74
	M II ARREB=0.0263679+0.0435456*IT+0.000326288*IT**2	99,56
(B) - M I	ARREB=0.0433326+0.0489698*IT+0.000306934*IT**2	99,45
	M II ARREB=0.0516896+0.042547*IT+0.000338832*IT**2	99,59
(C) - M I	ARREB=-0.0555351+0.0445213*IT+0.000355014*IT**2	98,87
	M II ARREB=-0.365559+0.0553279*IT+0.000261432*IT**2	99,02
(D) - M I	ARREB=-0.858411+0.0857825*IT	99,72
	M II ARREB=-0.461952+0.0663736*IT+0.000172208*IT**2	98,85
(A) - M I	PEA=362.980+37255*IT+0.000131328*IT**2	98,20
	M II PEA=421.699+1.7188*IT+0.00129077*IT**2	98,98
(B) - M I	PEA=252.292+11.2449*IT-0.133643*IT**2+0.00068875*IT**3	98,66
	M II PEA=518.926-74.9641*IT**0.5+16.6269*IT-0.72863*IT**1.5	99,47
(C) - M I	PEA=453.752-2.2524*IT+0.122504*IT**2-0.000738067*IT**3	99,56
	M II PEA=473.711-2.63431*IT+0.095413*IT**2-0.000422512*IT**3	99,23
(D) - M I	PEA=407.883+174178*IT+0.01805*IT**2	99,02
	M II PEA=183.731+12.2605*IT-0.131872*IT**2+0.000662732*IT**3	99,41
(A) - M I	VEA=2.68702-0.0217463*IT+0.000084383*IT+0.0000844383*IT**2	98,25
	M II VEA=2.35536-0.009858*IT	98,61
(B) - M I	VEA=3.1673-0.0542229*IT+0.00067597*IT**2-0.000003136*IT**3	98,16
	M II VEA=2.58783-0.0205982*IT+0.000089963*IT**2	99,26
(C) - M I	VEA=2.41985-0.0065451*IT-0.000194756*IT**2+0.0000016*IT**3	99,51
	M II VEA=229227+0.00057046*IT-0.0002413*IT**2+0.00000142*IT**3	99,34
(D) - M I	VEA=2.06938+0.0117871*IT-0.000423589*IT**2+0.00000333*IT**3	99,54
	M II VEA=3.6089-0.0655591*IT+0.000759773*IT**2-0.00000333*IT**3	99,58
(A) - M I	CEL=43.4697-0.290587*IT+0.00113725*IT**2	98,71
	M II CEL500124-0.36467*IT+0.00352741*IT**2-0.00002169*IT**3	99,91
(B) - M I	CEL=53.0595-0.905841*IT+0.0124557*IT**2-0.0000646124*IT**3	98,02
	M II CEL=41.0724+0.157004*IT-0.00683196*IT**2+0.000041557*IT**3	99,36
(C) - M I	CEL42.0497-0.242523*IT+0.000804898*IT**2	99,98
	M II CEL=58.7189-0.781015*IT+98.6824*IT**2-0.0000507648*IT**3	99,49
(D) - M I	CEL=41.4871-0.183794*IT	99,42
	M II CEL=58.6409-0.819915*IT+0.0108108*IT**2-0.0000576615*IT**3	99,27
(A) - M I	OPAC=80.0041-0.157125*IT+0.000366349*IT**2	99,18
	M II OPAC=79.6901-0.00765067*IT-0.000901621*IT**2	99,93
(B) - M I	OPAC=77.8212-0.422207*IT-0.00093939*IT**2	95,74
	M II OPAC=76.3732+0.162068*IT-0.00445034*IT**2+0.0000236*IT**3	99,03

luz e opacidade, houve uma ligeira redução destes resultados para o nível de número de kappa mais alto independente da qualidade da madeira e da seqüência de branqueamento utilizada, tabela 7. Para estes parâmetros, pode ser observado também, o efeito da qualidade da madeira independente do nível de kappa inicial, para ambas as seqüências. Estes resultados podem ter sido acrescidos devido ao maior número de fibras por grama e maior espessura de parede de fibras presentes na polpa kraft da madeira II em relação à madeira I, tabela 6, resultados semelhantes podem ser encontrados em literatura (6).

Conclusões

Com base nos resultados obtidos para os clones de eucalipto estudados, pode-se concluir que:

- madeiras de qualidades diferentes, conforme o nível de desdesignificação, respondem de formas diferentes;
- a qualidade da madeira de eucalipto influencia no consumo de reagentes, bem como no rendimento de polpação a um mesmo nível de desdesignificação;
- a viscosidade da polpa é bastante influenciada pela qualidade da madeira a um mesmo nível de kappa;
- a eficiência da desdesignificação com oxigênio mostrou-se maior para as polpas de madeira de mais difícil desdesignificação;
- a dificuldade de desdesignificação da madeira causa um efeito negativo na polpa branqueada, isto é, à medida que se utiliza madeira de mais difícil desdesignificação, haverá como consequência produtos de polpas branqueadas (ECF e TCF) com menores viscosidades, embora tal fato não necessariamente reflita nas resistências físico-mecânicas da polpa;
- existe efeito na qualidade da polpa, com relação ao comportamento diferenciado de madeiras na polpação, causados por variações da qualidade de madeira, sobre as propriedades físico-mecânicas e óticas.

Referências bibliográficas

1- DE VASCONCELOS DIAS, R.L. & CLÁUDIO-DA-SILVA Jr., E. A influência da densidade básica da madeira de híbridos da E.grandis em suas características químicas, e propriedades de polpação e do papel.

Continuação - Apêndice

Quadro 7	Equação	r ²
(C) - M I	OPAC=4.91+0.098652*IT-0.00412047*IT**2+0.000024761*IT**3	98.60
M II	OPAC=80.9709-0.0714825*IT-0.000321649*IT**2	99.47
(D) - M I	OPAC=76.238-0.0352229*IT-0.000872316*IT**2	98.75
M II	OPAC=83.9395-0.284066*IT+0.00371283*IT**2-0.00002303*IT**3	99.66

Onde: 1) IR= Índice de Rasgo, mN.m²/g; ARREB=Índice de Arrebatamento, KPa.m²/g; PEA= Peso Específico Aparente, kg/m³; VEA= Volume Específico Aparente, cm³/g; MOE= Módulo de Elasticidade Específico, MN.m/g; Along= Alongamento, %; TEA= Energia de Deformação, J/m²; CEL= Coeficiente de Espalhamento de Luz, kg/m²; Opac.= Opacidade, %.

n: CONGRESSO ANUAL DA ABTCP, 18°, São Paulo, 1985. Anais... São Paulo: ABTCP, 1985. p.31-56.

2- FOELKEL,C.E.B.; MARA,E & MEMOCHELLI,S. Densidade básica: sua verdadeira unidade como índice de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6° Campos do Jordão. 1990. Anais... Campos do Jordão. Sociedade Brasileira de Silvicultura, 1990. p.719-728.

3- CAMPINHOS Jr. E. and CLÁUDIO-DA-SILVA Jr.,E. Development of the Eucalyptus Tree of the Future. In: SPRING CONFERENCE. ESPRA, 1990.

Seville. Spain. Proceedins...p.01-22.

4- DEUNER,B,J, et al. As Propriedades do Papel e as Características das Fibras de Eucalipto. In: CONGRESSO ANUAL DA ABTCP, 24°, São Paulo, 25-29 Novembro Anais... São Paulo: ABTCP, 1991. 1074p., p.621-640.

5- SHIMOYAMA, V.R.S. & BARRICHELO,L.E.G. Influencia de características anatomicas e químicas sobre a densidade básica da madeira de Eucalyptus spp. In: CONGRESSO ANUAL DA ABTCP. 24°, São Paulo, 25-9 Nov. Anais... São Paulo: ABTCP, 1991. 1074p.,p.23-36.

6- CARPIM,M.A. et al. A influen-

cia do número de fibras por grama nas propriedades óticas do papel. In: CONGRESSO ANUAL DA ABTCP, 20°, São Paulo, 16-20 Novembro, 1987. Anais... São Paulo: ABTCP, 1987. 1074p.p.183-205.

7-PEREIRA,D.E.D.; DEMUNER,BJ.; BERTOLUCCI,F.L.G. & PASQUALLI.,S.M. A relação guaiaci/siringil como critério de seleção de árvores e sua importância no processo de deslignificação. In: Congresso Latino-Americano de Deslignificação, 1°, VITORIA, 8-12 Agosto. Anais... Espírito Santo. 1994., 179p. p.21-31.

8-HILLIS,W.E. Proparties of eucalipt woods of importance to the pulp and paper industry. Appita 26(9): 113-112, September, 1972.

9-FONSECA, S.M.; OLIVEIRA, R.C. & SILVEIRA, P.N. Industrial Tree Selection: Procedures Risk, Costa and Benefits. In CRC FOR TEMPERATE HARDWOOD FORESTRY - IUFRO, Hobart Fev.19-24, Proceedings... Austrália. 1995. 1 506p.p.14-19 ▲



PROJETOS E MONTAGENS LTDA.

Capacitada a atuar nos setores de Papel e Celulose, Alimentação, Químico e Petroquímico, Automobilístico, Metalúrgico, Vidreiro e de Mineração.

R. PRECÍLIA RODRIGUES, 62 - CEP 02914-010 - PIQUERI - SP - TELEFONE: (011) 876-4388 - FAX: (011) 876-3426

- ENGENHARIA DE PROJETOS

- MONTAGENS INDUSTRIAIS

- MANUTENÇÕES INDUSTRIAIS