

ESTUDOS PARA PRODUÇÃO DE CELULOSE SULFATO DE SEIS ESPÉCIES DE EUCALIPTO

Luiz Ernesto George Barrichelo^(*)
Celso Edmundo Bochetti Foelkel^(**)

O. D. C. 861.4:176.1 Eucalyptus

SUMMARY

Sulphate pulping of six Eucalypt wood species was investigated under laboratory conditions. Among the species studied, the wood of **Eucalyptus saligna**, **E. grandis**, **E. globulus**, **E. decaisneana** and **E. viminalis** gave acceptable pulps while **E. robusta** produced slightly inferior pulp.

1. INTRODUÇÃO

O grande sucesso industrial alcançado com a produção de celulose sulfato a partir de madeira de algumas espécies do gênero Eucalyptus em São Paulo, Minas Gerais e Paraná tem motivado empresas de outras regiões a se interessarem pelo seu plantio em larga escala. Porém o emprego das espécies mais difundidas, quais sejam **E. saligna**, **E. urophylla** e **E. grandis**, têm encontrado certos problemas de adaptação em regiões muito frias e sujeitas a geadas ou em solos úmidos. Por outro lado estas espécies têm-se mostrado suscetíveis a uma doença causada por um fungo e denominada «cancro do tronco».

Isto posto, torna-se necessário o estudo de outras espécies adaptáveis a condições peculiares de clima e solo ou resistentes a doenças para com isso aumentar a versatilidade do emprego do eucalipto para obtenção de celulose. Entre estas espécies se destacam silviculturalmente o **E. decaisneana**, **E. globulus**, **E. robusta** e **E. viminalis**.

O **E. decaisneana** é uma espécie recentemente introduzida no Brasil pelo Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), sendo que os primeiros talhões experimentais têm mostrado um ritmo de desenvolvimento muito bom. Observou-se também um ótimo comportamento da espécie em regiões infestadas pelo fungo **Endothia** sp atacando o **E. saligna** e **E. grandis** e nas quais o **E. decaisneana** parece ser altamente resistente à doença.

Os **E. globulus** e **E. viminalis** têm-se mostrado como espécies promissoras principalmente no sul do país, dada suas maiores resistências ao frio.

O **E. robusta** está apresentando rápido desenvolvimento em solos hidromórficos e com lençol freático superficial.

O presente trabalho tem como finalidade estudar as características da madeira e as propriedades da celulose obtida a partir de madeira das espécies citadas. Os resultados foram analisados em comparação com os obtidos para **E. saligna** e **E. grandis**, duas das espécies mais comumente utilizadas na produção de celulose sulfato de fibras curtas no Brasil.

^(*) Prof. Assistente Dr. - Depto. de Silvicultura - ESALQ-USP.

^(**) Chefe do Depto. de Controle de Qualidade - CENIBRA.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. *Eucalyptus decaisneana*

Embora exista ampla literatura sobre produção de celulose de inúmeras espécies do gênero **Eucalyptus**. Nada foi encontrado a respeito da utilização de **E. decaisneana** para este fim.

2.2. *Eucalyptus globulus*

Inúmeras referências sobre a produção de celulose a partir de **E. globulus** são encontradas na literatura mundial (CROMER & HAMSEM, 1972; HILLIS, 1972; JEFFREYS, 1954; SAMYER, s. d.; BHAT & KARMIK, 1955; BHAT et alii, 1958). Foi com a madeira de **E. globulus** que pela primeira vez se produziu celulose de eucalipto. Isso se deu em Portugal, em 1906, e a celulose foi produzida pelo 'processo sulfito (WATSON & COHEN, 1969). A partir de 1920, outros países aderiram ao uso desta madeira em substituição aos materiais fibrosos da época (coníferas, esparto, palhas, trapos, etc.).

As boas qualidades das celuloses obtidas por diferentes processos (soda, sulfato, sulfito e sulfito neutro), têm sido intensivamente ressaltados por diversos autores (WATSON & COHEN, 1969; HIGGINS, 1970; BARBADILLO, 1967; MARTINEZ & GOMES, 1968; QUEIROZ, 1972). Altos rendimentos e elevadas resistências à tração e ao arrebentamento são características comuns para a espécie.

2.3. *Eucalyptus robusta*

O **E. robusta** é uma espécie cuja madeira tem sido pouco estudada para a produção de celulose. No Brasil, o número de árvores utilizadas para este fim é muito baixo e normalmente as fábricas de celulose usam-nas misturadas com madeiras de outras espécies. Isso contribui, em parte, para que as informações sobre as qualidades de sua celulose sejam reduzidas.

Dentre os países que utilizam madeira de **E. robusta** como matéria-prima para celulose, WATSON & COHEN (1969), referem-se apenas ao Brasil e ao Congo. Sobre as qualidades do **E. robusta** congolês, PETROFF (1965) afirma que a espécie é capaz de produzir celulose de satisfatória qualidade, comparável às obtidas de **E. saligna** e **E. citriodora**. Por outro lado, MARTINEZ & GOMES (1968) ressaltam que a partir do **E. robusta** são obtidas celulose sulfato de baixo rendimento e características mecânicas medianas, inferiores às do **E. globulus**.

Por suas boas qualidades silviculturais, a espécie vem ganhando atenção atualmente, no Brasil e em outras partes do mundo. No Congresso da IUFRO de 1973, por exemplo, FRANKLIN & MESKIMEN (1973) apresentaram dados sobre um programa de melhoramento genético de **E. robusta** no sul da Flórida, EE.UU., visando a produção de madeira para celulose.

2.4. *Eucalyptus viminalis*

Algumas poucas referências podem ser encontradas em revistas especializadas australianas comentando ser a espécie utilizada para a produção de celulose naquele país (JEFFREYS, 1954; DADSWELL & STEWART, 1962). Outros países como África do Sul (MYBURGH, 1967), Itália (WATSON & COHEN, 1969) e Espanha (BARBADILLO, 1967) também a utilizam, especialmente em regiões de alta incidência de geadas ou de frio mais intenso. Entretanto, poucos trabalhos comentando propriedades de celuloses obtidas a partir dessa espécie foram encontrados na literatura, entre eles destacando-se Os apresentados por MARTINEZ & GOMES (1968) e QUEIROZ (1972).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material

O material de **Eucalyptus** spp utilizado constitui-se de madeira obtida em povoamentos de diferentes idades e regiões conforme mostrado no quadro I.

QUADRO I: Idades e procedências das amostras de madeira de EUCALYPTUS spp

Espécie	Idade (anos)	Procedência
E. saligna	5	Mogi-Guaçu - SP
E. grandis	7	Mogi-Guaçu - SP
E. decaisneana (1)	1	Piracicaba - SP
E. decaisneana (2)	3	Piracicaba - SP
E. globulus	3,5	Salesópolis - SP
E. robusta	6,5	Mogi das Cruzes - SP
E. viminalis	11	Três Barras - SC

Cinco a dez árvores foram amostradas ao acaso para cada espécie. A seguir as árvores foram derrubadas, cortadas em toras, descascadas e reduzidas a cavacos. Para os casos específicos dos **E. decaisneana (1)**., **E. globulus** e **E. robusta** os cavacos foram obtidos manualmente; os demais foram picados industrialmente.

3.2. Métodos

3.2.1. Amostragem

A amostragem para todos os ensaios realizados foi feita sobre os lotes de cavacos.

3.2.2. Determinação das densidades básicas das madeiras

Para esta determinação foi utilizado o método do máximo teor de umidade (FOELKEL et alii, 1971).

3.2.3. Análise microscópicas das fibras das madeiras

Amostras representativas dos lotes de cavacos foram maceradas pelo método nítrico-acético, preconizado por BARRICHELO & FOELKEL (s.d.). A seguir foram preparadas lâminas para as medições das fibras tendo sido determinadas as seguintes

dimensões: comprimento (C), largura (L), espessura das paredes (E) e diâmetro do lúmen (DL).

Procurou-se também determinar as principais relações entre estas dimensões, quais sejam:

- Índice de Runkel: $(2 \cdot E/DL)$
- Fração parede: $[(2E/L) \cdot 100]$
- Coeficiente de flexibilidade: $[(DL/L) \cdot 100]$
- Índice de enfiamento: (C/L)

3.2.4. Análises químicas das madeiras

As determinações químicas quantitativas foram realizadas em duplicata e o resultado médio foi expresso em porcentagem sobre o peso da madeira absolutamente seca.

As seguintes análises foram realizadas:

ENSAIO	MÉTODO
Solubilidade em:	
- água quente	ABCP M4/68
- álcool-benzeno	ABCP M6/68
- NaOH 1%	ABCP M5/68
Teores de:	
- Celulose Cross & Bevan	ABCP M9/71
- Lignina	ABCP M10/71
- Pentosanas	TAPPI T19m - 50

ABCP - Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel.

TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry.

3.2.5. Produção de celulose

Foi empregado o processo sulfato, utilizando-se digestor de 20 litros de capacidade, de aço inoxidável, rotatório e aquecido eletricamente. Para cada conjunto utilizou-se o equivalente a 500 gramas de madeira absolutamente secas.

O número e esquemas dos cozimentos são mostrados no quadro II

QUADRO II: Número e condições dos cozimentos

Espécies	Cozimento	Álcali ativo (% Na ₂ O sobre matéria seca)	Temperatura máxima (°C)
E. saligna	I	13	165
E. grandis	I	13	170
E. decaisneana (1)	I	11,5	170
E. decaisneana	II	13	170
E. decaisneana	III	14,5	170
E. decaisneana (3)	I	11	165
E. decaisneana	I	13	165
E. decaisneana	III	15	165
E. globulus	I	13	170
E. robusta	I	11,5	170
E. robusta	II	13	170
E. robusta	III	14,5	170
E. viminalis	I	12	170
E. viminalis	II	14	170
E. viminalis	III	16	170

Variáveis pré-fixadas:

- Sulfidez	25%
- Atividade	100%
- Tempo até temperatura máxima	2h
- Tempo a temperatura máxima	0,5h
- Relação licor-madeira	4 litros: 1kg

As celulose obtidas foram lavadas e depuradas. A seguir foram determinados os rendimentos brutos e depurados, teores de rejeitos e números de permanganato.

3.2.6. Refinação e ensaios físico-mecânicos das celuloses

As celulose foram refinadas em moinho Jokro a diversos tempos de moagem, incluindo o tempo zero minutos. A consistência de refinação foi 6%. A seguir foram preparadas folhas de celulose de gramatura aproximadamente 60 g/m² em formador e secador tipo Koethen Rapid.

Os ensaios físico-mecânicos foram realizados e calculados segundo a norma TAPPI T 220m - 60, após climatização em ambiente mantido à temperatura de 20 ± 2°C e umidade relativa de 65 ± 2%.

As seguintes propriedades das celuloses foram determinadas:

- tempo de moagem, em minutos
- grau de moagem, expresso em graus Schopper-Riegler (°SR)
- gramatura, expressa em gramas por metro quadrado (g/m²)
- resistência à tração, expressa em comprimento de auto-ruptura (km)
- esticamento, expresso em porcentagem de alongamento
- resistência ao arrebentamento, expresso pelo índice de arrebentamento
- resistência ao rasgo, expresso pelo índice de rasgo
- espessura, expressa em milímetros (mm)
- peso específico aparente. Expresso em gramas por centímetro cúbico (g/cm³)
- volume específico aparente, expresso em centímetros cúbicos por grama (cm³/g)

4. RESULTADOS

4.1. Densidade básica da madeira e dimensões das fibras

Estes resultados aparecem no quadro III.

Quadro III - Densidade básica e dimensões das fibras

Espécies	Densidade básica (g/cm ³)	FIBRAS			
		Comprimento (mm)	Largura (μ)	Espessura parede (μ)	Diamêtro do lúmen (μ)
<i>E. saligna</i>	0,495	1,01	19,1	3,1	12,9
<i>E. grandis</i>	0,581	1,06	18,6	3,2	12,2
<i>E. decaisneana (1 ano)</i>	0,438	0,78	8,6	2,8	2,9
<i>E. decaisneana (3 anos)</i>	0,466	0,91	18,7	3,5	11,7
<i>E. globulus</i>	0,479	1,03	17,3	3,4	10,6
<i>E. robusta</i>	0,452	1,07	19,0	3,4	12,1
<i>E. viminalis</i>	0,512	1,13	16,8	3,4	10,1

As relações entre as dimensões das fibras são apresentadas no quadro IV.

Quadro IV - Relações entre as dimensões das fibras

Espécie	Índice de Runkel	Fração Parede	Coefficiente de flexibilidade	Índice de enfieltramento
<i>E. saligna</i>	0,481	32	68	53:1
<i>E. grandis</i>	0,525	34	66	57:1
<i>E. decaisneana (1)</i>	1,931	65	34	90:1
<i>E. decaisneana (3)</i>	0,598	37	62	49:1
<i>E. globulus</i>	0,641	39	61	60:1
<i>E. robusta</i>	0,561	36	64	56:1
<i>E. viminalis</i>	0,673	40	60	67:1

4.2. Análises químicas das madeiras

Os resultados das determinações químicas das madeiras constam no quadro V.

Quadro V - Composição química quantitativa das madeiras (%)

Espécie	Solubilidade em			Teores de		
	água quente	álcool benzeno	NaOH 1%	Celulose Cross & Beven	Lignina	Pentosanas
<i>E. saligna</i>	3,0	2,4	13,1	26,3	26,3	17,8
<i>E. grandis</i>	3,2	2,6	13,7	26,2	26,2	17,3
<i>E. decaisneana (1 ano)</i>	-	-	-	-	-	-
<i>E. decaisneana (3 anos)</i>	1,9	1,4	17,7	23,6	23,6	18,9
<i>E. globulus</i>	-	-	-	-	-	-
<i>E. robusta</i>	-	-	-	-	-	-
<i>E. viminalis</i>	3,8	1,6	52,4	23,2	23,2	17,3

4.3. Rendimento, teores de rejeito e números de permanganato

Os resultados para esta determinações aparecem no quadro VI.

Quadro VI - Rendimentos, teores de rejeito e números de permanganato das celulosas

Espécie	Cozimento N.	Rendimento bruto (%)	Rendimento depurado (%)	Teor de rejeitos (%)	Número de permanganato
E. saligna	I	50,2	49,1	1,1	15,2
E. grandis	I	49,6	48,1	1,5	14,4
E. decaisneana (1)	I	46,7	35,2	11,5	25,4
E. decaisneana	II	43,1	37,1	6,0	21,2
E. decaisneana	III	38,2	36,2	2,0	13,4
E. decaisneana (3)	I	54,3	44,1	10,2	30,8
E. decaisneana	I	48,9	48,0	0,9	15,5
E. decaisneana	III	47,7	47,4	0,3	13,2
E. globulus	I	55,3	43,5	11,8	20,1
E. robusta	I	50,2	42,1	8,1	26,7
E. robusta	II	49,8	46,2	3,6	22,0
E. robusta	III	48,2	45,5	2,7	14,8
E. viminalis	I	50,4	49,4	1,0	16,1
E. viminalis	II	48,9	48,7	0,2	12,1
E. viminalis	III	46,5	45,7	0,8	10,6

4.4. Propriedades das celulosas

Os resultados dos ensaios físico-mecânicos das celulosas são apresentados nos quadros VII a XXI.

Quadro VII - Propriedades físico-mecânicas da celulose de *Eucalyptus saligna*

Grau de moagem	17	25	29	40	53	70	83
Tempo de moagem	0	15	30	60	90	120	180
Gramatura	65	61,8	60,6	62,2	60,4	58,8	59,3
Comprimento de auto-ruptura	3,2	8,3	8,4	9,7	9,9	10,7	11,0
Esticamento	1,0	2,6	3,0	3,9	4,0	4,2	4,2
Índice de arrebentamento	11,4	50,5	57,9	66,1	74,0	73,8	70,4
Índice de rasgo	63	116	137	125	122	127	108
Espessura	.133	.103	.098	.093	.090	.085	.084
Peso específico aparente	.489	.598	.617	.669	.673	.693	.704
Volume específico aparente	2,04	1,67	1,62	1,49	1,48	1,44	1,42

Quadro VIII - Propriedades físico-mecânicas da celulose de *Eucalyptus grandis*

Grau de moagem	14	22	25	33	45	61	77
Tempo de moagem	0	15	30	60	90	120	180
Gramatura	64,4	63,4	63	63	61,4	58,7	56,2
Comprimento de auto-ruptura	3,8	8,8	8,8	9,1	9,8	11,3	11,2
Esticamento	1,6	3,2	3,4	4	3,9	4,5	4,2
Índice de arrebentamento	9,8	40,4	50,5	57,1	62,4	73,4	83
Índice de rasgo	57	149	142	139	138	138	130
Espessura	.145	.111	.107	.102	.098	.093	.088
Peso específico aparente	.442	.572	.591	.616	.628	.631	.640
Volume específico aparente	2,26	1,75	1,69	1,62	1,59	1,58	1,56

Quadro IX - Propriedades físico-mecânicas da celulose de Eucalyptus decaisneana com 1 ano (Cozimento I)

Grau de moagem	16	29	35	44	70	80
Tempo de moagem	0	20	40	60	90	120
Gramatura	65,1	64,6	63,6	64,7	63,9	63,3
Comprimento de auto-ruptura	2,5	7,0	7,4	8,4	8,8	9,0
Esticamento	0,2	2,8	3,4	4,0	4,6	4,6
Índice de arrebentamento	7,4	49,2	52,7	55,2	64	68,2
Índice de rasgo	55	114	95	107	81	85
Espessura	.161	.107	.100	.097	.086	.085
Peso específico aparente	.404	.606	.631	.664	.745	.745
Volume específico aparente	2,48	1,65	1,58	1,51	1,34	1,34

Quadro X - Propriedades físico-mecânicas da celulose de Eucalyptus decaisneana com 1 ano (Cozimento II)

Grau de moagem	16	27	31	39	56	66
Tempo de moagem	0	20	40	60	90	120
Gramatura	67,2	66	64	64,8	63,5	62,8
Comprimento de auto-ruptura	3,0	9	8,5	8,7	9,5	10,2
Esticamento	0,6	3,3	3,4	3,6	4,6	4,2
Índice de arrebentamento	8,8	49,8	58,8	59,2	66,7	66,5
Índice de rasgo	57	106	114	128	121	113
Espessura	.153	.107	.101	.097	.087	.091
Peso específico aparente	.415	.581	.619	.640	.698	.675
Volume específico aparente	2,51	1,72	1,62	1,56	1,43	1,48

Quadro XI - Propriedades físico-mecânicas da celulose de Eucalyptus decaisneana com 1 ano (Cozimento III)

Grau de moagem	17	29	33	40	53	67
Tempo de moagem	0	20	40	60	90	120
Gramatura	68,2	66,2	64,4	65	63,7	63
Comprimento de auto-ruptura	2,9	9,2	9,2	9,2	9,9	10,6
Esticamento	0,4	3,2	2,2	3,6	3,3	4
Índice de arrebentamento	10,1	59,2	59	67,5	73	73,3
Índice de rasgo	49	108	100	111	111	123
Espessura	.160	.108	.100	.100	.095	.091
Peso específico aparente	.427	.615	.631	.649	.672	.694
Volume específico aparente	2,34	1,62	1,58	1,64	1,49	1,44

Quadro XII - Propriedades físico-mecânicas da celulose de Eucalyptus decaisneana com 3 anos (Cozimento I)

Grau de moagem	11	23	33	44	56	70	79
Tempo de moagem	0	30	50	70	90	120	150
Gramatura	60,9	61,2	60,3	60,1	61,0	59,8	57,8
Comprimento de auto-ruptura	2,4	7,2	7,4	8,8	8,1	8,2	9,8
Esticamento	0,2	2,9	3,1	3,6	4,2	4,2	4,6
Índice de arrebentamento	3,5	45,1	57,7	57,9	61,2	64,7	68,5
Índice de rasgo	61	116	125	132	139	108	109
Espessura	.145	.099	.095	.092	.088	.085	.080
Peso específico aparente	.419	.619	.636	.652	.692	.703	.721
Volume específico aparente	2,39	1,62	1,57	1,53	1,44	1,42	1,39

Quadro XIII - Propriedades físico-mecânicas da celulose de Eucalyptus decaisneana com 3 anos (Cozimento II)

Grau de moagem	14	22	31	39	53	68	82
Tempo de moagem	0	30	50	70	90	120	150
Gramatura	66,2	65,7	64,7	64,8	61	63,3	60,6
Comprimento de auto-ruptura	3,1	7,2	8	8,2	8,7	8,9	10,6
Esticamento	0,6	3	3,6	3,4	3,8	4	4,2
Índice de arrebentamento	8,5	48,6	53,6	59,1	62,4	65,1	69,3
Índice de rasgo	54	.125	131	123	124	123	101
Espessura	.139	.100	.096	.093	.089	.084	.081
Peso específico aparente	.475	.657	.674	.698	.688	.755	.750
Volume específico aparente	2,1	1,52	1,48	1,43	1,45	1,32	1,33

Quadro XIV - Propriedades físico-mecânicas da celulose de Eucalyptus decaisneana com 3 anos (Cozimento III)

Grau de moagem	14	24	29	37	42	47	70
Tempo de moagem	0	30	50	70	90	120	150
Gramatura	65	61,1	60,6	60,3	61,3	59	61,2
Comprimento de auto-ruptura	3	6,5	8,2	2,3	8,4	9,3	8,8
Esticamento	0,5	2,2	3,2	3,2	3,4	3,9	4,2
Índice de arrebentamento	9,5	38,6	46	54,1	56,8	61,4	66
Índice de rasgo	41	103	114	116	110	121	116
Espessura	.140	.099	.096	.094	.089	.087	.085
Peso específico aparente	.465	.618	.631	.644	.689	.680	.723
Volume específico aparente	2,15	1,62	1,58	1,55	1,45	1,47	1,38

Quadro XV - Propriedades físico-mecânicas da celulose de Eucalyptus globulus

Grau de moagem	17	28	30	41	60	63	83
Tempo de moagem	0	20	40	60	90	120	180
Gramatura	64,8	64,8	62,1	61,6	61,2	59,1	59,5
Comprimento de auto-ruptura	5,4	10,7	10,5	10,5	11,6	11,3	11,5
Esticamento	2,5	4,4	4,8	5,1	5,2	5,5	5,2
Índice de arrebentamento	21,8	71,1	81	87	89,5	88,2	92,8
Índice de rasgo	85	123	129	113	111	110	101
Espessura	.130	.95	.92	.87	.84	.83	.77
Peso específico aparente	.500	.682	.676	.705	.730	.715	.776
Volume específico aparente	2	1,47	1,48	1,42	1,37	1,4	1,29

Quadro XVI - Propriedades físico-mecânicas da celulose de Eucalyptus robusta (Cozimento I)

Grau de moagem	15	20	30	40	50
Tempo de moagem	2	17	54	68	80
Gramatura	62,2	62	61,8	60,3	60
Comprimento de auto-ruptura	3	5,3	7,3	8,4	9
Esticamento	0,6	1,8	2,8	3,2	3,4
Índice de arrebentamento	15	46,5	62,5	69,5	76
Índice de rasgo	65	118	125	122	117
Espessura	.148	.115	.107	.096	.092
Peso específico aparente	.420	.540	.575	.630	.650
Volume específico aparente	2,38	1,85	1,74	1,59	1,54

Quadro XVII - Propriedades físico-mecânicas da celulose de Eucalyptus robusta (Cozimento II)

Grau de moagem	15	20	30	40	50
Tempo de moagem	0	13	43	65	78
Gramatura	62	61,8	61,3	61,5	60,3
Comprimento de auto-ruptura	4	8,5	12	13,1	13,6
Esticamento	0,4	2,0	3,0	3,4	3,6
Índice de arrebentamento	10	36,5	61	69,5	76
Índice de rasgo	68	118	120	121	122
Espessura	.151	.108	.097	.092	.087
Peso específico aparente	.410	.570	.630	.665	.690
Volume específico aparente	2,44	1,75	1,59	1,50	1,45

Quadro XVIII - Propriedades físico-mecânicas da celulose de Eucalyptus robusta (Cozimento III)

Grau de moagem	15	20	30	40	50
Tempo de moagem	0	10	40	58	77
Gramatura	61,9	61,3	60,8	60,5	59,9
Comprimento de auto-ruptura	3,2	6,3	9,3	10,8	11,8
Esticamento	0,4	1,8	3,4	3,8	3,9
Índice de arrebentamento	12,5	42,0	69,5	76	80
Índice de rasgo	70	101	135	127	120
Espessura	.153	.114	.098	.092	.088
Peso específico aparente	.405	.535	.620	.655	.680
Volume específico aparente	2,47	1,87	1,61	1,53	1,47

Quadro XIX - Propriedades físico-mecânicas da celulose de Eucalyptus viminalis (Cozimento I)

Grau de moagem	15	28	33	36	44	60	78
Tempo de moagem	0	30	45	60	90	120	180
Gramatura	64,0	61,8	62,0	62,3	62,4	60,9	58,8
Comprimento de auto-ruptura	3,2	8,6	8,8	8,1	9,3	11,2	10,9
Esticamento	0,8	4,6	4,8	4,6	4,6	4,8	4,9
Índice de arrebentamento	11,6	62,1	67,7	66,8	76,4	80,3	78,2
Índice de rasgo	68	114	114	115	109	106	112
Espessura	.141	.097	.093	.095	.090	.086	.079
Peso específico aparente	.454	.640	.667	.656	.692	.710	.746
Volume específico aparente	2,20	1,56	1,50	1,52	1,44	1,41	1,34

Quadro XX - Propriedades físico-mecânicas da celulose de Eucalyptus viminalis (Cozimento II)

Grau de moagem	15	26	30	33	45	55	78
Tempo de moagem	0	30	45	60	90	120	180
Gramatura	64,6	61,8	62,2	62,5	59,1	59,8	59,9
Comprimento de auto-ruptura	3,6	8,9	8,7	8,5	9,7	9,0	8,3
Esticamento	1,2	3,8	3,8	4,0	4,4	4,0	4,1
Índice de arrebentamento	14,6	61,5	63,5	61,3	58,2	55,5	54,1
Índice de rasgo	58	141	110	109	116	103	102
Espessura	.138	.100	.096	.094	.090	.089	.081
Peso específico aparente	.469	.640	.648	.677	.655	.673	.736
Volume específico aparente	2,13	1,56	1,54	1,48	1,53	1,48	1,36

Quadro XXI - Propriedades físico-mecânicas da celulose de *Eucalyptus viminalis* (Cozimento III)

Grau de moagem	15	24	28	31	38	48	70
Tempo de moagem	0	30	45	60	90	120	180
Gramatura	62,9	62,8	61,4	63,2	62,0	59,7	60,3
Comprimento de auto-ruptura	3,4	6,9	7,5	7,7	7,8	8,4	9,5
Esticamento	0,9	3,4	3,6	4,0	3,8	4,0	4,5
Índice de arrebentamento	11,9	47,9	54,7	49,4	54,0	42,9	50,9
Índice de rasgo	60	108	116	102	117	124	107
Espessura	.141	.101	.099	.097	.095	.090	.086
Peso específico aparente	.446	.622	.619	.654	.655	.660	.701
Volume específico aparente	2,24	1,61	1,62	1,53	1,53	1,52	1,43

4. DISCUSSÃO RESULTADOS E CONCLUSÕES

4.1. *Eucalyptus Decaisneana* com 1 ano de idade

Os resultados apresentados fazem parte de um projeto em desenvolvimento com a finalidade de se estudar a evolução das características da madeira e as propriedades da celulose obtida em função da idade do povoamento florestal até o mesmo completar cerca de 20 anos.

Embora os resultados mostrem um baixo rendimento obtido, o que era de se esperar, as resistências físico-mecânicas foram surpreendentemente elevadas, considerando-se a idade do material ensaiado.

4.2. *Eucalyptus Decaisneana* com 3 anos de idade

Os resultados encontrados para rendimentos brutos e depurados foram razoáveis, mostrando-se suavemente inferiores aos obtidos para **E. saligna** e **E. grandis** a um grau de deslignificação próximo. t de se esperar que com o envelhecimento do povoamento esta pequena diferença desapareça.

Comparativamente com as celuloses dos eucaliptos tomados como referências, as celuloses de **E. decaisneana** mostraram:

- velocidade de refinação comparáveis à exceção da celulose do cozimento III, que foi mais lenta para refinação, apesar de seu menor teor de lignina residual.
- resistência à tração e ao arrebentamento ligeiramente inferiores.
- pesos específicos aparentes superiores.
- resistências ao rasgo inferiores no intervalo 30-40 °SR e similares em ioutros graus de moagem. Observouse ainda um modelo de variação da resistência ao rasgo em função do grau de moagem diferente do usualmente encontrado para celuloses sulfato de **E. saligna** e **E. grandis**. As celuloses de **E. decaisneana** não mostraram o pronunciado máximo de resistência por volta de 30 °SR, apresentando contrariamente um patamar de suave declive a partir deste grau de moagem. Isto talvez seja o reflexo de uma maior capacidade de ligações entre fibras, propriedade comum às celuloses obtidas de madeiras jovens com fibras altamente flexíveis.

4.3. *Eucalyptus globulus*

Os resultados encontrados para rendimento bruto., resistência à tração, ao arrebetamento e esticamento podem ser considerados como excelentes, enquanto os de resistência ao rasgo foram razoáveis. O elevado teor de rejeitos que a celulose apresentou é provável resultado das maiores dimensões dos cavacos que foram obtidos manualmente a partir da madeira.

Comparativamente com as celuloses de **E. saligna** e **E. grandis**, a celulose de **E. globulus** mostrou superiores resistências à tração e ao arrebetamento e maiores esticamentos e pesos específicos aparentes. Isso poderia ser explicado pela baixa densidade da madeira ensaiada desta espécie. Esta propriedade implicaria numa maior quantidade de fibras imaturas, mais flexíveis e portanto, capazes de fornecer melhores características de ligação na folha de papel. Comparativamente, o maior número de permanganato pode ser também responsável por estas melhores características (FOELKEL, 1973). Inversamente ao efeito para a tração e arrebetamento, a densidade da madeira e, o número de permanganato explicariam os menores valores para a resistência ao rasgo.

4.4. Eucalyptus robusta

Os resultados encontrados para rendimentos em celulose para **E. robusta** mostraram-se inferiores aos obtidos para **E. saligna** e **E. grandis**. Ressalte-se ainda o fato da madeira apresentar uma densidade básica relativamente baixa.

Quanto às resistências físico-mecânicas os resultados se mostraram comparáveis às celuloses obtidas de **E. saligna** e **E. grandis** com exceção da resistência ao rasgo que foi ligeiramente inferior. Observou-se também uma velocidade de refinação mais rápida para as celuloses de **E. robusta**.

4.5. Eucalyptus viminalis

Os resultados encontrados para rendimentos brutos e depurados foram muito bons e semelhantes aqueles obtidos para **E. saligna** e **E. grandis** a um grau de deslignificação aproximado. Os teores de rejeitos foram baixos. o que destaca a facilidade de cozimento da madeira.

Comparativamente com as celuloses de **E. saligna** e **E. grandis** as celuloses de **E. viminalis** mostraram:

a) velocidades de refinação similares à exceção da celulose do Cozimento III que foi mais lenta para refinação apesar de seu menor teor de lignina residual. Isso talvez se deva a uma reprecipitação mais intensa de hemiceluloses numa forma mais hidrofóbica, o que dificultou a refinação.

b) resistências à tração e ao rasgo inferiores.

c) maiores esticamentos e pesos específicos aparentes.

d) resistências ao arrebetamento superiores a baixos graus de refinação, mas inferiores a partir de 40-50°SR, à exceção da celulose do cozimento I. que foi sempre superior à de **E. saligna** e **E. grandis**.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBADILLO, P. - Summary of spanish experiments on the pulping of Eucalypts. **Appita**, Melbourne, **21**(2) : 27-40, 1967.

BARRICHELO, L. E. G. & FOELKEL, C. E. B. - Processo nítrico-acético para maceração da madeira. **O Papel**. São Paulo, (ainda não publicada).

BHAT, R. V. & KARNIK, M. G. - Indigenous cellulosic raw materials for the production of pulp., paper and board: 26 chemical pulps and writing and printing papers from blue gum (**Eucalyptus globulus**). **Indian pulp and paper**. 1-6, out. 1955.

BHAT, R. V.; NARENDRA, S. P. & SAKSENA, U. L. - Braille paper from blue gum (**Eucalyptus globulus**). **Research and Industry**. 3(10) ; 265-6, 1958.

CROMER, R. N. & HANSEN, M. W. - Growth, nutrient uptake and pulping characteristics of young **Eucalyptus globulus**. **Appita**, Melbour, 26(3) : 187-90, 1972.

DADSWELL, H. E. & STEWART, C. M. **Chemical utilization of the Eucalypts**. Melbourne, CSIRO, 1962. 39 p. (Division of Forest Products Technological Paper n.º 17) .

FOELKEL, C. E. B. - **Unbleached kraft pulp properties of some, of the Brazilian and U. S. pines**. Syracuse, State University of New York, 1973. 192 p. (Tese- MS).

FOELKEL, C. E. B.; BRASIL, M. A. M. & BARRICHELO, L. E. G. - Métodos para determinação da densidade básica de cavacos para coníferas e folhosas. **IPEF**, Piracicaba, (2/3): 65-74,1971.

FRANKLIN, E. C. & MESKIMEN, G. F. In: IUFRO TROPICAL MEETING, Kenya, 1973 - **Proceedings**. 4 p.

HIGGINS, H. G. - Technical assessment of eucalypt pulps in the paper making economy. **Appita**, Melbourne, 23(6): 417-26, 1970.

HILLIS, W. E. - Properties of Eucalypt woods of importance to the pulp and paper industry. **Appita**, Melbourne, 26(2): 113-22, 1972.

JEFFREYS, R. B. - Pulp and paper making from Eucalypts in Australia. **The World's Paper trade review**. 142(22) : 1825-44; 142(23): 1890-96, 1954.

MARTINEZ, I. L. A. & GOMES, P. B. - Pastas de eucaliptos espanhóis: seu emprego na fabricação de papel. CONVENÇÃO ANUAL. ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL, 1, São Paulo, 1968. 11 p.

MYBURGH, H. H. - Kraft pulping of Eucalypts in South Africa. **Appita**, Melbourne, 21(2): 49-53, 1967.

PETROFF, G. - Étude papetière de quelques échantillons d'**Eucalyptus** congolais. **Bois et forêts des tropiques**. Nogent-sur-Marne, (103) : 27-38, set./out. 1965.

QUEIROZ, M. G. - Comportamento de de várias espécies de eucalipto na obtenção de pastas sulfato. **O Papel**, São Paulo, 33: 51-5, 1972.

SANYER, N. - Manufacture of pulp and paper from Eucalypts. UNESCO/FAO REGIONAL SYMPOSIUM ON PULP AND PAPER RESEARCH AND TECHNOLOGY IN THE MIDDLE EAST AND NORTH AFRICA - **Proceedings**. s. d. p.171-86.

WATSON, A. I. & COHEN, W. E. - Pulping of Eucalypts: an historical survey. **Appita**, Melbourne, **22**(4): 26-32, 1969.

Quando pensar em papel pense "Suzano-Feffer."

Naturalmente! É o que fazem 77% de todos os consumidores de papéis e cartões! E por que? Suzano-Feffer produz a mais completa linha de cartões e papéis do mercado.

Para escrever, para impressão de revistas e livros, cartazes, folhetos, displays, catálogos, calendários, formulários contínuos, impressos comerciais, pastas, fichas, embalagens de cartão e cartolina para produtos de consumo, para variados usos industriais... e outros mais que você "bolar".

Além da atenção pessoal às necessidades dos consumidores, 4 fábricas ajudam a tornar tudo isso possível. Inclui-se neste equipamento a maior e mais avançada máquina para cartões e cartolinas do país.

Por isso, pensar em papel é pensar "Suzano-Feffer." Naturalmente!



NOSSAS ARVORES PARTICIPAM DO PROGRESSO DO BRASIL



Champion Papel e Celulose S.A.

Sede e Fábrica:

Rodovia Campinas-Aguas da Prata, km. 60
13.840 — Mogi Guaçu - S.P. - Caixa Postal, 10
Telefone 6-0300 Telex n.º 019-1016

Escritório:

Rua Líbero Badaró, 377 — 8.º andar
01009 — São Paulo — S.P.
Telefone 37-9161 Telex n.º 011-21098

produtos

madeirit

— mais qualidade a serviço da construção

**FORMAS
PARA CONCRETO**

Moldagem perfeita.
Máxima economia.
Amplio reaproveitamento.

**LAMBRIS
DE MADEIRA**

Lâminas de madeiras
decorativas coladas sobre
tela e aplicáveis
sobre qualquer superfície.

**PORTAS MAIS
FUNCIONAIS**

Maciças ou Semi-ocas
(de Six-Cel).

**TELHAS
DE GRANDE
RESISTÊNCIA**

Com ou sem revestimento
de alumínio.

E também: TAPUMES LISOS OU ONDULADOS.
COMPENSADO NAVAL.
COMPENSADO INDUSTRIAL.

INDÚSTRIAS
madeirit S.A.

Rua Xavier de Toledo, 264 - 10.^o
Tel.: 37-0561, End. Telegr: "DEIRIT", São Paulo