
**POLPAÇÃO KRAFT DO ESTIPE DE *Euterpe edulis*
Martius (PALMITEIRO)**

AZARIAS MACHADO DE ANDRADE
Dr., Prof. Adjunto IV, DPF - IF - UFRRJ
WILSON HIGA NUNES
Mestre, Engenheiro Florestal Autônomo
HEBER DOS SANTOS ABREU
Dr., Prof. Adjunto IV, DPF - IF - UFRRJ
EVANDRO LIMA DE SOUSA
Bolsista do CNPq, DPF-IF-UFRRJ

R E S U M O

A presente pesquisa foi desenvolvida com o objetivo de avaliar o potencial do estipe de *Euterpe edulis* Martius, material vegetal desprezado por ocasião da colheita do palmito, como matéria-prima fibrosa alternativa para a produção de polpa celulósica kraft. Foram efetuadas análises física e química do material lignocelulósico, por espectroscopia no infravermelho e ressonância magnética nuclear. Determinou-se, também, a viscosidade intrínseca, o peso molecular e o grau de polimerização das polpas celulósicas depuradas, branqueadas e não branqueadas, de *Euterpe edulis* e de *Eucalyptus urophylla*, que foram comparados entre si. Os rendimentos em polpa celulósica bruta e depurada (59,60% e 54,10%, respectivamente) foram superiores ou equipararam-se àqueles obtidos pelo *Eucalyptus urophylla* (54,50% e 51,70%, respectivamente). A resistência a degradação química, da celulose obtidas das duas espécies, frente aos agentes designificadores foram equivalentes.

Palavras-chaves: *Euterpe edulis*, polpa celulósica kraft, lignina, infravermelho, RMN ¹H.

A B S T R A C T

**KRAFT PULP OF *Euterpe edulis* Martius STEM
(PALMITEIRO)**

The present research was developed with the purpose of evaluating the potentialities of *Euterpe edulis* Martius stem, discarded vegetable material by occasion of palm cabbage crop, for kraft pulping. Physical and chemical analyses of lignocellulosic material were carried out by infrared and nuclear magnetic resonance spectrometry. It was determined viscosity, molecular weight and polymerization degree of *Euterpe*

edulis and *Eucalyptus urophylla* from cleaned pulps, bleached and not bleached, which were compared. Satisfactory results were reached in relation to the chemical cooking. Gross and cleaned pulp yields (59,60% and 54,10%, respectively) were even higher or comparable to those afforded by *Eucalyptus urophylla* (54,50% and 51,70%, respectively). The resistance of cellulose from both species concerning chemical degradation were equivalent.

Key words: *Euterpe edulis*, kraft pulp, lignin, infrared, ¹H NMR.

INTRODUÇÃO

A celulose corresponde aproximadamente 40% dos polímeros naturais renováveis encontrados na biosfera. Seu papel na indústria moderna é na certeza inquestionável, principalmente no que se refere a produção de polpa celulósica e sua aplicação na indústria química (FENGEL & WEGENER, 1984). A introdução de espécies estrangeiras em território brasileiro para indústria de celulose e papel data de longo tempo, porém, até hoje ela tem sido fator de questionamento por ambientalistas. No Brasil, a madeira utilizada como matéria-prima para a produção de pasta celulósica provém, principalmente, de *Eucalyptus* spp e de *Pinus* spp. Outras espécies utilizadas, embora em pequena escala, são a *Gmelina arborea*, a *Mimosa scabrella* e a *Araucaria angustifolia*, esta última com sua exploração suspensa (D'ALMEIDA, 1988). Estas espécies são representantes lenhosas das divisões angiosperma (dicotiledôneas) e gimnosperma, respectivamente. Nos países asiáticos ao contrário do Brasil grande parcela de material lignocelulósico é oriunda de plantas monocotiledôneas para utilização na indústria de celulose e papel, entre outras (RIZZINI & MORS, 1995). A avaliação do potencial do estipe de *Euterpe edulis* Martius (Palmiteiro) uma monocotiledônea que ocorre no Brasil poderia ser uma fonte de matéria-prima fibrosa de boa qualidade para a indústria de polpa celulósica e papel. No sul do Brasil o manejo da *Euterpe edulis* vem se aprimorando, e a sua colheita encontra-se estabilizada (REIS et al., 1993). Para a retirada do palmito, a palmeira é cortada e o seu estipe é abandonado no campo, na condição de um resíduo florestal que poderia ser utilizado como uma matéria-prima

alternativa para a obtenção de polpa celulósica e manufatura do papel.

Euterpe edulis Martius (Palmiteiro) é uma palmeira freqüentemente encontrada no extrato médio da floresta, considerada como uma palmeira elegante das submatas das regiões de clima úmido e fresco, característica da mata pluvial atlântica (FLOR, 1985). Atualmente, a sua utilização resume-se ao aproveitamento do palmito, como fonte alimentar, geralmente de forma extrativista, entretanto, RIZZINI & MORS (1995) propõe seu cultivo, ao se referirem que este material poderia constituir interessante objeto de exportação.

MATERIAL E MÉTODOS

Os estipes de *Euterpe edulis* foram coletados na fazenda Igapira, nos domínios da Mata Atlântica, no município de Miguel Pereira, Estado do Rio de Janeiro. A madeira de eucalipto (*Eucalyptus urophylla*), que serviu de comparação, foi coletada num povoamento florestal com 7 anos de idade, estabelecido no campus da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), no município de Seropédica, Estado do Rio de Janeiro.

Os estipes de *Euterpe edulis* apresentavam o diâmetro médio à altura do peito por volta de 11 cm. Os fustes do *Eucalyptus urophylla*, por sua vez, apresentavam o diâmetro médio à altura do peito ao redor de 16 cm. Foram amostrados os estipes de cinquenta palmeiras de *Euterpe edulis*, sendo retirados seis discos, com aproximadamente 4 cm de espessura, de cada estipe, nas seguintes posições: um na base (a

20 cm do solo), um a 1,30 m do solo (à altura do peito) e os outros quatro a 25, a 50, a 75 e a 100% da altura, logo abaixo da raque. Procedimento semelhante foi adotado por ocasião da amostragem de dez fustes de *Eucalyptus urophylla*.

Após o quarteramento dos seis discos de cada estipe, 3/4 foi utilizado para proceder as polpações e para a determinação da densidade básica média ponderada do estipe, utilizando o método hidrostático (VITAL, 1984). Utilizou-se como fator de ponderamento o volume das cinco seções resultantes de cada estipe amostrado.

Um quarto da amostra coletada à altura do peito, após ter sido transformado em serragem num moinho de martelo, foi utilizado para a análise química, o restante foi armazenado em um local com temperatura e umidade controladas, para ser utilizado posteriormente, caso houvesse necessidade.

As análises químicas consistiram na determinação quantitativa dos componentes solúveis em solventes orgânicos (ABCP M-3/69 e TAPPI T264 om-62), do teor de alfa-celulose (TAPPI T203 os-74), do teor de hemiceluloses (TAPPI T223 os-78), do teor de lignina Klason (TAPPI T222 os-74) e do teor dos materiais inorgânicos (ABCP M-11/77 e TAPPI T15 os-58).

Por se tratar de uma monocotiledônea, o pó proveniente da moagem da amostra do estipe foi tratado com NaOH 1%, com o objetivo de eliminar a presença do ácido cumárico e ferúlico. As análises das ligninas, isoladas pelo método de Björkmann, foram realizadas através da espectrometria no infravermelho e de ressonância magnética nuclear (RMN ¹H).

Os teores de metoxilas das ligninas foram estimados por RMN ¹H (ABREU & FREIRE, 1997).

A polpação kraft foi realizada em um digestor

elétrico rotativo de 3 rpm, com a capacidade volumétrica para 20 litros e tampa dotada de manômetro e termômetro. O desfibramento foi efetuado em um refinador de discos e a depuração, sob o efeito de fortes jatos d'água, em uma peneira com malha de 1,0 mm, sobreposta a uma peneira com malha de 0,3 mm. Foram efetuadas sete digestões por tratamento, determinando-se os rendimentos em polpa bruta e depurada, bem como o teor de rejeitos, relacionando-se o respectivo produto com a massa de madeira a.s. utilizada.

Foram adotadas as seguintes condições para o cozimento kraft: digestão de 1000 gramas de material vegetal a.s.; álcali ativo = 20 %, base Na₂O; sulfidez = 25%; relação licor/material vegetal = 5:1; temperatura máxima de cozimento = 170 °C; tempo até a temperatura máxima = 90 minutos; e, tempos de permanência na temperatura máxima de cozimento = 60 e 90 minutos.

Para o branqueamento das polpas celulósicas adotou-se uma seqüência com dois estágios, sendo o primeiro por hipocloração (cloro ativo 1%) seguida de uma extração alcalina (NaOH a 0,2%). Para a determinação da viscosidade intrínseca, do peso molecular e do grau de polimerização da celulose, adotou-se o método viscométrico (TAPPI 206 wd-71), utilizando-se o viscosímetro RHEO KD 2.1 e cuproetilendiamina como solvente. De acordo com correlações estabelecidas por STAMM (1964), estimou-se, através de análise de regressão, o grau de polimerização médio da alfa-celulose, e das polpas celulósicas não branqueadas e branqueadas.

A análise dos dados foi realizada através do delineamento experimental inteiramente casualizado, com 4 tratamentos e 7 repetições, dentro do esquema fatorial 2 x 2, sendo duas espécies (estipe de palmitero e madeira de eucalipto) e dois tempos de permanência à temperatura máxima de

cozimento (60 e 90 minutos).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios da densidade básica ponderada (g/cm^3) do estipe de *Euterpe edulis* e do fuste de *Eucalyptus urophylla* são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Valores médios da densidade básica ponderada (g/cm^3) do estipe de *Euterpe edulis* e do fuste de *Eucalyptus urophylla*

Especie Florestal	Densidade (g/cm^3)
<i>Euterpe edulis</i>	0,23
<i>Eucalyptus urophylla</i>	0,49

Em função da baixa densidade básica ponderada apresentada pelo estipe de *Euterpe edulis*, em relação à polpação química alcalina, possivelmente haverá um menor aproveitamento do volume útil dos digestores. Desta forma, maiores volumes de material vegetal deverão ser processados. Por outro lado, condições brandas de cozimento deverão ser adotadas para se evitar a degradação excessiva dos cavacos do estipe de *Euterpe edulis*, o que certamente resultaria em perdas de rendimento e da qualidade da polpa celulósica depurada.

A tabela 2 apresenta os valores médios referentes à análise química do estipe de *Euterpe edulis*.

O teor de holocelulose estabeleceu-se em níveis equiparáveis àqueles normalmente apresentados pelo eucalipto, ao redor de 70%. O teor de lignina, por sua vez, mostrou-se inferior, fato que, do ponto de vista da polpação química, deve ser considerado.

A análise espectral da lignina (Björkman)

isolada do estipe de *Euterpe edulis* tratada com NaOH 1% indicou mais alta concentração de unidades siringílicas do que as ligninas isoladas do material não tratado. Isto pode ser observado nos espectros no infravermelho (Figuras 1 e 2), através das absorções em 1.329 cm^{-1} e 1.273 cm^{-1} . Do ponto de vista da polpação química alcalina, este detalhe deve ser considerado (FENGEL & WEGENER, 1984). Os espectros de RMN ^1H da lignina (Björkman) isolada do material não tratado e tratado com NaOH 1% são apresentados nas figuras 3 e 4, respectivamente. Não foi possível a integração dos prótons aromáticos (H-Ar) e metoxilicos (H-OCH₃), da lignina do material não tratado com NaOH 1%, uma vez que foram detectados indícios da presença de água. A estimativa do teor de metoxilas, para a lignina do material tratado com NaOH 1%, foi efetuada por meio da metodologia proposta por ABREU & FREIRE (1997), obtendo-se um teor de 21,17% de metoxilas (OCH₃).

O aumento do teor de metoxila (OCH₃), ainda que sem provas concretas, está relacionado com o aumento do teor de unidades $\beta\text{-O-4}$ (ABREU et al., 1999). Segundo FENGEL e WEGENER (1984), isto melhora o comportamento da matéria-prima vegetal frente ao processo de polpação química alcalina, durante o cozimento kraft.

A tabela 3 apresenta os valores médios dos rendimentos brutos (%), obtidos a partir da polpação química alcalina kraft do estipe de *Euterpe edulis* e da madeira de *Eucalyptus urophylla*, com permanência de 60 e de 90 minutos à temperatura máxima de 170 °C.

No geral, o rendimento bruto apresentado pela polpa celulósica obtida do estipe de *Euterpe edulis* foi maior do que aquele observado para a polpa proveniente da madeira de *Eucalyptus urophylla*. Isto denota que, sob as condições de cozimento estabelecidas para a polpação alcalina, os cavacos do estipe de *Euterpe edulis* supostamente não foram degradados termoquimicamente. Demonstra, também, a viabilidade da utilização do estipe de *Euterpe edulis* para a produção de polpa celulósica kraft, considerando apenas este enfoque.

Em decorrência do comportamento interativo apresentado pelo rendimento bruto, para ambas as matérias-primas florestais analisadas, em função do tempo de permanência na temperatura máxima de cozimento, é recomendável a adoção do tempo de 60 minutos. Isto resultaria num menor consumo energético, com menores custos de produção, sobretudo no caso do estipe de *Euterpe edulis*.

A tabela 4 apresenta os valores médios dos rendimentos em polpa depurada (%), para a polpação kraft do estipe de *Euterpe edulis* e da madeira de *Eucalyptus urophylla*, com permanência de 60 e de 90 minutos à temperatura máxima de 170 °C.

Não foram detectadas diferenças significativas entre os rendimentos em polpa celulósica depurada, em relação às matérias-primas florestais utilizadas e aos tempos de permanência à temperatura máxima de cozimento.

A tabela 5 apresenta os valores médios dos teores de rejeito (%), para a polpação química alcalina kraft do estipe de *Euterpe edulis* e da madeira de *Eucalyptus urophylla*, com permanência de 60 e de 90 minutos à temperatura máxima de 170 °C.

Em relação aos teores médios de rejeito, foram observados valores maiores para a polpa celulósica bruta derivada do estipe de *Euterpe edulis*. Ainda em relação à polpa do estipe de *Euterpe edulis*, diferença significativa não foi detectada entre os teores de rejeito, em função dos tempos de permanência à temperatura máxima de cozimento, o que expressa a viabilidade da adoção do menor tempo, ou seja, 60 minutos. Entretanto, apesar de não ter sido estatisticamente significativo, o ligeiro acréscimo no valor absoluto do teor de rejeito, verificado a partir da adoção do tempo de permanência de 90 minutos na temperatura de 170 °C, pode estar indicando a necessidade de modificações nas condições de polpação, envolvendo ajustes de variáveis como o álcali-ativo, a sulfidez, a relação entre

o licor e o estipe, a temperatura máxima de cozimento, o próprio tempo de permanência à temperatura máxima de cozimento, dentre outras.

A tabela 6 apresenta os valores médios obtidos a partir das análises viscométrica e molecular das polpas celulósicas depuradas não branqueadas e branqueadas do estipe de *Euterpe edulis*, da madeira de *Eucalyptus urophylla* e do colmo de *Dendrocalamus giganteus*.

A estimativa do grau de degradação química do material fibroso foi efetuada correlacionando-se o decréscimo do comprimento e do grau de polimerização da molécula de celulose com o aumento da fluidez da solução de cuproetilenodiamina. A estimativa dos graus de polimerização da alfa-celulose (GP), das polpas celulósicas não branqueadas e branqueada, por sua vez, foi efetuada utilizando-se a equação ajustada $Y = 405,35 \ln(X) - 448,87$ ($R^2 = 99,19\%$), onde Y representa o grau de polimerização da alfa-celulose, em unidades glicosídicas e X representa a viscosidade da polpa celulósica, em centipoise, obtida no viscosímetro RHEO KD 2.1.

Pela observação e análise do quadro 6, constatou-se a equiparação estatística, ao nível de 5% de probabilidade, pelo teste de Tukey, da degradação química da alfa-celulose, após o branqueamento das polpas celulósicas derivadas das três espécies analisadas. Considerando-se os graus de polimerização da alfa-celulose, antes e após o branqueamento químico das polpas, os decréscimos verificados para o *Euterpe edulis*, para o *Eucalyptus urophylla* e para o *Dendrocalamus giganteus* foram de 15,95%^a, 10,75%^a e 11,81%^a, respectivamente. Isso, de uma forma indireta, expressa a boa qualidade físico-mecânica e a elevada resistência da polpa do estipe de *Euterpe edulis* aos reagentes químicos branqueadores, quando a mesma é comparada com as duas outras matérias-primas fibrosas utilizadas como parâmetro de referência.

Tabela 2. Valores médios observados a partir da análise química quantitativa do pó do estipe de *Euterpe edulis*

Materiais e constituintes	Sem tratamento alcalino	Com tratamento alcalino (NaOH 1 %)
	(%)	(%)
Solúveis em acetona	4,24	4,24
Solúveis em Água	3,99	3,99
Alfa Celulose	31,51	40,18
Hemiceluloses	38,76	32,43
Lignina Klason	21,02	18,71
Componentes inorgânicos	0,48	0,45
Total	100,00	100,00

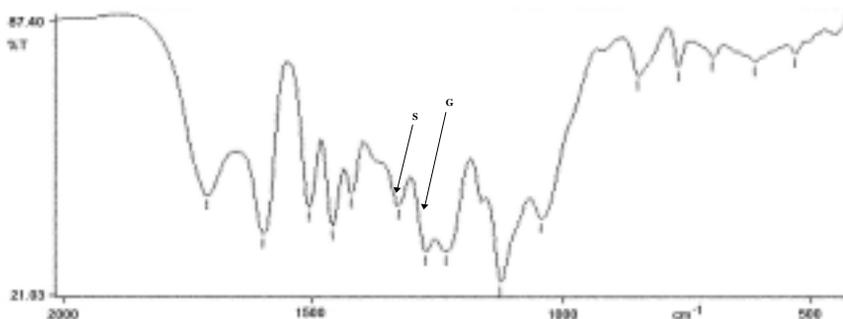


Figura 1 – Espectro no infravermelho da lignina (Björkmann) isolada do material vegetal não tratado com NaOH 1 %, registrado em KBr. S = unidade siringila e G = unidade guaiacila.

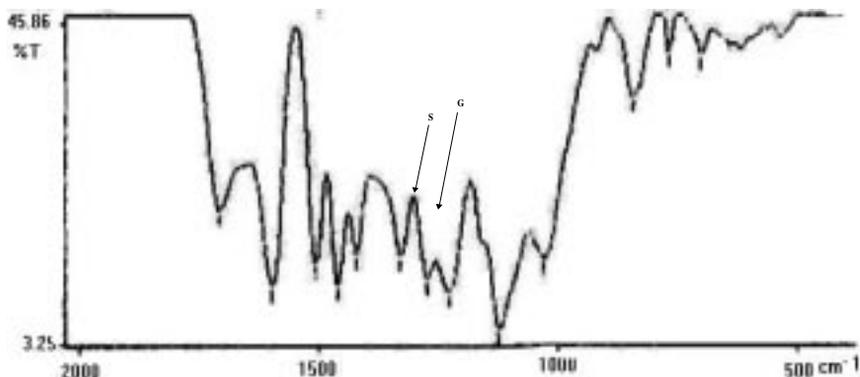


Figura 2 - Espectro no infravermelho da lignina (Björkmann) isolada do material vegetal tratado com NaOH 1 %, registrado em KBr. S = unidade siringila e G = unidade guaiacila.

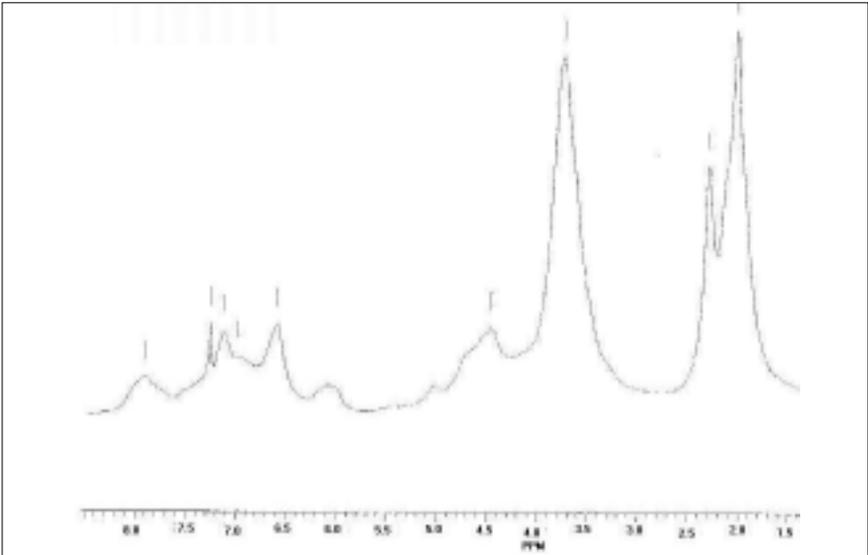


Figura 3. Espectro de RMN ¹H (200 MHz, CHCl₃) da lignina acetilada, isolada do material vegetal não tratado com NaOH 1%.

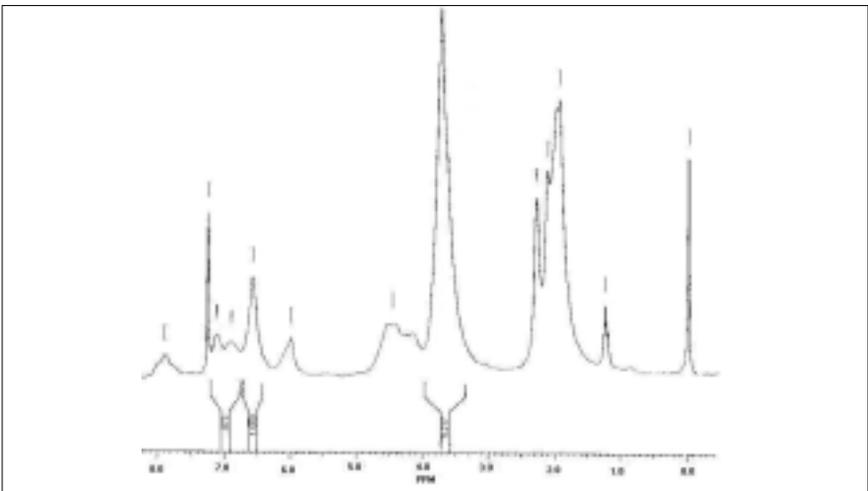


Figura 4. Espectro de RMN ¹H (200 MHz, CHCl₃) da lignina acetilada, isolada do material vegetal tratado com NaOH 1%.

Tabela 3 . Valores médios dos rendimentos brutos (RB), para a polpação Kraft do estipe de *Euterpe edulis* e da madeira de *Eucalyptus urophylla*, com permanência de 60 e 90 minutos à temperatura máxima de 170 °C*

Variável		Intera ^{ão}	RB (%)
Espécie	Tempo		
<i>Euterpe edulis</i>			59,60 a
<i>Eucalyptus urophylla</i>			54,50 b
	60 min		57,50 ns
	90 min		56,60 ns
		<i>Euterpe edulis</i> / 60 min	56,20 a b
		<i>Euterpe edulis</i> / 90 min	62,90 a
		<i>Eucalyptus urophylla</i> / 60 min	58,80 a
		<i>Eucalyptus urophylla</i> / 90 min	50,30 b

Tabela 4 . Valores médios dos rendimentos em polpa depurada (RD), para a polpação kraft do estipe de *Euterpe edulis* e da madeira de *Eucalyptus urophylla*, com permanência de 60 e 90 minutos à temperatura máxima de 170 °C*

Variável		Intera ^{ão}	RD (%)
Espécie	Tempo		
<i>Euterpe edulis</i>			54,10 ns
<i>Eucalyptus urophylla</i>			51,70 ns
	60 min		53,20 ns
	90 min		52,60 ns
		<i>Euterpe edulis</i> / 60 min	51,30 a b
		<i>Euterpe edulis</i> / 90 min	56,80 a
		<i>Eucalyptus urophylla</i> / 60 min	55,10 a
		<i>Eucalyptus urophylla</i> / 90 min	48,30 b

Tabela 5. Valores médios dos teores de rejeito (TR), para a polpação kraft do estipe de *Euterpe edulis* e da madeira de *Eucalyptus urophylla*, com permanência de 60 e 90 minutos à temperatura máxima de 170 °C*

Variável		Intera ^{ção}	TR (%)
Espécie	Tempo		
<i>Euterpe edulis</i>			5,50 a
<i>Eucalyptus urophylla</i>			2,80 b
	60 min		4,30 ns
	90 min		4,00 ns
		<i>Euterpe edulis</i> / 60 min	4,80 a
		<i>Euterpe edulis</i> / 90 min	6,10 a
		<i>Eucalyptus urophylla</i> / 60 min	3,70 a b
		<i>Eucalyptus urophylla</i> / 90 min	1,90 b

Tabela 6. Valores médios da viscosidade (η), das polpas celulósicas depuradas não branqueadas e branqueadas do estipe de *Euterpe edulis*, da madeira de *Eucalyptus urophylla* e do colmo de *Dendrocalamus giganteus*, do grau de polimerização (GP) e do peso molecular da celulose (PM)*

Espécies	Polpa Celulósica não Branqueada			Polpa Celulósica Branqueada		
	η	GP	PM	η	GP	PM
<i>Euterpe edulis</i>	54,09	1.168,74	189.335,88	36,38	1.007,97	163.291,14
<i>Eucalyptus urophylla</i>	6,22	292,02	47.336,40	5,80	263,68	42.716,16
<i>Dendrocalamus giganteus</i>	45,23	1.096,23	177.589,26	33,99	980,42	158.828,04

*Onde: η = Viscosidade em centipoise (cP), no Viscosímetro RHEO KD 2.1; GP = Grau de Polimerização em unidades glicosídicas e PM = Peso Molecular.

CONCLUSÃO

Os valores observados neste trabalho permitiram concluir que:

- O estipe de *Euterpe edulis* sob o ponto de vista técnico, mostra-se viável para a produção de polpa celulósica kraft, face ao baixo teor de lignina (21,01%) e ao elevado teor de holocelulose (70,25%);
- Não ocorreram, após o cozimento kraft do estipe de *Euterpe edulis*, variações nos rendimentos da polpação, em função dos tempos de permanência de 60 e de 90 minutos à temperatura máxima de 170 °C;
- Os efeitos dos tratamentos químicos sobre as fibras celulósicas, estimados através da medição da viscosidade da polpa celulósica do estipe de *Euterpe edulis* em solução de cuproamônio, do grau de polimerização e do peso molecular da alfa-celulose, apresentaram-se dentro dos limites aceitáveis, equiparando-se àqueles observados para o *Eucalyptus urophylla* e para o *Dendrocalamus giganteus*;
- Os rendimentos obtidos em polpa celulósica bruta e depurada, a partir da polpação alcalina kraft do estipe de *Euterpe edulis* (59,60% e 54,10%, respectivamente), mostraram-se estatisticamente superiores ou equivalentes àqueles apresentados pela polpa da madeira de *Eucalyptus urophylla* (54,50% e 51,70%, respectivamente), produzida sob as mesmas condições de cozimento; e,
- O uso do estipe de *Euterpe edulis* para a produção de polpa e papel, apesar de ser tecnicamente viável, sobretudo em função dos teores de celulose e de lignina apresentados pelo referido material, ainda carece de estudos sobre outros aspectos. Mais informações devem ser colhidas sobre a viabilidade

econômica e sobre as questões ecológicas envolvidas na sua utilização, já que a espécie é nativa da Mata Atlântica e encontra-se ameaçada pela prática extrativista.

LITERATURA CITADA

- ABREU, H.S. & FREIRE, M.F.I. Methoxyl content determination of lignins by ¹H NMR. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.67, p.379-382, 1997. (Suplemento 3).
- ABREU, H. S., NASCIMENTO, A. M., MARIA, M. A. Lignin structure and wood properties. *Wood and Fiber Science*, v. 31 (4) p. 426-433, 1999.
- BARRICHELO, L.E.G., BRITO, J. O., COUTO, M.T.Z., CAMPINHOS JUNIOR, E. Densidade básica, teor de holocelulose e rendimento em celulose da madeira de *Eucalyptus grandis*. *Silvicultura*, São Paulo, v. 82(32) p.802-8, 1983.
- D'ALMEIDA, M. L. O. *Tecnologia de fabricação da pasta celulósica*. 2ed., Vol. I, São Paulo, SP, SENAI/IPT, 1988. 559p.
- FENGEL, D, & WEGENER, G. *Wood, chemistry, ultrastructure, reactions*. Berlin: Walter de Gruyter, New York, 1984. 613p.
- FERGUS, B.J., HANNAH, B.C., JONES, R.N. The Kraft pulping and bleaching of *Pinus radiata* sawdust and chipper fines. *Appita*, v.27, n.2, p.119-122, 1973.
- FLOR, H.M. *Florestas Tropicais: Como intervir sem devastar*. São Paulo: Icone, 1985. 180p.
- FOELKEL, C.E.B. Rendimento em celulose sulfato de *Eucalyptus* spp. Em função do grau de deslignificação e da densidade da madeira. Piracicaba, SP, ESALQ/USP, IPEF, (9):.61-77, 1974.
- FPL - FOREST PRODUCTS LABORATORY.

- Wood Handbook - Wood as an Engineering Material. Madison, WI: US Department of Agriculture, Forest Service, FPL-GTR-113, 1999. 463p.
- HIGGINS, H.G. Pulp and paper. In: HILLIS, W.E. & BROWN, A.G. *Eucalyptus for wood production*. Csiro: National Library of Australia, p.290-315, 1978.
- PEREIRA, D.E.D., DEMUNER, B.J., BERTOLUCCI F.L.G., PASQUALI, S.M. A relação guaiacil/siringil como critério de seleção de árvores e sua importância no processo de designificação. In: Anais do 1º Congresso Latino-Americano de Designificação. Vitória, p.21-31, 1994.
- REIS, A., REIS, M.S., FANTINI, A.C. Manejo de rendimento sustentado de *Euterpe edulis*. São Paulo: USP, 1993. 59p. (mimeografado)
- RIZZINI, C. T. & MORS, W. B. *Botânica Econômica Brasileira*. 2ª ed. Rio de Janeiro, Âmbito Cultural Edições LTDA, 1995. 237p.
- SJÖSTRÖM, E. *Wood Chemistry - Fundamentals and Applications*. New York, Academic Press, 1981. 223p.
- STAMM, A.J. *Wood and Cellulose Science*. New York, The Ronald Press Company, 1964. 549p.
- TAPPI - TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. Official Test Methods, Provisional Test Methods, and Useful Test Methods - Fibrous Materials and Pulp Testing. Atlanta, USA, 1979. np
- VITAL, B.R. *Métodos de determinação da densidade da madeira Viçosa*: Sociedade de Investigações Florestais, 1984. 21p. (Boletim técnico 1).
- WENZL, H.J.F. *The chemical technology of wood*. New York: Academy Press, 1970. 692p.