

## Celulose de buriti (*Mauritia vinifera* Martius)

### Buriti (*Mauritia vinifera* Martius) pulp

Sanatiel de Jesus Pereira  
Graciela Inês Bolzon de Muñiz  
Moacir Kaminski  
Umberto Klock  
Silvana Nisgoski  
Fernando José Fabrowski

---

**RESUMO:** Este trabalho trata da avaliação das propriedades da polpa celulósica obtida a partir das palhas provenientes das folhas da palmácea *Mauritia vinifera* Martius pelo processo kraft, tendo em vista, a sua utilização como matéria-prima alternativa na produção de papel. O álcali ativo foi conduzido em teores de 8,32 a 11,68%; a temperatura máxima variou de 157 a 174 °C; e o tempo na temperatura de 13 a 47 minutos. Para a sulfidez e relação licor / palha foram estabelecidos valores constantes de 20% e 6:1, respectivamente. As pastas foram submetidas a refinações, em moinho Jokro, conduzidas em tempos de 25, 50 e 75 minutos. Embora as fibras não apresentassem, em função das suas características morfológicas, bons coeficientes de flexibilidade e índice de enfiamento, foram obtidos bons resultados em todas as suas propriedades físico-mecânicas, utilizando um refino adequado. Os valores das propriedades físico-mecânicas, em geral, aumentaram com o tempo de refino, observando-se que esta melhoria das propriedades foi causada pelo aumento da flexibilidade das fibras e das ligações entre fibras. *M. vinifera* apresentou valor máximo de rendimento de 66,46%, bastante alto devido, principalmente, aos altos teores de celulose (69,41%) e pentosanas (16,10%) presentes nesta palha. Pelos resultados obtidos esta espécie pode apresentar-se como fonte alternativa não arbórea de matéria-prima para a produção de celulose kraft.

**PALAVRAS-CHAVE:** Polpa, Celulose, Papel kraft, Palmácea, *Mauritia*, Buriti, Produtos não-madeireiros

**ABSTRACT:** This work is about buriti kraft pulp evaluation to be used as raw material for paper production. The active alkali varied from 8,32 to 11,68 percent, the maximum temperature from 157 to 174 °C and the time at maximum temperature from 13 to 47 minutes. It was set a constant value of 20% for the sulfidity and a 6:1 liquor / straw ratio. The pulp was refined in Jokro mill, in times of 25, 50 and 75 minutes. Although the morphological characteristics of the fibers of this palm did not provide good flexibility coefficient and felting index, good results were obtained for all physical-mechanical properties, using an appropriate refine. In general, the physical-mechanical properties values increased with the refining time, being these improvements due to the increase of the fibers flexibility and inter fiber bonding. *Mauritia vinifera* presented a maximum yield of 66,46%, a high value, mainly due to its high cellulose content (69,41%) and pentosans content (16,10%). The results indicate that this specie can be used as non-wood alternative source of raw material for kraft pulp production.

**KEYWORDS:** Pulp, Cellulose, Paper kraft, Palm, *Mauritia*, Buriti, non-wood

## INTRODUÇÃO

A família das palmeiras compreende um pouco mais de 200 gêneros e 2800 espécies de acordo com Kahn (1997), distribuídas pelo mundo todo. Henderson et al. (1995) afirmaram que são, aproximadamente, 200 gêneros e 1500 espécies de palmeiras em todo o mundo, e que destas, 67 gêneros e 550 espécies ocorrem naturalmente nas Américas. Os maiores gêneros são *Chamaedorea*, *Bactris* e *Geonoma*, que juntas formam um terço de todas as palmeiras.

Henderson et al. (1995) dividem a ocorrência das palmeiras em sete regiões nas Américas, e a região Amazônica é a mais extensa de todas, com aproximadamente 6,5 milhões de quilômetros quadrados, que inclui toda a floresta da bacia da Amazônia e Orinoco, como também as Guianas. Henderson (1994) estimou que 34 gêneros e 189 espécies e variedades ocorrem nessa região.

Seguindo o modelo extrativista, algumas palmeiras já tiveram importância econômica muito maior no Brasil, como o babaçu (*Orbignia martiniana*) e a carnaúba (*Copernicia cerifera*) utilizadas, respectivamente, na exploração do óleo e da cera, que pelo desenvolvimento de produtos sintéticos e do aparecimento de novas espécies cultivadas, deixaram de ter importância econômica nas regiões em que ocorrem.

Dueñas (1997) comentando a origem do papel nas civilizações ameríndias, diz que da palmeira chamada "izote" (*izotl*) os antigos mexicanos produziam um dos seus tipos de papel, demonstrando com isso que esta matéria-prima já tem antecedentes papeleiros.

As pesquisas ligadas às palmáceas desenvolvem-se geralmente no âmbito do seu aproveitamento como alimento, principalmente aquelas palmeiras ligadas à produção de palmito como *Euterpe edulis* (palmito) que ocorre na região Centro-Sul do País, e, no Estado de São Paulo (Pedrosa-Macedo et al., 1975; Mattos e Mattos, 1976) e a *Euterpe*

*oleracea* Mart. (açazeiro) que ocorre no Norte do Brasil, e é explorada no Estado do Pará como fornecedora de palmito e do fruto que dá origem ao vinho de açaí (Nogueira, 1982; Calzavara, 1972).

Baseado nas reservas naturais de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) existentes no Estado do Pará, Costa et al. (1974) produziram o primeiro trabalho importante de tecnologia voltada à produção de celulose e papel a partir do estipe e das folhas de palmeiras. As folhas foram primeiramente tratadas através do processo de cozimento sulfato com 20% de álcali ativo e 20% de sulfidez, tendo como tempo de elevação até a temperatura máxima de 90 minutos e um tempo de cozimento de 180 minutos. A pressão durante o cozimento variou de 7 a 8 kgf/cm<sup>2</sup>. Neste processo foi encontrado um rendimento de 21,10%. O segundo processo utilizado foi o cozimento com soda que teve um rendimento de 22%. Pelos resultados das experiências realizadas nesse trabalho, concluiu-se que as fibras do estipe da *Euterpe oleracea* prestam-se ao preparo de papéis para fins industriais e as da folha para papéis finos.

O segundo trabalho que trata da utilização de *Euterpe oleracea* como matéria-prima alternativa para as indústrias de celulose e papel foi desenvolvido por Melo et al. (1975). Nesse trabalho a matéria-prima para a produção de celulose e papel viria do aproveitamento do estipe do açazeiro, subproduto do processo de exploração do palmito. Os exames micrográficos mostraram que os valores médios característicos da fibra encontrados foram de 4,00 mm para o comprimento, de 37,72 mm para largura, de 7,94 mm para diâmetro do lume e 14,89 mm para espessura de parede. De acordo com os autores, pela dispersão em relação ao comprimento das fibras (valor mínimo 2,50 mm e máximo 6,10 mm), estas pertencem à classe de fibras muito longas, e as relações entre as suas dimensões, podem prever

altas resistências ao rasgo em função do alto índice de enfiamento (106,1), como em contrapartida, baixa resistência à ruptura devido ao baixo coeficiente de flexibilidade (0,21%). Adiantam que, devido a estas características, as fibras de *Euterpe oleracea* deverão produzir papel de elevada resistência ao rasgo e de média para baixa resistência à ruptura, podendo servir como material de incorporação na fabricação de papel a partir de polpas de fibras curtas.

Considerando o potencial que representam as palmeiras no Brasil, particularmente da Região Amazônica do norte e nordeste, este trabalho tem por objetivo determinar as características tecnológicas das fibras obtidas a partir das folhas de *Mauritia vinifera* Martius e fornecer subsídios para o seu uso, como matéria-prima alternativa, na obtenção de polpa e papel, baseados nas principais relações das suas dimensões.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Material

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizadas folhas novas de 19 palmeiras, escolhidas ao acaso, da espécie nativa *Mauritia vinifera* Martius, vulgarmente conhecida como buriti, coletadas no município de Barreirinhas, no Estado do Maranhão, Brasil. Do material coletado foi retirado, de forma manual, para os estudos da obtenção de polpa celulósica, o linho, porção da face abaxial da folha, que depois de sofrer secagem natural ao ar livre durante dois dias, foi cortado e reduzido a pedaços de comprimento de aproximadamente 2,5 cm. O material botânico foi identificado e registrado no Herbário Ático Seabra da Universidade Federal do Maranhão (UFMA) e no Laboratório de Dendrologia da Departamento de Silvicultura e Manejo da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

### Métodos

#### Caracterização física

A densidade básica do material foliar foi calculada em corpos de prova em triplicata pela relação entre a massa seca da amostra determinada em estufa à temperatura de  $105 \pm 3^\circ\text{C}$ , até peso constante, e seu volume saturado em água, determinado pelo deslocamento da água em proveta graduada conforme procedimento preconizado por Azzini et al. (1981).

#### Caracterização morfológica

Foram confeccionadas no Laboratório de Anatomia da Madeira do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR lâminas permanentes para determinação das características morfológicas das fibras e seu comportamento frente aos cozimentos efetuados. Pela análise microscópica das fibras das espécies estudadas, foram determinadas as seguintes características: comprimento da fibra (l); diâmetro da fibra (D); diâmetro do lume (d) e espessura da parede celular (e), calculada como a metade da diferença entre o diâmetro da fibra e o diâmetro do lume. A partir das características levantadas, foram determinados, conforme preconizam Milanez e Foelkel (1981) e Azzini et al. (1984), as seguintes relações: Coeficiente de flexibilidade (CF), Fração parede (FP), Índice de enfiamento (IE), Índice de Runkel (IR), Índice de Boiler (IB), Índice de Mulsteph (IM). Tanto para as descrições microscópicas como para as mensurações dos elementos celulares foram seguidas as recomendações de Muñiz e Coradin (1991) e da COPANT (1974).

#### Caracterização química

Com base nas normas técnicas da Technical Association of Pulp and Paper Industry (TAPPI), norte americana, e da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) foram realizadas aná-

lises em triplicata dos constituintes químicos da espécie em estudo. Foram feitos os seguintes ensaios de caracterização: Solubilidade em Água Fria e Quente, em Hidróxido de Sódio a 1%, em Álcool-Benzeno, Extrativos Totais, Cinzas, Celuloses "Cross & Bevan", Lignina e Pentosanas. Os ensaios de caracterização química foram realizados no Laboratório de Polpa e Papel do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR.

### Produção de celulose

#### Processo

Para a produção de polpa celulósica foi adotado o processo kraft, que utiliza o hidróxido (NaOH) e o sulfeto de sódio (Na<sub>2</sub>S) no cozimento como agentes deslignificantes. Todos os ensaios relativos à produção de celulose foram realizados no Laboratório de Polpa e Papel do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR.

### Cozimento

Os cozimentos foram realizados em autoclave rotativo de aço inoxidável - modelo AU/E-20, da marca REGMED, com 2 a 3 rpm, com capacidade de 20 litros, aquecido através de resistência elétrica e dotado de instrumentos de controle de temperatura (termômetro) e pressão (manômetro). Foram digeridos 300 gramas de palhas absolutamente secas em 10 cozimentos e 250 gramas em 7 cozimentos. As condições de cozimento se encontram expressas na Tabela 1.

### Rendimento em celulose

As celuloses, depois do cozimento, foram lavadas e desfibradas em refinador de disco (BAUER) - modelo MD-300, da marca REGMED. Em seguida foram retiradas amostras em triplicata que foram secas em estufa a 105±3°C até peso constante para determinação de suas porcentagens absolutamente secas e cálculo

**Tabela 1**

Condições de Cozimento para o processo Kraft da espécie *Mauritia vinifera*  
(Cooking conditions for kraft process of *Mauritia vinifera*)

Cozimento	Variáveis			Constantes	
	Alcali Ativo (%)	Temperatura Máxima (°C)	Tempo na Temperatura Máxima (Minutos)	Sulfidez (%)	Relação Licor-Madeira
1	9	160	20	20	6:1
2	11	160	20	20	6:1
3	9	170	20	20	6:1
4	11	170	20	20	6:1
5	9	160	40	20	6:1
6	11	160	40	20	6:1
7	9	170	40	20	6:1
8	11	170	40	20	6:1
9	10	165	30	20	6:1
10	10	165	30	20	6:1
11	8,32	165	30	20	6:1
12	11,68	165	30	20	6:1
13	10,0	157	30	20	6:1
14	10,0	174	30	20	6:1
15	10,0	165	13	20	6:1
16	10,0	165	47	20	6:1
17	10,0	165	30	20	6:1

dos rendimentos brutos das mesmas. Este procedimento seguiu as recomendações da Norma ABNT NBR 13998:1997.

#### Determinação do número kappa

Para avaliar o grau de deslignificação da polpa produzida foi determinado o número kappa das celuloses de acordo com as Normas TAPPI T 236 cm-85 e ABNT NBR 7537:1997.

#### Confecção da folha

##### Refinação

As refinações das pastas celulósicas foram feitas utilizando um moinho JOKRO - modelo MJ/K6, da marca REGMED, para uma consistência de 6%, e executadas de acordo com a Norma ABNT NBR 14346:1999. As refinações foram conduzidas em tempos de 25, 50 e 75 minutos a 150 rpm. Estes tempos foram adotados em função dos valores de drenabilidade (Grau Schopper Riegler - °SR) encontrados nos ensaios preliminares para as espécies em estudo (Pereira e Fabrowski, 1999). Foram executados 4 refinamentos por cozimento, incluindo o tempo zero minutos, perfazendo um total de 68 refinamentos. O grau de refinação (°SR), para cada amostra do cozimento, foi obtido utilizando o aparelho Schopper Riegler - modelo SR/A, da marca REGMED, de acordo com

as recomendações da Norma ABNT NBR 14031:1998.

#### Formação das folhas para teste

A formação de folhas foi feita em formador de folhas tipo RAPID-KÖTHEN - modelo F/SS2, de dois secadores, da marca REGMED, a partir de suspensão de polpa refinada e diluídas de modo a obter-se uma gramatura em torno de 60 g/m<sup>2</sup>. Para cada tempo de moagem, inclusive o tempo zero, foram formadas 7 folhas, perfazendo um total de 476 folhas. As folhas foram preparadas de acordo com as recomendações da Normas TAPPI T 205 om-88 e ABNT NBR 14380:1999.

#### Acondicionamento das folhas

Após a formação, as folhas destinadas à realização dos testes físico-mecânicos, foram acondicionadas em atmosfera normalizada, em ambiente climatizado, à temperatura de (23±1)°C e (50±2)% de umidade relativa, de acordo com a Norma ABTCP P4:1994 em conformidade com a Norma TAPPI T 402 om-93.

#### Ensaio físico-mecânicos

Os ensaios físico-mecânicos das folhas seguiram as normas da TAPPI, ABNT e ABTCP, conforme Tabela 2.

**Tabela 2**

Normas para os ensaios físicos mecânicos da polpa  
(Norms to physical-mecanical pulp tests)

Ensaio	Norma	Unidade
Gramatura	TAPPI T 220 om-88/ABTCP P6:1996	g/m <sup>2</sup>
Densidade Aparente	TAPPI 220 om-88/ABNT P5:1994	g/cm <sup>3</sup>
Volume Específico	TAPPI 220 om-88/ABNT P5:1994	cm <sup>3</sup> /g
Comprimento de Auto-ruptura	ABTCP P7:1994	km
Índice de Tração	ABTCP P7:1994	N.m/g
Índice de Arrebetamento	ABTCP P8:1994	KPa.m <sup>2</sup> /g
Índice de Rasgo	ABTCP P9:1994	nN.m <sup>2</sup> /g
Permeância ao Ar	TAPPI T460 e T536/ABTCP P32:1994	S/100ml
Opacida e Alvura	ABTCP P18/73 e P16/73	%

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Propriedades das palhas

#### Densidade básica

A densidade básica das folhas de *Mauritia vinifera* apresentou um valor médio de 0,172 g/cm<sup>3</sup> distante dos valores observados para *Pinus elliottii* (0,316 g/cm<sup>3</sup>), *Pinus taeda* (0,347 g/cm<sup>3</sup>) e *Pinus caribaea* (0,353 g/cm<sup>3</sup>) por Foelkel (1975). Estes valores são relativamente baixos, quando comparados com os encontrados nas matérias-primas empregadas na produção de celulose e papel classificadas como não madeiras, tais como: *Bambusa vulgaris* Schrad (Azzini, 1976; Tomazello Filho e Azzini, 1988) que variou de 0,428 g/cm<sup>3</sup> a 0,810 g/cm<sup>3</sup> e *B. tuldooides* Munro (Azzini et al., 1988), que apresenta uma densidade média de 0,646 g/cm<sup>3</sup>. Para o bambu nativo do Acre, Corrêa et al. (1977) e Corrêa e Frazão (1994), observaram valores de densidade em torno de 0,64 g/cm<sup>3</sup> e 0,42 g/cm<sup>3</sup> (*Guadua weberbaueri* Pilger), respectivamente.

#### Caracterização morfológica

Na Tabela 3 estão apresentadas as características morfológicas das fibras de buriti, assim como as principais relações que as caracterizam como matéria-prima fibrosa para a produção de celulose e papel.

O comprimento médio das fibras do buriti (1,60 mm) caracterizam-nas, de acordo com a COPANT (1974), como fibras curtas, embora esta dimensão seja superior a muitas espécies não arbóreas, como o bagaço de cana (0,49-1,30 mm) observado por Barrichelo et al. (1976); o lenho da crotalária (0,71-0,83 mm) observado por Azzini et al. (1981); o lenho da juta (0,70-0,82 mm) observado por Azzini et al. (1986); e da malva (1,12 mm) observado por Cronis (1985). Nas espécies arbóreas comumente usadas na produção de polpa e papel, como as fibras de eucalipto (0,90-1,03 mm), ainda se encontram em patamares inferiores ao do buriti (Cronis, 1985; Machado et al., 1987; Marques et al., 1979). Estas relações entre as dimensões das fibras não serão muito favorecidas, principalmente pelo baixo valor médio do lume, que, devido a estas dimensões, não favorecerá o aparecimento de muitas ligações entre as fibras. Muito embora a maioria da literatura especializada afirme que baixo valor do diâmetro do lume pode proporcionar baixos valores em algumas propriedades de resistência físico-mecânicas do papel produzido com estas fibras celulósicas, Pereira (2001) chegou à conclusão que esta concepção pode não se confirmar em palmáceas.

**Tabela 3**

Características morfológicas e propriedades das fibras de buriti (Morphological characteristics and properties of buriti fibers)

Características Morfológicas/Propriedades	Dimensões das Fibras			
	Média	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão
Comprimento da fibra (µm)	1,60	2,65	1,00	0,37
Largura da fibra (µm)	10,03	12,50	5,00	1,76
Diâmetro do Lume (µm)	3,42	7,50	1,75	1,46
Espessura da Parede (µm)	3,30	5,00	1,25	0,92
Coefficiente de Flexibilidade (%)	34,27	75,00	20,00	12,88
Índice de Enfeltramento	165,25	316,00	87,20	46,85
Fração Parede (%)	65,73	80,00	25,00	12,88
Índice de Runkel	2,29	4,00	0,33	1,05
Índice de Boiler	0,78	0,92	0,28	0,15
Índice de Mulsteph	0,87	0,96	0,44	0,11

(1) Média de 100 fibras.

### Caracterização química

*M. vinifera* na sua caracterização química apresentou solubilidade em água fria de 5,65%, em água quente de 7,8%, em etanol benzeno de 8,28%, em NaOH 1% de 23,51%, teor de lignina de 16,94%, teor de celulose Cross & Bevan de 69,41%, teor de pentosanas de 16,1%, teor de cinzas de 2,15% e teor de extrativos totais de 13,47%. As palhas das folhas de *Mauritia vinifera*, pelos valores encontrados, apresentam-se como um material com alto teor de celulose, baixo teor de lignina e alto teor de pentosanas, podendo gerar, com estes valores, alto índice de rendimento na produção de polpa kraft.

### Produção de celulose

#### Rendimento em celulose

O rendimento variou de um mínimo (cozimento 6) de 44,54% (para n° Kappa de 13,90) para um máximo (cozimento 11) de 66,46% (para n° Kappa de 28,54) e um valor médio para os cozimentos de 54,32%. O n° Kappa para estes cozimentos variou de um valor mínimo de 13,48 (para rendimento de 49,35%) a um máximo de 29,60 (para rendimento de 55,20%), tendo um valor médio para todos os cozimentos de 20,93.

O valor do rendimento mínimo apresentou-se superior à maioria dos valores das espécies não arbóreas encontrados na bibliografia consultada. Azzini (1976) encontrou para *Bambusa vulgaris* valores de rendimento médio de 37,31% (para um n° Kappa de 40,43), enquanto Gomide et al. (1992) encontraram um valor de 39,40% (para um n° Kappa de 29,10), ambos utilizando processo kraft. Corrêa e Frazão (1994) obtiveram um rendimento de 45,90% (para um n° kappa de 21,30) para *Guadua weberbaueri*, um tipo de bambu nativo do Acre, também utilizando processo kraft. Próximos estão os valores de rendimentos encontrados para o bagaço de cana (46,06-51,64%) por Medeiros e Rossi (1985) utilizando processo soda.

### Tempo de refino

As polpas de *Mauritia vinifera* apresentaram índices de drenabilidade médios entre 20 e 49 °SR para tempo de refino de 25 a 75 minutos. Verificou-se que o aumento do tempo de refino nesta espécie pode causar problemas de drenabilidade na formação da folha. Os valores da porosidade, comprimento de auto-ruptura, índices de tração e estouro aumentaram com o tempo de refino. A média dos índices de rasgo aumentou no primeiro refino (25 minutos) e decresceu com a continuidade dos refinamentos até o final destes ensaios (75 minutos).

### Características da celulose

#### Índice de tração

Os melhores valores de índice de tração foram obtidos no tempo de refino de 75 minutos apresentados na Tabela 4. O maior valor (90,4686 N.m/g) foi para o cozimento número 2 (MV02-75) e o menor valor (70,9210 N.m/g) foi para o cozimento 5 (MV05-75) e a média dos valores no tempo de 75 minutos de refino ficou em 79,4770 N.m/g.

Os valores máximos alcançados e as médias observadas nestes ensaios apresentaram-se superiores aos valores verificados em literatura para quase todas as matérias-primas consideradas não arbóreas. Somente o quenafe (*Hibiscus cannabinus*) pesquisado por Ciaramello e Azzini (1971) apresentou um valor máximo igual a 95,22 N.m/g, de índice de tração. Corrêa et al. (1977) encontraram, para uma espécie de bambu do Acre, um valor para o índice de tração de 61,17 N.m/g.

Os valores máximos observados para o índice de tração de *M. vinifera* encontraram-se dentro dos valores dos *Eucalyptus* spp (75,51-99,05 N.m/g) e um pouco acima dos *Pinus* spp (58,43-77,47 N.m/g) encontrados na literatura (Foelkel et al. 1975; Brasil et al., 1972; Foelkel, 1975).

**Tabela 4**  
 Resumo parcial das propriedades físico-mecânicas *Mauritia vinifera* Martius - Refino 75  
 (Partial summary of physical-mechanical properties of *Mauritia vinifera* Martius - Refine 75)

Tratamentos (Cozimento / Refinos)	Resultados													
	Grau Schopper Riegler (°SR)	Gramatura (g/m²)	Densidade Aparente (g/cm³)	Volume Específico Aparente (VEA) (cm³/g)	Alongamento (%)	Comprimento de Autoruptura (km)	Índice de Tração (N.m/g)	Índice de Rasojo (mN.m²/g)	Índice de Estouro (kPa.m²/g)	Alvura (%)	Opacidade (%)	Porosidade s/100cm³-ar	Rendimento (%)	Nº Kappa
MV01-75	70	54,0468	0,6275	1,5936	2,8833	7,5161	73,7076	8,7095	5,4616	35,5000	93,2000	47,7780	59,81	27,56
MV02-75	43	59,0172	0,5247	1,9059	3,6833	9,2252	90,4686	18,3979	7,1618	36,3200	93,8300	7,7590	50,78	18,16
MV03-75	60	54,0468	0,5629	1,7764	3,1333	8,2808	81,2074	12,6578	6,2599	36,3500	94,1400	23,6210	58,58	25,31
MV04-75	36	61,2324	0,5172	1,9335	3,6167	8,9350	87,6226	20,6023	6,6624	36,9600	94,2200	4,2920	49,35	13,48
MV05-75	52	60,5647	0,6906	1,4480	2,9833	7,2319	70,9210	13,0572	5,6672	32,3400	95,3500	13,8340	58,01	24,12
MV06-75	41	60,6490	0,5060	1,9765	3,5000	8,4347	82,7157	21,2144	6,8074	36,4700	93,9500	3,2230	44,54	13,90
MV07-75	56	56,1435	0,5640	1,7730	3,0500	7,3225	71,8096	12,1851	5,5371	31,1700	95,0100	15,8740	57,10	25,79
MV08-75	38	61,2387	0,5129	1,9496	3,1667	7,9688	78,1474	20,7027	6,5176	39,5200	94,3600	3,2210	47,49	13,90
MV09-75	49	58,5211	0,5410	1,8484	3,4000	8,7414	85,7234	17,2669	7,1052	41,0300	92,9100	10,2850	58,75	16,96
MV10-75	44	62,0000	0,5331	1,8756	3,4167	7,9068	77,5390	16,9054	6,1212	42,0400	94,2600	7,0220	57,41	16,31
MV11-75	59	53,0016	0,5847	1,7101	2,8833	7,4799	73,3528	11,0127	5,4583	35,3100	94,0700	25,6220	66,46	28,54
MV12-75	58	62,0343	0,5324	1,8782	3,1167	7,4869	73,4217	13,3550	5,6594	45,6100	93,4500	6,5450	52,07	14,98
MV13-75	49	52,1154	0,5021	1,9917	2,8167	8,0505	78,9480	16,2580	6,1344	37,0200	93,5400	7,6660	55,20	29,60
MV14-75	50	60,2933	0,5288	1,8909	3,4000	8,6098	84,4333	18,8413	5,9367	42,9900	92,9700	6,9540	49,18	14,12
MV15-75	45	55,3916	0,5237	1,9095	3,1333	8,1601	80,0231	15,1831	5,3821	36,8200	93,8200	9,1300	54,71	24,60
MV16-75	42	59,7473	0,4998	2,0009	2,8167	7,6098	74,8270	16,4923	5,4985	36,4900	94,7700	4,5080	53,19	24,99
MV17-75	48	55,9688	0,5359	1,8659	3,2500	8,8144	86,4401	16,1479	5,9924	33,7500	94,2600	7,3650	50,91	23,63
Média		58,0007	0,5463	1,8428	3,1912	8,1044	79,4770	15,8229	6,0802	37,3935	94,0065	12,0411	54,33	20,94
Desvio Padrão		3,3696	0,0494	0,1464	0,2746	0,6149	6,0301	3,5934	0,5907	3,7766	0,6727	11,2863	5,43	5,85
Maior Valor	70	62,0343	0,6906	2,0009	3,6833	9,2252	90,4686	21,2144	7,1618	45,6100	95,3500	47,7780	66,46	29,60
Menor Valor	36	52,1154	0,4998	1,4480	2,8167	7,2319	70,9210	8,7095	5,3821	31,1700	92,9100	3,2210	44,54	13,48



**Tabela 5**  
Resumo parcial das propriedades físico-mecânicas de *Mauritia vinifera* Martius - Refino 25  
(Partial summary of physical-mechanical properties of *Mauritia vinifera* Martius - Refine 25)

Tratamentos (Cozimento / Refinos)	Resultados													
	Grau Schopper Riegler (°SR)	Gram- tura (g/m <sup>2</sup> )	Densidade Aparente PEA (g/cm <sup>3</sup> )	Volume Específico Aparente VEA (cm <sup>3</sup> /g)	Alonga- mento (%)	Comprimento de Autoruptura (km)	Índice de Tração (N.m/g)	Índice de Rasgo (mN.m <sup>2</sup> /g)	Índice de Estouro (kPa.m <sup>2</sup> /g)	Alvura %	Opacidade %	Porosidade s/100cm <sup>3</sup> ar	Rendimento (%)	Nº Kappa
MV01-25	24	52,6771	0,4941	2,0238	2,4667	7,0704	69,3367	13,5826	5,1588	34,1000	93,1700	1,1050	59,81	27,56
MV02-25	21	58,5803	0,4671	2,1410	2,6667	7,5566	74,1047	20,6779	5,9094	36,7700	93,8200	0,6380	50,78	18,16
MV03-25	22	52,9735	0,4605	2,1717	1,9667	6,4771	63,5184	17,8904	4,5355	36,2400	93,8000	0,6560	58,58	25,31
MV04-25	19	59,9220	0,4661	2,1455	2,7167	7,3132	71,7177	22,6239	5,1879	37,4300	93,9700	0,4900	49,35	13,48
MV05-25	19	52,8300	0,4307	2,3220	1,7833	5,8637	57,5034	17,7014	3,7497	33,5400	94,2400	0,3530	58,01	24,12
MV06-25	21	63,4477	0,4659	2,1462	2,6667	7,1100	69,7253	23,0484	5,1160	36,2800	94,7300	0,5410	44,54	13,90
MV07-25	21	54,3994	0,4360	2,2934	2,0000	5,9397	58,2481	18,3444	3,7136	32,5600	94,0600	0,4020	57,10	25,79
MV08-25	20	60,6053	0,4671	2,1407	2,5333	6,9521	68,1767	21,7475	4,6440	37,1000	94,3700	0,4750	47,49	13,90
MV09-25	22	58,3214	0,4603	2,1723	2,5167	7,4758	73,3127	28,1951	5,9356	41,3900	92,9800	0,7560	58,75	16,96
MV10-25	20	62,4306	0,4425	2,2600	2,2667	6,7417	66,1132	20,1064	4,9480	42,1100	94,3700	0,6070	57,41	16,31
MV11-25	27	55,2730	0,4850	2,0619	2,0667	6,2960	61,7429	16,6919	4,1517	36,4500	94,6600	1,2490	66,46	28,54
MV12-25	20	62,5023	0,4484	2,2300	2,3667	6,3429	62,2027	22,1920	4,2520	44,9400	93,7300	0,5100	52,07	14,98
MV13-25	19	51,9657	0,4189	2,3870	2,0167	6,8250	66,9306	19,5659	4,9443	36,6100	93,0900	0,4350	55,20	29,60
MV14-25	21	60,5179	0,4606	2,1709	2,6833	7,4542	73,1008	23,9568	4,6831	43,0000	92,9800	0,5630	49,18	14,12
MV15-25	17	54,5460	0,4235	2,3613	1,9167	6,3637	62,4064	18,9855	3,9194	37,1100	93,5600	0,3160	54,71	24,60
MV16-25	20	57,8690	0,4156	2,4063	2,0333	6,3822	62,5884	22,3420	4,1010	35,9600	94,5200	0,3550	53,19	24,99
MV17-25	18	55,1295	0,4484	2,2302	2,2833	7,3121	71,7074	20,9476	4,5894	33,5500	93,8100	0,4020	50,91	23,63
Média		57,2936	0,4524	2,2155	2,2912	6,7927	66,6139	20,5059	4,6787	37,3612	93,8741	0,5796	54,33	20,94
Desvio Padrão	3,8380	0,0223	0,1101	0,3106	0,5435	5,3304	3,3088	0,6667	3,5098	0,5744	0,2557	5,43	5,85	
Maior Valor	27	63,4477	0,4941	2,4063	2,7167	7,5566	74,1047	28,1951	5,9356	44,9400	94,7300	1,2490	66,46	29,60
Menor Valor	17	51,9657	0,4156	2,0238	1,7833	5,8637	57,5034	13,5826	3,7136	32,5600	92,9800	0,3160	44,54	13,48

### Índice de rasgo

Observou-se que os melhores valores do índice de rasgo para *Mauritia vinifera* ocorreram no refino de 25 minutos (Tabela 5). O maior valor (28,1951 mN.m<sup>2</sup>/g) ocorreu no cozimento 9 (MV09-25) e o menor (13,5826 mN.m<sup>2</sup>/g) no cozimento 1 (MV01-25). A média do índice de rasgo, em todos os cozimentos de refino de 25 minutos, ficou em 20,5059 mN.m<sup>2</sup>/g.m. Observou-se, na literatura especializada, que os índices de rasgo para a maioria das espécies não arbóreas são baixos, chegando a um valor de 15,89 mN.m<sup>2</sup>/g para o bambu do Acre pesquisado por Corrêa et al. (1977). Os valores de rasgo de *Mauritia vinifera* são superiores aos valores encontrados na literatura para *Eucalyptus* spp (11,87-16,67 mN.m<sup>2</sup>/g) e *Pinus* spp (11,38-15,10 mN.m<sup>2</sup>/g) (Foelkel et al., 1975; Brasil et al., 1972; Foelkel, 1975).

### Índice de arrebetamento

Os melhores valores do índice de arrebetamento concentraram-se no refino de 75 minutos (Tabela 4). O maior valor (7,1616 kPa.m<sup>2</sup>/g) de todos os experimentos ocorreu no cozimento 2 (MV02-75) e o menor valor (5,3821 kPa.m<sup>2</sup>/g) ocorreu no cozimento 15 (MV15-75), e a média dos índices de arrebetamento, neste refino, foi de 6,0802 kPa.m<sup>2</sup>/g.

Os melhores valores alcançados para o índice de arrebetamento estão bem acima da maioria das espécies não arbóreas, ficando próximas dos valores do quenafe (5,59 kPa.m<sup>2</sup>/g) encontrado por Ciaramello e Azzini (1971) e da palha de trigo (6,08 kPa.m<sup>2</sup>/g) encontrado por Danilas e Ceragioli (1982). O intervalo de variação dos melhores valores de *Mauritia vinifera* (5,38-7,16 kPa.m<sup>2</sup>/g) encontrou-se dentro das variações de *Eucalyptus* spp. (4,90-7,11 kPa.m<sup>2</sup>/g) e de *Pinus* spp. (4,33-5,79 kPa.m<sup>2</sup>/g) encontrados na literatura (Foelkel et al., 1975; Brasil et al., 1972; Foelkel, 1975).

## CONCLUSÕES

Embora o valor da densidade das palhas de *Mauritia vinifera* Martius se encontre em patamares abaixo das espécies empregadas na indústria de celulose e papel, a sua importância como fibra alternativa está na sua resposta aos ensaios físico-mecânicos e seu rendimento frente àquelas já consagradas.

Apesar das fibras de buriti não apresentarem o perfil completo das características morfológicas de fibras papeleiras e, contrariando, em parte, os coeficientes usualmente utilizados para pré-diagnosticar o desempenho de uma fibra para fins papeleiros, estas podem ser utilizadas na produção de papel kraft com bons índices de resistência físico-mecânica.

## AUTORES E AGRADECIMENTOS

SANATIEL DE JESUS PEREIRA é Professor Adjunto do Departamento de Desenho e Tecnologia da UFMA - Universidade Federal do Maranhão - Campus Universitário do Bacanga - São Luis, MA - 65080-040 - E-mail: sanatiel@elo.com.br

GRACIELA INÊS BOLZON DE MUÑIZ é Professora Titular do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR - Universidade Federal do Paraná - Av. Pref. Lothário Meissner, 3400. Jardim Botânico - 80210-170. Curitiba, PR - E-mail: gbmunize@ufpr.br

MOACIR KAMINSKI é Professor Titular do Departamento de Química Tecnológica da UFPR - Universidade Federal do Paraná - Jardim das Américas - 81.531-990 - Curitiba, PR - E-mail: moacir@engquim.ufpr.br

UMBERTO KLOCK é Professor Assistente do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR - Universidade Federal do

Paraná - Av. Prof. Lothário Meissner, 3400. Jardim Botânico - 80210-170. Curitiba, PR - E-mail: klokuer@floresta.ufpr.br

SILVANA NISGOSKI é Doutoranda pela UFPR - Bolsista CAPES - Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal - Av. Prof. Lothário Meissner, 3400 - Jardim Botânico - Curitiba, PR - 80210-170 - E-mail: silnis@yahoo.com.br

FERNANDO JOSÉ FABROWSKI é Doutorando pela UFPR - Rua Izidoro chanoski, 300 - 80.820- 580 - Curitiba, PR - E-mail: fjabrowski@yahoo.com.br

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABTCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. **Manual de pasta celulósica e papel.** São Paulo: ABTCP, 1994.

AZZINI, A. A influência das dimensões dos cavacos de *Bambusa vulgaris* Schrad no rendimento, porcentagem de rejeitos, número kappa e alvura da celulose obtida pelo processo sulfato. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 9, São Paulo, 1976. **Anais.** São Paulo: ABTCP, 1976. p.201-213.

AZZINI, A.; BENATTI JUNIOR, R.; ARRUDA, M.C.Q. Características tecnológicas dos caules de juta visando a produção de pastas celulósicas para papel. **Bragantia**, v.45, n.2, p.249-255, 1986.

AZZINI, A.; CIARAMELLO, D.; SALGADO, A.L.B.; TOMAZELLO FILHO, M. Densidade básica do colmo e fibras celulósicas em progênies de *Bambusa tuldoides* Munro. **Bragantia**, v.47, n.2, p.239-246, 1988.

AZZINI, A.; SALGADO, A.L.B.; TEIXEIRA, J.P.F. Curva de maturação da *Crotalaria juncea* L. em função da densidade básica do caule. **Bragantia**, v.40, n.1, p.1-10, 1981.

AZZINI, A.; SAVY FILHO, A.; SALGADO, A.L.B.; ARNALDI, F.Z. Deslignificação dos resíduos agrícolas da cultura da mamona para a produção de celulose. **Bragantia**, v.43, n.2, p.519-530, 1984.

BARRICHELO, L.E.G.; FOELKEL, C.E.B.; BRITO, J.O. Características anatômicas, químicas e celulósicas do bagaço de quatro variedades de cana-de-açúcar. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 9, São Paulo, 1976. **Anais.** São Paulo: ABTCP, 1976. p.97-106.

BRASIL, M.A.M.; FOELKEL, C.E.B.; BARRICHELO, L.E.G.; HIGA, A.R. Variação das características e das propriedades físico-mecânicas com refinação da celulose sulfato de madeira de *Eucalyptus saligna* Smith. **IPEF**, n.5, p.33-45, 1972.

CALZAVARA, B.B.G. As possibilidades do açazeiro no estuário amazônico. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PLANTAS DE INTERESSE ECONÔMICO DA FLORA AMAZÔNICA, Belém, 1972. **Anais.** Belém: 1972. (Boletim, 5).

CIARAMELLO, D.; AZZINI, A. Resultados preliminares sobre o estudo do quenafe como matéria-prima para papel. **Bragantia**, v.30, n.1, p.19-30, 1971.

COPANT - COMISSÃO PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS. Madeiras: descripción de características generales macroscópicas y microscópicas de la madera *Angiospermae dicotiledoneae*. **Norma C30:1-19, 1974.**

CORRÊA, A.A.; FRAZÃO, F.J.L. O bambu do Estado do Acre, uma nova aproximação. **O papel**, v.47, n.11, p.20-30, 1994.

CORRÊA, A.A.; LUZ, C.N.R.; FRAZÃO, F.J.L. Características papeleiras dos bambus da região do Acre da Amazônia. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 10, São Paulo, 1977. **Anais.** São Paulo: ABCP, 1977. p.97-112.

CRONIS, M.D.C. Caracterização de alguns materiais não lenhosos visando a avaliação do seu potencial como matéria-prima na fabricação de pasta celulósica. **O papel**, v.46, n.4, p.29-36, 1985.

DANILAS, R.M.; CERAGIOLI, G. Produção de pastas celulósicas de palha de trigo por cozimento carbonato-oxigênio. **O papel**, v.43, n.8, p.43-46, 1982.

DUEÑAS, R.S. **Obtención de pulpas y propiedades de las fibras para papel.** Guadalajara: Universidad de Guadalajara, 1997.

FOELKEL, C.E.B. Celulose Kraft de *Pinus* spp. In: CONVENÇÃO ANUAL DA ABCP, 8, São Paulo, 1975. **Anais.** São Paulo: ABTCP, 1975. p.193-211.

FOELKEL, C.E.B.; BARRICHELO, L.E.G.; MILANEZ, A.F. Estudo comparativo das madeiras de *Eucalyptus saligna*, *E. paniculata*, *E. citriodora*, *E. maculata* e *E. tereticornis* para produção de celulose sulfato. **IPEF**, n.10, p.17-37, 1975.

GOMIDE, J.L.; COLODETTE, J.L.; CAMPOS, A.S. Deslignificação com oxigênio da polpa kraft de bambu. **O papel**, v.53, n.2, p.25-31, 1992.

- HENDERSON, A. **The palms of Amazon**. New York: Oxford University Press, 1994.
- HENDERSON, A.; GALEANO, G.; BERNAL, R. **Field guide to the palms of the Americas**. Princeton: Princeton University Press, 1995.
- KAHN, F. **Les palmiers de l'Eldorado**. Paris: Éditions de l'Orstom, 1997.
- MACHADO, F.J.J.; GOMIDE, J.L.; CAMPOS, W.O.; CAPITANI, L.R. Estudo comparativo das madeiras de *Eucalyptus torelliana* e *Eucalyptus grandis* para produção de polpa kraft. **O papel**, v.48, n.8, p.56-60, 1987.
- MARQUES, A.R.; FOELKEL, C.E.B.; OLIVEIRA, L.M. Otimização da relação tempo-temperatura na produção de celulose kraft de *Eucalyptus urophylla* de origem híbrida. **O papel**, v.40, n.12, p.161-171, 1979.
- MATTOS, M.D.L.; MATTOS, C.C.L.V. Palmito juçara *Euterpe edulis* Mart (Palmae): uma espécie a plantar, manejar e proteger. **Brasil florestal**, v.7, n.27, p.9-20, 1976.
- MEDEIROS, J.; ROSSI, H. Estudo comparativo de pastas celulósicas de bagaço de cana obtidas pelo processo soda a quente. **O papel**, v.46, n.8, p.69-73, 1985.
- MELO, C.F.M.; WISNIEWSKI, A.; ALVES, S.M. Possibilidades papeleiras do açazeiro. **O papel**, v.36, n.1, p.33-43, 1975.
- MILANEZ, A.C.; FOELKEL, C.E.B. Processos de deslignificação com oxigênio para a produção de celulose de eucalipto. In: CONGRESSO ANUAL DA ABCP, 14, 1981. **Anais**. São Paulo: ABTCP, 1981. p.37-110.
- MUÑIZ G.I.B.; CORADIN, V.R. **Normas de procedimentos em estudo de anatomia da madeira: 1- Angiospermae, 2- Gimnospermae**. Brasília: Laboratório de Produtos Florestais, 1991. (Série técnica, 15)
- NOGUEIRA, J.N. **Palmito: produção, pré-processamento e transformação agroindustrial**. São Paulo: Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, 1982. 65p. (Série Extensão Agroindustrial, 6)
- PEDROSA-MACEDO, J.H.; RITTERSHOFER, F.O.; DESSEWFFY, A. **A silvicultura e a indústria do palmito**. Porto Alegre: Instituto de Pesquisas de Recursos Naturais Renováveis, 1975. 61p.
- PEREIRA, S.J. **Avaliação das características e propriedades da polpa celulósica de *Mauritia vinifera* Martius e *Bactris inundata* Martius (Palmae) pelo processo kraft**. Curitiba, 2001. 176p. Tese (Doutorado). Universidade Federal do Paraná.
- PEREIRA, S.J.; FABROWSKI, F.J. **Processo sulfato ou kraft, condições de cozimento de *Araucária angustifolia*, *Eucalyptus deanei*, *Mauritia vinifera* e *Bactris inundata*: relatório final**. Curitiba: UFPR / Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, 1999.
- TAPPI - TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY. **Test methods: 1994-1995**. Atlanta: TAPPI Press, 1994.
- TOMAZELLO FILHO, M.; AZZINI, A. Variação e estrutura dos colmos de bambu (*Bambusa vulgaris* Schrad). **O papel**, v.49, n.12, p.155-161, 1988.