

Celulose de tucum (*Bactris inundata* Martius)

Tucum pulp (*Bactris inundata* Martius)

Sanatiel de Jesus Pereira
Graciela Inês Bolzon de Muniz
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 *Bactris inundata* 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 10, 30 e 40 minutos. Embora as fibras não apresentassem, em função das suas características morfológicas, bons coeficientes de flexibilidade e índice de enfeltramento, obtiveram-se 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. *Bactris inundata* apresentou valor máximo de rendimento bruto de 60,34%, bastante alto devido, principalmente, aos altos teores de celulose (65,48%) 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, *Bactris*, Tucum

ABSTRACT: This work is about tucum kraft pulp evaluation to be used as raw material for paper production. The active alkali varied from 8,32 to 11,68, 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 10, 30 and 40 minutes. Although the morphological characteristics of the fibers of this palm did not supply 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, observing that these improvements were due to the increase of the fibers flexibility and the connections between them. *Bactris inundata* presented a maximum yield of 60,34%, a high value, mainly due to the high straw cellulose content (65,48%). 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, *Bactris*, Tucum

INTRODUÇÃO

De acordo com Kahn (1997) a família das palmeiras, distribuída pelo mundo todo, compreende um pouco mais de 200 gêneros e 2800 espécies. Já Henderson et al. (1995) afirmaram

que são, aproximadamente, 200 gêneros e 1500 espécies de palmeiras, e que destas, 67 gêneros e 550 espécies ocorrem naturalmente nas Américas.

As regiões mais ricas em palmeiras encontram-se nas tropicais da América, do sudeste da Ásia, de Madagascar, da Oceania e da Austrália. Cinco das seis subfamílias estão representadas na Amazônia e 550 espécies ocorrem naturalmente nas Américas (Kahn, 1997; Henderson et al. (1995). Os maiores gêneros são *Chamaedorea*, *Bactris* e *Geonoma*, que juntos 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, incluindo toda a floresta da bacia da Amazônia e Orenoco, como também as Guianas. Henderson (1994) estimou que 34 gêneros e 189 espécies e variedades ocorrem nessa região).

De acordo com Dueñas (1997), da palmeira chamada “izote” (izotl) os antigos mexicanos, nas civilizações ameríndias, produziam um dos seus tipos de papel, demonstrando com isso que as palmeiras já possuem um antecedente papelheiro.

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 de material proveniente de palmáceas. A pesquisa utilizou como matéria-prima para a produção de pasta celulósica o estipe e as folhas, separadamente, de palmeiras adultas. Objetivando a produção de celulose, o estipe foi tratado primeiramente através de cozimento por processo soda, tendo apresentado um rendimento bruto de 55,37%. As folhas foram 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 90 minutos e um tempo de cozimento de 180 minutos. A pressão durante o cozimento variou de 7 a 8 kgf/cm². Neste processo foi encontrado um rendimento bruto de 21,10%. O segundo processo utilizado foi o cozimento com soda que teve um rendimento bruto de 22%. Pelos resultados das experiências realizadas nesse trabalho, os autores concluíram que as fibras do estipe da *Euterpe oleracea* se prestam ao preparo de papéis para fins industriais e as da folha, para papéis finos.

A utilização do estipe, subproduto da exploração do palmito de *Euterpe oleracea*, na produção de papéis com características comerciais foi proposta novamente por Melo et al. (1975) na tentativa de explorar integralmente esta palmeira. Nesse trabalho as possibilidades papelieras do açazeiro foram exaustivamente pesquisadas. 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 μm para largura, de 7,94 μm para diâmetro do lume e 14,89 μm 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 alta resistência ao rasgo em função do alto índice de enfiamento (106,1), como em contrapartida, baixa resistência à ruptura, devido ao baixo coeficiente de flexibilidade (21,04%). 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 *Bactris inundata* 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

Foram utilizadas folhas novas de 34 palmeiras, escolhidas ao acaso, da espécie nativa *Bactris inundata* Martius, popularmente conhecida como tucum, coletadas no município de Barreirinhas, no Estado do Maranhão, Brasil. Do material co-

letado foram retirados, de forma manual, para os estudos da obtenção de polpa celulósica, os folíolos, que depois de sofrerem secagem natural ao ar livre durante dois dias, foram cortados e reduzidos a pedaços de comprimento de aproximadamente 2,5 cm.

Métodos

Propriedades físicas

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 lâminas permanentes para determinação das características morfológicas das fibras e seu comportamento em 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 calculadas as principais relações entre as dimensões das fibras, consideradas importantes para a produção de celulose para papel e que estão relacionadas às propriedades físico-mecânicas do papel produzido. Estas relações foram determinadas conforme preconizam Milanez e Foelkel (1981) e Azzini et al. (1984). Foram determinadas as seguintes relações: Coeficiente de Flexibilidade (CF), Fração Parede (FP), Índice de Enfeltramento (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 seguiram-se as recomendações de Muñiz e Coradin (1991) e da Norma C30:1-19. (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 análises dos constituintes químicos das matérias-primas em triplicata para cada 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, Celulose “Cross & Bevan”, Lignina e Pentosanas.

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_2S) no cozimento como agentes deslignificantes. O álcali ativo utilizado para deslignificação foi expresso como Na_2O .

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 digeridas 300 gramas de palhas absolutamente secas por cozimento, num total de 17 cozimentos. As condições de cozimento se encontram expressas no Quadro 1.

Rendimento em celulose

As celulosas, 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 $105 \pm 3^\circ\text{C}$ até peso constante para determinação de suas porcentagens absolutamente secas e cálculo dos rendimentos brutos das mesmas. Este procedimento seguiu as recomendações da Norma NBR-13998. (ABNT, 1997).

Determinação do número Kappa

Para avaliar o grau de deslignificação da polpa produzida foi determinado o número kappa das celulosas de acordo com as Normas TAPPI T 236 cm-85 (TAPPI, 1985) e NBR-7537 (ABNT, 1997).

Quadro 1

Condições de cozimento para o processo Kraft da espécie *Bactris inundata* Martius
(Cooking conditions for Kraft process of *Bactris inundata* Martius)

Cozimento	Variáveis			Constantes	
	Álcali 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

Confecção da folha do papel

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 NBR-14346 (ABNT, 1999). As refinações foram conduzidas em tempos de 10, 30 e 40 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 NBR-14031 (ABNT, 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/m². 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 das Normas T-205 om (TAPPI, 1988) e NBR-14380 (ABNT 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 (ABTCP, 1994) em conformidade com a Norma T-402 om (TAPPI, 1993).

Ensaio físico-mecânicos

Os ensaios físicos mecânicos das folhas seguiram as normas da TAPPI, ABNT e ABTCP dadas no Quadro 2.

Quadro 2

Normas para os ensaios físicos mecânicos da polpa
(Norms to physical-mechanical pulp test)

Ensaio	Norma	Unidade
Gramatura	TAPPI T 220 om-88 e ABTCP P6:1996	g/m ²
Densidade Aparente	TAPPI 220 om-88 e ABTCP P5:1994	g/cm ³
Índice de Tração	ABTCP P7:1994	N.m/g
Índice de Arrebatamento	ABTCP P8:1994	KPa.m ² /g
Índice de Rasgo	ABTCP P9:1994	nN.m ² /g
Permeância ao Ar	TAPPI T460 e T536 e ABTCP P32:1994	S/100cm ³
Opacida e Alvura	ABTCP P18/73 e P16/73	%

RESULTADOS E DISCUSSÃO**Propriedades das palhas****Densidade básica**

A densidade básica das palhas obtidas a partir das folhas de *Bactris inundata* apresentou um valor médio de 0,342g/cm³ superior aos encontrados para o lenho de *Crotalaria juncea* L. (0,255g/cm³;0,286g/cm³) por Azzini et al. (1981), e Azzini et al. (1993) e de 6 variedades de *Corchorus* sp. (0,270- 0,335g/cm³) por Azzini et al. (1986). A densidade de *B. inundata* ainda é superior à de *Agave sisalana* Perr. (0,230g/cm³) observada por Azzini et al. (1989). Entre as não madeiras, a densidade desta matéria-prima, encontra-se inserida nos valores encontrados por Bugajer et al. (1983) para o caule de *Gossypium* sp. (0,253-0,391g/cm³). Para as madeiras de uso comum, na produção de papel, a densidade de *B. inundata* se encontra próxima aos valores observados para *Pinus elliottii* (0,316g/cm³), *Pinus taeda* (0,347g/cm³) e *Pinus caribaea* (0,353g/cm³) por Foelkel et al. (1975a).

Caracterização morfológica

Nas Tabelas 1 e 2 estão apresentadas as características morfológicas das fibras de tucum, assim como as principais relações que as caracterizam como matéria-prima fibrosa para a produção de celulose e papel.

Na análise microscópica efetuada na lâmina foliar e no material macerado de *Bactris inundata* foi verificada a ocorrência de duas fibras com características anatômicas bem diferenciadas. Uma longa, dominante, com comprimento médio de fibra igual a 2,33 mm (Fibra B) e outra, extrema-

mente curta (Fibra A), com comprimento médio de 0,69 mm, classificadas, de acordo com a CO-PANT (1974), como fibras muito longas e extremamente curtas, respectivamente.

A Fibra "A" encontra-se inserida no grupo das fibras do lenho da crotalária (0,71-0,83 mm) e da juta (0,70-0,82 mm) observado por Azzini et al. (1981) e Azzini et al. (1986). O coeficiente médio de flexibilidade (25,12%) baixo implica em fibras que têm pouco colapso, pouca superfície de contato e pouca união fibra-fibra (Istas et al., 1954), conseqüentemente, podendo apresentar, no papel, baixa resistência à tração e ao arrebatamento. O índice médio de enfeltramento (66,85), que se encontra em patamares equivalentes aos de *Pinus* (Foelkel et al., 1975b), mostra uma tendência de boa resistência ao rasgo.

A Fibra "B" encontra-se em uma posição acima da maioria das espécies não arbóreas, chegando perto das fibras de bambu (2,24-3,34 mm) observadas por Corrêa et. al. (1977) e Tomazello Filho e Azzini (1988), e do sisal (2,14-2,94 mm) observadas por Azzini e Ciaramello (1977). O coeficiente médio de flexibilidade (24,09%) continua nos mesmos patamares da Fibra "A" tendo as mesmas implicações de interface entre fibras e sobre as propriedades físico-mecânicas. Muito embora a maioria da literatura especializada afirme que baixo valor do diâmetro do lume pode proporcionar baixo valor em algumas propriedades de resistência físico-mecânica do papel produzido com estas fibras celulósicas, Pereira (2001) chegou à conclusão que esta concepção pode não se confirmar em palmáceas. O alto índice de enfeltramento (313,59) pode resultar em papéis com elevada resistência ao rasgo e de maior porosidade.

Tabela 1

 Características morfológicas e propriedades das fibras de *Bactris inundata* Martius - Fibra "A" ⁽¹⁾
 (Morphological characteristics and properties of *Bactris inundata* Martius fibers - Fiber "A")

Características Morfológicas/Propriedades	Dimensões das Fibras			
	Média	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão
Comprimento da fibra (mm)	0,69	1,16	0,42	0,16
Largura da fibra (um)	10,56	15,00	7,50	1,59
Diâmetro do Lume (um)	2,63	5,00	1,25	0,63
Espessura da Parede (um)	3,97	5,00	2,50	0,73
Coefficiente de Flexibilidade (%)	25,12	50,00	12,50	5,67
Índice de Enfeltramento	66,85	120,00	34,40	17,4
Fração Parede (%)	74,88	87,50	50,00	5,67
Índice de Runkel	3,18	7,00	1,00	0,95
Índice de Boiler	0,88	0,97	0,60	0,05
Índice de Mulsteph	0,93	0,98	0,75	0,03

⁽¹⁾ Média de 100 fibras.

Tabela 2

 Características morfológicas e propriedades das fibras de *Bactris inundata* Martius - Fibra "B" ⁽¹⁾
 (Morphological characteristics and properties of *Bactris inundata* Martius fibers - Fiber "B")

Características Morfológicas/Propriedades	Dimensões das Fibras			
	Média	Máximo	Mínimo	Desvio Padrão
Comprimento da fibra (mm)	2,33	4,00	1,22	0,53
Largura da fibra (um)	7,66	12,50	5,00	1,28
Diâmetro do Lume (um)	1,85	3,75	1,25	0,65
Espessura da Parede (um)	2,91	5,00	1,88	0,56
Coefficiente de Flexibilidade (%)	24,09	50,00	14,29	7,56
Índice de Enfeltramento	313,59	533,33	122,00	91,66
Fração Parede (%)	75,91	85,71	50,00	7,56
Índice de Runkel	3,55	6,00	1,00	1,33
Índice de Boiler	0,88	0,96	0,60	0,07
Índice de Mulsteph	0,94	0,98	0,75	0,04

⁽¹⁾ Média de 100 fibras.

Caracterização química

Bactris inundata na sua caracterização química apresentou solubilidade em água fria de 7,52%, em água quente de 9,02%, em etanol benzeno de 4,89%, em NaOH 1% de 25,81%, teor de lignina de 20,99%, teor de celulose Cross & Bevan de 65,48%, teor de pentosanas de 7,6%, teor de cinzas de 3,02% e teor de extrativos totais de 11,78%. As palhas das folhas de *Bactris inundata*, pelos valores, encontrados apresentam-se como um material com alto teor de celulose e baixo teor de lignina, podendo gerar, com estes valores, alto índice de rendimento na produção de polpa kraft.

Neste trabalho foi desconsiderado o teor de inorgânicos na matéria-prima para as determinações dos teores de lignina e celulose.

Produção de celulose

Rendimento em celulose

Na Tabela 3 estão apresentados os rendimentos de *Bactris inundata* para as diferentes condições de cozimento. O rendimento variou de um mínimo (cozimento 8) de 45,97% (para n° Kappa de 33,37) e para um máximo (cozimento 11) de 60,34% (para n° Kappa de 33,37). O n° Kappa para estes cozimentos variou de um valor mínimo de 27,24 (para rendimento de 46,30%) a um máximo de 39,99 (para rendimento de 50,21%).

Os valores dos rendimentos mínimos apresentaram-se superiores 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.

Tabela 3

Rendimento em celulose e número kappa de *Bactris inundata* Martius nas diferentes condições de cozimento (Cellulose production and kappa number in different cooking conditions of *Bactris inundata* Martius)

Tratamentos	Rendimento (%)	N° Kappa
1	56,99	30,85
2	50,15	31,01
3	57,26	31,68
4	48,65	34,22
5	58,37	34,30
6	53,40	34,39
7	55,35	33,79
8	45,97	33,37
9	56,43	33,31
10	54,40	33,37
11	60,34	33,37
12	46,30	27,24
13	53,40	30,26
14	50,01	34,64
15	52,06	30,76
16	50,21	39,99
17	53,97	34,39
Maior Valor	60,34	39,99
Menor Valor	45,97	27,24

Tempo de refino

As polpas de *Bactris inundata* apresentaram índices de drenabilidade médios entre 25 e 55 °SR para tempo de refino de 10 a 40 minutos, necessitando, desta forma, pouco tempo de refinação. Os valores da porosidade, índices de tração e estouro aumentaram com o tempo de refino.

Características da celulose

Índice de tração

Os melhores valores de índice de tração foram obtidos no tempo de refino de 40 minutos apresentados na Tabela 4. O maior valor (87,91 N.m/g) foi para o cozimento número 14 e o menor valor (42,46 N.m/g) foi para o cozimento 7.

Os valores máximos se apresentaram supe-

riores 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 um valor para o índice de tração de 61,17 N.m/g, para uma espécie de bambu do Acre.

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

Índice de rasgo

Observou-se que os melhores valores do índice de rasgo para *Bactris inundata* ocorreram no refino de 10 minutos apresentados na Tabela 5. O maior valor (32,58 mN.m²/g) ocorreu no cozimento 8 e o menor (15,95 mN.m²/g) no cozimento 7. Observou-se que os índices de rasgo para a maioria das espécies não arbóreas são baixos, chegando a um valor de 15,89 mN.m²/g para o bambu do Acre, pesquisado por Corrêa et al. (1977). Os valores de rasgo são superiores aos valores encontrados na literatura para *Eucalyptus* spp (11,87-16,67 mN.m²/g) e *Pinus* spp (11,38-15,10 mN.m²/g) (Foelkel et al., 1975b; Brasil et al., 1972; Foelkel, 1975).

Índice de arrebentamento (estouro)

Os melhores valores do índice de arrebentamento encontram-se distribuídos entre o refino de 30 minutos (8 cozimentos) e refino de 40 minutos (9 cozimentos) dados nas Tabelas 6 e 4. O maior valor (5,15 kPa.m²/g) de todos os experimentos ocorreu no cozimento 4 e o menor valor (2,39 kPa.m²/g) ocorreu no cozimento 1.

Os melhores valores alcançados para o índice de arrebentamento estão bem acima da maioria das espécies não arbóreas, ficando próximas dos valores do quenafe (5,59 kPa.m²/g) encontrado por Ciaramello e Azzini (1971) e da palha de trigo (6,08 kPa.m²/g) encontrado por Danilas e Cera-gioli (1982). O melhor valor de *Bactris inundata* encontrou-se dentro das variações encontradas na literatura para *Eucalyptus* spp (4,90-7,11 kPa.m²/g) e *Pinus* spp (4,33-5,79 kPa.m²/g) (Foelkel et al., 1975b; Brasil et al., 1972; Foelkel, 1975).

Tabela 4

 Resumo parcial das propriedades físico-mecânicas de *Bactris inundata* Martius - Refino 40
 (Partial summary of physical-mechanical properties of *Bactris inundata* Martius - Refine 40)

Tratamentos	Resultados								
	Grau Schopper Riegler (°SR)	Densidade Aparente / PEA (g/cm ³)	Alongamento (%)	Índice de Tração (N.m/g)	Índice de Rasgo (mN.m ² /g)	Índice de Estouro (kPa.m ² /g)	Alvura %	Opacidade %	Porosidade s/100cm ³
1	51	0,56	2,18	42,91	12,03	2,54	29,81	97,43	1,47
2	38	0,63	2,23	56,33	22,50	3,85	36,22	97,00	1,52
3	56	0,52	1,95	45,94	10,67	2,79	29,54	97,71	1,93
4	51	0,54	2,80	65,29	22,73	4,87	33,89	97,58	2,28
5	56	0,56	2,12	48,40	17,24	3,18	29,01	97,34	1,49
6	53	0,52	2,20	57,88	16,80	3,57	33,40	97,70	2,06
7	51	0,69	1,68	42,46	9,83	2,53	28,21	97,62	1,63
8	47	0,51	2,37	61,72	26,11	4,27	31,53	97,67	2,05
9	59	0,56	1,70	43,49	10,91	2,49	29,88	97,49	1,66
10	60	0,51	1,85	49,36	13,20	2,75	30,04	97,38	1,88
11	56	0,51	1,93	44,51	14,49	2,63	26,45	97,70	1,62
12	48	0,54	3,12	76,85	13,98	4,29	45,61	93,45	1,93
13	49	0,53	2,82	70,79	14,58	3,22	37,02	93,54	1,46
14	69	0,55	3,40	87,91	19,62	3,69	42,99	92,97	3,08
15	66	0,58	3,13	80,39	15,25	3,77	36,82	93,82	3,07
16	64	0,53	2,82	76,37	16,88	3,71	36,49	94,77	2,85
17	63	0,50	3,25	85,26	15,93	3,61	33,75	94,26	3,15
Maior Valor	69	0,69	3,40	87,91	26,11	4,87	45,61	97,71	3,15
Menor Valor	38	0,50	1,68	42,46	9,83	2,49	26,45	92,97	1,46

Tabela 5

 Resumo parcial das propriedades físico-mecânicas de *Bactris inundata* Martius - Refino 10
 (Partial summary of physical-mechanical properties of *Bactris inundata* Martius - Refine 10)

Tratamentos	Resultados								
	Grau Schopper Riegler (°SR)	Densidade Aparente / PEA (g/cm ³)	Alongamento (%)	Índice de Tração (N.m/g)	Índice de Rasgo (mN.m ² /g)	Índice de Estouro (kPa.m ² /g)	Alvura %	Opacidade %	Porosidade s/100cm ³
1	17	0,43	1,80	33,29	16,88	1,82	29,06	97,39	0,57
2	24	0,49	1,65	49,86	23,76	3,24	36,39	97,10	0,96
3	25	0,47	1,63	37,13	19,18	2,28	28,80	97,79	0,89
4	29	0,43	2,52	61,35	27,49	4,75	34,40	97,66	1,42
5	20	0,46	1,57	35,55	18,06	2,10	28,70	97,49	0,81
6	27	0,47	2,02	53,89	23,36	3,31	33,22	97,57	1,28
7	20	0,43	1,72	39,03	15,95	2,09	27,97	97,54	0,89
8	28	0,47	2,63	60,16	32,58	3,85	31,75	97,78	1,19
9	21	0,44	1,53	43,48	21,01	2,44	29,11	97,76	0,78
10	25	0,47	1,67	44,43	18,51	2,67	29,57	97,47	0,78
11	19	0,43	1,52	31,33	17,34	1,82	26,33	97,61	0,64
12	24	0,46	2,37	63,86	22,78	4,38	44,94	93,73	0,89
13	20	0,44	2,02	59,19	17,30	2,40	36,61	93,09	0,66
14	34	0,40	2,68	74,48	24,41	3,07	43,00	92,98	1,33
15	37	0,49	1,92	58,96	17,94	2,92	37,11	93,56	1,26
16	34	0,45	2,03	62,24	22,22	2,86	35,96	94,52	1,17
17	36	0,42	2,28	68,15	19,91	3,11	33,55	93,81	1,47
Maior Valor	37	0,49	2,68	74,48	32,58	4,75	44,94	97,79	1,47
Menor Valor	17	0,40	1,52	31,33	15,95	1,82	26,33	92,98	0,57

Tabela 6

Resumo parcial das propriedades físico-mecânicas de *Bactris inundata* Martius - Refino 30
(Partial summary of physical-mechanical properties of *Bactris inundata* Martius - Refine 30)

Tratamentos	Resultados								
	Grau Schopper Riegler (°SR)	Densidade Aparente / PEA (g/cm ³)	Alongamento (%)	Índice de Tração (N.m/g)	Índice de Rasgo (mN.m ² /g)	Índice de Estouro (kPa.m ² /g)	Alvura %	Opacidade %	Porosidade s/100cm ³
1	39	0,51	2,28	41,98	13,58	2,39	30,07	97,37	1,23
2	33	0,56	2,32	58,02	25,41	4,04	36,19	97,10	1,31
3	49	0,48	2,02	46,76	13,71	3,09	29,02	97,82	1,53
4	44	0,51	2,77	67,75	24,91	5,15	33,99	97,55	1,98
5	45	0,52	2,13	47,79	19,57	2,99	28,79	97,49	1,26
6	47	0,49	2,05	57,31	19,22	3,89	33,45	97,77	1,93
7	36	0,48	1,83	43,09	11,24	2,49	28,30	97,72	1,32
8	38	0,48	2,62	61,05	27,67	4,24	31,55	97,85	1,71
9	38	0,49	1,82	44,48	15,21	2,53	29,73	97,63	1,31
10	43	0,47	1,85	48,05	14,43	2,86	30,02	97,47	1,57
11	39	0,47	1,67	39,57	15,44	2,55	26,68	97,64	1,19
12	33	0,50	3,10	76,89	17,16	4,84	45,44	93,53	1,53
13	35	0,49	2,70	68,07	15,61	3,11	36,63	93,65	1,11
14	61	0,51	3,23	82,54	21,16	3,64	43,01	93,06	2,56
15	62	0,54	2,55	68,67	18,24	3,51	37,30	93,75	2,54
16	57	0,49	2,48	71,23	20,41	3,64	36,02	94,62	2,30
17	58	0,48	2,92	76,94	18,36	3,63	33,48	94,24	2,65
Maior Valor	62	0,56	3,23	82,54	27,67	5,15	45,44	97,85	2,65
Menor Valor	33	0,47	1,67	39,57	11,24	2,39	26,68	93,06	1,11

CONCLUSÕES

Embora o valor da densidade das palhas de *Bactris inundata* 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 tucum não apresentarem o perfil completo das características morfológicas de fibras papelarias e, contrariando, em parte, os coeficientes usualmente utilizados para pré-diagnosticar o desempenho de uma fibra para fins papelários, estas podem ser utilizadas na produção de papel kraft com bons índices de resistência físico-mecânica.

AUTORES

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: pereirasj@terra.com.br

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

MOACIR KAMINSKI é Professor Titular do Departamento de Química Tecnológica da UFPR - Universidade Federal do Paraná - Av. Prof. Lothário Meissner, 3400 - Jardim Botânico - Campus II - Curitiba, PR - 80210-170 - E-mail:

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 - Campus II - Curitiba, PR - 80210-170 - E-mail: klockuer@floresta.ufpr.br

SILVANA NISGOSKI é Eng. Florestal, Doutoranda pela UFPR, Bolsista CAPES.

FERNANDO JOSÉ FABROWSKI é Eng. Florestal, Doutorando pela UFPR, Bolsista CNPQ.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABTCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. **Manual: pasta celulósica e papel.** São Paulo, 1994.
- ABTCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. **P4: Papel, cartão e pasta celulósica - Atmosfera normalizada para condicionamento e ensaio e procedimento de controle da atmosfera e condicionamento das amostras.** São Paulo: ABTCP, 1994.
- ABTCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. **P5: Papel e cartão - Determinação da espessura e da densidade aparente ou volume aparente.** São Paulo: ABTCP, 1996.
- ABTCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. **P5: Papel e cartão - Determinação da espessura e densidade aparente ou volume específico aparente.** São Paulo: ABTCP, 1994.
- ABTCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. **P6: Papel e cartão - Determinação da gramatura.** São Paulo: ABTCP, 1996.
- ABTCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. **P7: Papel e cartão - Determinação das propriedades de tração - Método da velocidade constante de carga.** São Paulo: ABTCP, 1994.
- ABTCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. **P8: Papel - Determinação da resistência ao arrebentamento.** São Paulo: ABTCP, 1994.
- ABTCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. **P9: Papel - Determinação da resistência ao rasgo.** São Paulo: ABTCP, 1994.
- ABTCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. **P18: Determinação da opacidade do papel.** São Paulo: ABTCP, 1973.
- ABTCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. **P16: Determinação da alvura do papel e cartão.** São Paulo: ABTCP, 1973.
- ABTCP - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL. **P32: Papel e cartão - Determinação da permeância ao ar (Gurley).** São Paulo: ABTCP, 1994.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7537: Pastas celulósicas - Determinação do número Kappa.** Rio de Janeiro: ABNT, 1997.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13998: Pastas celulósicas - Determinação do teor de massa seca - Método por secagem em estufa.** Rio de Janeiro: ABNT, 1997.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14031: Pasta celulósica - Determinação da resistência à drenagem pelo aparelho Shopper-Riegler.** Rio de Janeiro: ABNT, 1998.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14346: Pasta celulósica - Refinação em laboratório - Método Jokro.** Rio de Janeiro: ABNT, 1999.
- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14380: Pasta celulósica - Preparação de folhas em laboratório para ensaios físicos - Método Rapid-Kothen.** Rio de Janeiro: ABNT, 1999.
- 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. Dimensões das fibras em agave. **Bragantia**, v.36, n.1, p.35-38, 1977.
- AZZINI, A.; CIARAMELLO, D.; SALGADO, A.L.B.; ZULLO, M.A.T. Caracterização tecnológica de híbridos de sisal. **Bragantia**, v.48, n.1, p.113-124, 1989.
- AZZINI, A.; SALGADO, A.L.B.; BENATTI JUNIOR, R.; COSTA, A.A. Caracterização tecnológica de espécies liberianas para o estabelecimento de métodos de análise quantitativa de fibras. **Bragantia**, v.52, n.1, p.27-32, 1993.
- 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.
- BRASIL, M.A.M.; FOELKEL, C.E.B.; BARRICHELO, L.E.G.; A.R. HIGA. 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.
- BUGAJER, S.; SALGADO, A.L.B.; AZZINI, A. Aproveitamento de restos da cultura de algodão como fonte de fibras celulósicas. **O papel**, v.44, n.1, p.217-227, 1983.
- 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 dicotiledoneas.** Caracas: COPANT, 1974. (C30:1-19)
- 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
- COSTA, M.F.; LOUREIRO, M.R.C.; ALBUQUERQUE, C.R.A.; AMARAL FILHO, Z.P. **Perspectivas para o aproveitamento integral da palmeira do açai.** Belém: IDESP, 1974. 84p. (Monografias, 14)

- DANILAS, R.M.; CERAGIOLI, G. Produção de pastas celulósicas de palha de trigo por cozimento carbonato - oxigênio. **O papel**, v.43, n.8, p.43-6, 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.; AMARAL, A.C.B.; VALLE, C.F. Variações das características da madeira e propriedades da celulose sulfato de *Pinus oocarpa* em função da idade do povoamento florestal. **IPEF**, n.10, p.81-87, 1975a.
- 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, 1975b.
- 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.
- ISTAS, J.R.; HEREMANS, R.; RAEKELBOOM, E.L. **Caractères généraux de bois feuillus du Congo belge en relation avec leur utilisation dans l'industrie des pâtes à papier: étude détaillée de quelques essences**. Gembloux: INEAC, 1954. 121p. (Série technique, n.43)
- KAHN, F. **Les palmiers de l'Eldorado**. Paris: Éditions de l'Orstom, 1997.
- 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, São Paulo, 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: I- Angiospermae, II- Gimnospermae**. Brasília: Laboratório de Produtos Florestais, 1991. (Série técnica, 15)
- 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: *Araucaria angustifolia*, *Eucalyptus deanei*, *Mauritia vinifera* e *Bactris inundata*: relatório final**. Curitiba, 1999. (Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná) (não publicado)
- TAPPI - TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY. **Air resistance of paper: T 460 om-88**. Atlanta, 1988.
- TAPPI - TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY. **Forming handsheets for physical tests of pulp: T 205 om-88**. Atlanta, 1988.
- TAPPI - TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY. **Kappa number of pulp: T 236 cm-85**. Atlanta, 1993.
- TAPPI - TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY. **Physical testing of pulp handsheets: T 220 om-88**. Atlanta, 1988.
- TAPPI - TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY. **Resistance of paper to passage of air (high pressure method): T 536 om-88**. Atlanta, 1988.
- TAPPI - TECHNICAL ASSOCIATION OF PULP AND PAPER INDUSTRY. **Standard conditioning and test atmospheres for paper, board, pulp handsheets, and related products: T 402 om-93**. Atlanta, 1993.
- 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*). **O papel**, v.49, n.12, p.155-61, 1988.