



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Vinculada ao Ministério da Agricultura
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido - CPATU
Belém, PA

1^o Simpósio do Trópico Úmido

1st Symposium
on the Humid Tropics

1er Simpósio
del Trópico Húmedo

ANAIS PROCEEDINGS ANALES

Volume II

Flora e Floresta

Flora and Foresty

Flora y Floresta

Departamento de Difusão de Tecnologia
Brasília, DF
1986



Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA
Vinculada ao Ministério da Agricultura
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido - CPATU
Belém, PA

1^o Simpósio do Trópico Úmido

**1st Symposium
on the Humid Tropics**

**1er Simpósio
del Trópico Húmedo**

ANAIS PROCEEDINGS ANALES

Belém, PA, 12 a 17 de novembro de 1984

Volume II

Flora e Floresta

Flora and Foresty

Flora y Floresta

Departamento de Difusão de Tecnologia
Brasília, DF
1986

Copyright © EMBRAPA - 1986



EMBRAPA-CPATU. Documentos, 36

Exemplares desta publicação podem ser solicitados à

EMBRAPA-CPATU

Trav. Dr. Inéas Pinheiro s/n

Telefone: 226-6622

Telex (091) 1210

Caixa Postal 48

66000 Belém, PA - Brasil

Tiragem: 1.500 exemplares

1º Simpósio
do Trópico Úmido

Observação

Os trabalhos publicados nestes anais não foram revisados pelo Comitê de Publicações do CPATU, como normalmente se procede para as publicações regulares. Assim sendo, todos os conceitos e opiniões emitidos são de inteira responsabilidade dos autores.

Simpósio do Trópico Úmido, 1., Belém, 1984.
Anais. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1986.
6v. (EMBRAPA-CPATU. Documentos, 36)

1. Agricultura - Congresso - Trópico. I. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido, Belém, PA. II. Título. III. Série.

CDD 630.601

O MUIRATAUÁ COMO FONTE DE CELULOSE PARA PAPEL

Célio Francisco Marques de Melo¹, Sérgio de Melo Alves¹
e Alfonso Wisniewski²

RESUMO: São estudadas as possibilidades papeleiras da madeira da espécie *Apuleia molaris* Spruce ex Benth., Leguminosae, conhecida com o nome de muiratauí, tendo-se concluído tratar-se de matéria-prima com boas características, até mesmo, superiores às da espécie *Eucalyptus saligna*. Os melhores resultados, sob o aspecto de resistência dos papéis produzidos, foram obtidos utilizando-se o processo Sulfato, nas condições operacionais de cozimento de 14% de Alkali Ativo, sulfidez de 25%, temperatura de patamar 170°C; tempo de elevação de 80 minutos, diluição 4:1 e tempo de cozimento na temperatura de patamar, 30 minutos. O rendimento de polpagem foi de 40,36%. São os seguintes os valores dos principais parâmetros físico-mecânicos da polpa: Auto-ruptura, 7.893 m; Estouro, 5,56 kg/cm²; Rasgo, 145,8 g; e Dobras, 206,4. O muiratauí sendo nativo da floresta amazônica e, portanto, de baixa densidade de ocorrência, para que possa ser utilizado em escala industrial, deve ser transformado em espécie cultivada, o que pressupõe um conveniente estudo das possibilidades silviculturais.

Termos para indexação: Madeiras amazônicas, química da madeira, fibras, cozimento, processo sulfato, celulose, polpa, papel.

MUIRATAUÁ (*Apuleia molaris*) AS A SOURCE OF CELLULOSE FOR PAPER

ABSTRACT: Research was carried out on paper production from *Apuleia molaris* Spruce ex Benth, commonly known in northern Brazil as muiratauí. It was found that this species has good characteristics as raw material for paper production being superior to *Eucalyptus saligna*. The best results with relation to paper resistance were obtained by cooking the material during 30 and 60 minutes for six times using the sulphate process and 14%, 16% and 18% of active alkali. The 30-minute cooking time was the best for unbleached paper. Pulp yield was 40.36%. The main physical and mechanical pulp property values are: self breakage 7,893 m; burst 5.56 kg/cm²; tear 145.8 g; and double folding 206.4. Muiratauí is native to the Amazon and occurs in low concentrations. In order to be utilized in the paper industry, it needs to be properly cultivated. For this, it needs to be better known agronomically, because little is known about its cropping system.

Index terms: Amazon wood, wood chemistry, fibers, cooking, sulphate process, cellulose, pulp, paper.

INTRODUÇÃO

Entre as três principais formações florestais da faixa tropical úmida do nosso planeta, a americana se destaca e, nessa formação, a floresta amazônica, com aproximadamente 3.000.000 km², é sem dúvida o componente mais significativo e mais importante.

A exploração econômica dessa floresta, até o presente, tem sido feita de forma primitiva, fragmentada e com resultados alta-

mente insatisfatórios. Com efeito, o que se presencia no panorama amazônico, via de regra, são as imensas devastações de áreas densamente florestadas, em função da pressão colonizadora, para dar origem aos roçados de pequenos agricultores ou às pastagens das latifundiárias fazendas de criação de gado. Uma floresta em clímax, que levou séculos para se formar, é destruída em questão de dias e o imenso volume de biomassa simplesmente queimado. É inegável que o aproveita-

¹ Quim. Industr. M.Sc. EMBRAPA-CPATU. Caixa Postal 48. CEP 66000. Belém, PA.

² Quim. Industr. Prof. Tit. M.Sc. FCAP. Caixa Postal 917. CEP 66000. Belém, PA.

mento mais efetivo e mais racional dessa biomassa poderá contribuir significativamente para a criação de mais riquezas e mais progresso socioeconômico em toda a região.

Retiradas as espécies produtoras de madeiras nobres, destinando-as a processamentos mecânicos nas serrarias, as espécies restantes, que constituem ainda cerca de 75% do volume original das madeiras, poderiam ser aproveitadas, entre outros fins, para a polpagem e fabricação de papel.

Tendo como base essa realidade, o Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido – CPATU, órgão da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, através do seu Laboratório de Bioquímica e Tecnologia, elaborou um programa de pesquisa que objetiva definir conclusivamente se os maciços florestais situados no Estado do Pará apresentam viabilidade técnica e econômica, para fins de polpagem e produção de papel.

Dois projetos de pesquisa, com essa finalidade, já foram concluídos: o primeiro contemplou o estudo do maciço florestal situado entre os km 50 e 217 da rodovia Santarém-Cuiabá e o segundo, o estudo do maciço florestal situado na rodovia Transamazônica, trecho compreendido entre as cidades de Altamira e Itaituba, no Estado do Pará.

Embora o objetivo fundamental dos projetos em questão tenha sido o de verificar a viabilidade técnica de polpagem de misturas de madeiras heterogêneas, a fim de se obterem subsídios para o estudo das misturas, um estudo, apesar de superficial, é feito também com cada espécie, isoladamente.

Durante o estudo individual das espécies ocorrentes no maciço florestal da Transamazônica, espécies foram selecionadas devido às polpas produzidas apresentarem elevados valores paramétricos, para serem estudadas com mais profundidade visando ao seu aproveitamento em futuro reflorestamento.

O muirataúá, *Apuleia molaris* Spruce ex Benth, da família Leguminosae – objeto do presente estudo – é uma das espécies selecionadas e que, pelas boas características papeleiras, pode ser recomendada para a utilização como matérias-primas na produção de polpa para papel. É necessário, contudo,

que sejam realizados estudos silviculturais, a fim de complementar os aspectos tecnológicos que são demonstrados a seguir.

O muirataúá é uma árvore de grande porte (20 a 40 m), podendo ultrapassar até 50 m de altura, casca lisa, ferrugíneo-clara até vermelha. Flores pequenas e brancas, madeira pesada ($0,98 \text{ g/cm}^3$), pouco utilizada, à exceção da região do Tocantins, onde oferece excelentes cascos para canoas de cachoeira. Encontrada nas matas de terra firme na Amazônia (Ducke 1949). Parênquima contrastado apenas distinto a olho nu; zonado em linhas onduladas envolvendo ou tangenciando os poros, estes só visíveis sob lente, muito numerosos e muito pequenos; predominantemente solitários. Raios no topo só visíveis com lente; na face tangencial sua estratificação é visível a olho nu. Camadas de crescimento demarcadas por zonas fibrosas escuras (Melo & Gomes 1979).

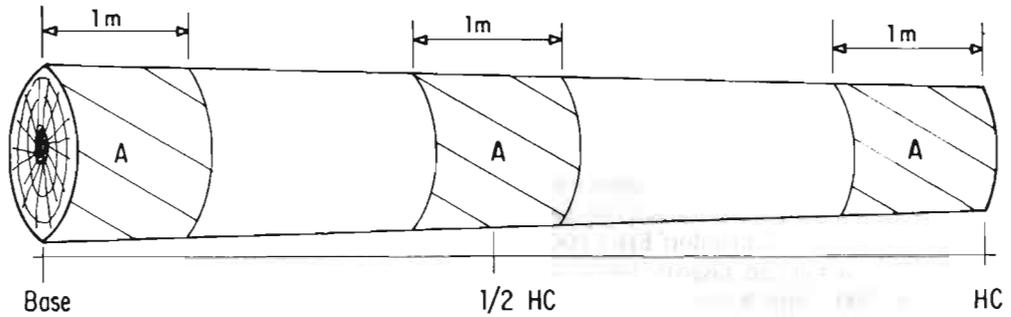
MATERIAL E MÉTODOS

Das três árvores abatidas, foram separadas três toras de 1 m de comprimento cada uma, retiradas, respectivamente, da base, do meio e da parte superior do fuste, conforme pode ser observado na Fig. 1. Esse material foi identificado e coletado por técnicos do Laboratório de Botânica do CPATU.

As toras foram transformadas em cavacos de aproximadamente $0,5 \text{ cm} \times 0,20 \text{ cm} \times 2,0 \text{ cm}$ em picador de cavacos, de laboratório, tipo Klöckner e, em seguida, secados em estufa com circulação de ar na temperatura de $45 \pm 5^\circ\text{C}$. Parte dos cavacos foi triturada em moinho de facas, tipo Willey, e tamizada em peneiras de 40 e 60 mesh para a análise química e o restante reservado para os cozimentos.

Análise química e características métricas das fibras

Os métodos empregados foram os preconizados pela Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel – ABCP (1974) e pela Technical Association of the Pulp and Paper Industry – TAPPI (1969), constantes das seguintes determinações:



HC = Altura comercial
A = Madeira utilizada no estudo

FIG. 1 — Método de retirada das amostras.

Determinações	Métodos	
Umidade	ABCP	M 2/71
Resíduo Mineral Fixo	TAPPI	T ₁₅ OS-58
Lignina	TAPPI	T ₁₃ OS-54
Celulose Cross e Bevan	ABCP	M 9/71
Pentosanas	TAPPI	T ₁₉ M-50
Solubilidade em água fria e quente	ABCP	M 4/68
Solubilidade em NaOH a 1%	ABCP	M 5/68
Solubilidade em álcool-benzol	ABCP	M 6/68
Número de Permanganato	ABCP	C 4/71
Álcali Ativo Residual	TAPPI	RC - 287

Para cada análise foram feitas três repetições e os resultados referem-se às médias aritméticas.

No exame micrográfico empregou-se o método de Schultze, citado por Shimoya em 1966, utilizando-se ácido nítrico 1:1 em vez de concentrado, na dissociação dos fragmentos do lenho.

Cem medições de comprimento e 50 de largura e lúmen foram feitas, determinando-se os valores mínimos, médio e máximo, e calculando-se o coeficiente de variação, o desvio padrão, o comprimento relativo (relação entre o comprimento e a largura da fibra), o coeficiente de flexibilidade (relação entre o lúmen e a largura da fibra) e a espessura da parede.

Obtenção das polpas

Para o cozimento da madeira e conseqüente obtenção da polpa, foi utilizado um autoclave giratório com capacidade para 20 l, dotado de aquecimento indireto e controlado com regulador térmico automático.

Utilizando-se as condições operacionais a seguir transcritas, foram realizados seis cozimentos pelo processo químico alcalino Sulfato.

Madeira seca (U = 0%)	1.500 g
Álcali Ativo	14, 16 e 18%
Sulfidez	25%
Temperatura de patamar	170°C
Tempo de elevação	80 min.
Tempo na temperatura de patamar	30 e 60 min.
Diluição (lixívia/madeira)	4:1.

O processo Sulfato foi escolhido pela sua marcante superioridade ao processo Soda em relação ao custo operacional da polpa produzida. Além do mais, é um processo que independente de selecionamento de madeiras, produz polpas com resistências satisfatórias e de fácil branqueamento e ainda apresenta inúmeras facilidades quanto à recuperação da lixívia negra (Casey 1966).

Tratamento das polpas

As polpas obtidas foram lavadas, depuradas em um classificador de fibras BH 6/12 (tipo Brecht & Holl) munido de peneira de 0,3 mm, secas ao ar, refinadas a uma consistência de 6%, a diferentes °SR, em moinho JK/6 (tipo Jokro), a uma velocidade de 150 rpm e transformadas em papel, em formador

de folhas FSS/2 (tipo Koethen Rapid), com gramatura aproximada de 60 g/m².

Ensaio físico-mecânico

Os ensaios físico-mecânicos foram realizados à temperatura de $21 \pm 2^\circ\text{C}$ e umidade relativa do ar de $55 \pm 2\%$, empregando-se aparelhos padronizados, cujas características são descritas: Aparelho Elmendorf ED/1.600 (para medir resistência ao rasgo); Dobrador de Folhas DF/200 – tipo Kohler-Molin (para medir a resistência ao vinco e à durabilidade de flexão); Aparelho Mullentester motorizado, tipo MT/MOT-A (para medir a resistência ao estouro) e Dinamômetro RE-A 30/5 (para medir a resistência à auto-ruptura).

Delineamento e análise estatística

Utilizou-se, no experimento, o delineamento inteiramente casualizado, com dez repetições para as variáveis estouro, dobras e auto-ruptura e cinco repetições para a variável rasgo.

Os tratamentos, em número de seis, foram arranjos em esquema fatorial 3×2 , em que o primeiro fator foi concentração em Alkali Ativo (14%, 16% e 18%) e, o segundo fator, tempo de cozimento (30 e 60 minutos).

Os valores pertencentes à variável dobras, por não apresentarem distribuição normal, foram corrigidos pela expressão $\sqrt{X + 0,5}$, onde X é o número de dobras (Gomes 1973).

Para as comparações entre médias de tratamento, utilizou-se o teste SNK (Student Newman and Keuls). O referido teste usa a tabela Tukey e a técnica de Duncan e é muito empregado quando se deseja maior rigor na análise e um perfeito balanceamento entre os erros tipos I e II (Soares 1978).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Análise química e características métricas das fibras

As Tabelas 1 e 2 permitem que sejam observadas, respectivamente, a análise química e a ficha biométrica da espécie estudada.

Dos dados obtidos na análise química (Tabela 1), verifica-se que o muirataú, embora apresente um teor médio de celulose, deverá produzir baixos rendimentos, uma

vez que foi elevado o teor de solubilidade em NaOH a 1%.

Os demais resultados analíticos não apresentaram valores que mereçam ser destacados, levando-se em consideração que se encontram dentro dos teores comumente determinados em folhosas tropicais.

A análise da Tabela 2 caracteriza o muirataú como uma madeira constituída por fibras curtas, estreitas de paredes espessas, segundo as normas da COPANT (1974).

A resistência ao rasgo de um papel é diretamente proporcional ao comprimento da fibra, à espessura da parede, à percentagem de celulose, à densidade da madeira e ao comprimento relativo (FAO 1953, Sallada 1970). Embora o muirataú apresente fibras curtas, bons resultados devem ser esperados para a resistência ao rasgo, uma vez que possui, também, um valor médio em celulose (53,09%), paredes espessas, elevada densidade (0,98 g/cm³) (Melo 1979) e comprimento relativo igual a 62,21.

O coeficiente de flexibilidade, relação entre o lúmen e a largura da fibra, mantém uma relação direta com a resistência à auto-ruptura. Assim, o valor de 0,45, apresentado pela espécie em foco, permite antever resistências razoáveis, embora a resistência auto-ruptura dependa, ainda, da facilidade de decomposição das fibras em fibrilas, da constituição química e da capacidade de hidratação das fibras (CASEY 1966).

As resistências ao estouro e as dobras mantêm uma relação inversa com a espessura da parede das fibras. Desse modo, sendo o muirataú constituído por fibras de paredes espessas, não devem ser esperados elevados valores para as resistências referidas. Contudo, a formação das folhas procede mais facilmente para fibras curtas do que para fibras longas e, essa facilidade, poderá influenciar no aumento dessas resistências.

Obtenção das polpas

A Tabela 3 reúne as condições e resultados dos seis cozimentos efetuados.

Como pode ser observado na Tabela 3, seis cozimentos foram realizados partindo-se de 18% de Alkali Ativo até 14% e variando-se em 30 e 60 minutos o tempo de cozimento à temperatura de patamar (170°C). Os resultados desses cozimentos, principalmente os nú-

TABELA 1. Análise química.

Determinação	Resultado %
Resíduo Mineral Fixo	0,80
Celulose Cross e Bevan	53,09
Lignina	24,51
Pentosanas	15,85
Solubilidade em água fria	5,26
Solubilidade em água quente	6,52
Solubilidade em NaOH a 1%	20,59
Solubilidade em álcool-benzol	5,56

meros de permanganato, parecem indicar que o cozimento com 14% de AA e 30 min deverá reunir as melhores características de resistências, enquanto que o cozimento com 18% de AA e 30 min poderá ser utilizado quando se desejar fabricar papéis branqueados.

Ensaio físico-mecânico das polpas

A Tabela 4 agrupa as condições de cozi-

TABELA 2. Ficha biométrica das fibras.

Especificação	Máximo (micra)	Médio (micra)	Mínimo (micra)	Desvio padrão	Coefficiente de variação (%)
Comprimento	1650	1234	1050	115,82	9,38
Largura	20	20	16	0,78	3,93
Lúmen	12	9	4	2,10	23,23
Espessura da parede	—	5	—	—	—
Comprimento/largura	—	62,41	—	—	—
Lúmen/largura	—	0,45	—	—	—

TABELA 3. Condições e resultados dos cozimentos.

Coz. nº	AA %	Tempo min	S %	Temp. °C	Diluição lix./mad.	AAR %	Rejeitado %	Rendimento %	N.P.
1	18	60	25	170	4: 1	4,60	1,43	41,95	11,08
2	18	30	25	170	4: 1	5,02	2,55	41,58	13,15
3	16	60	25	170	4: 1	3,15	1,96	41,25	12,78
4	16	30	25	170	4: 1	4,12	4,53	40,92	15,73
5	14	60	25	170	4: 1	1,61	4,71	41,51	13,41
6	14	30	25	170	4: 1	2,32	9,88	40,36	17,98

Coz. — Cozimento
 AA — Álcali Ativo
 min. — minuto
 S — Sulfidez
 Temp. — Temperatura
 lix./mad. — Lixívia/madeira
 AAR — Álcali Ativo Residual
 NP — Número de Permanganato

TABELA 4. Ensaio físico-mecânico das polpas.

Coz. nº	AA %	Tempo min.	S %	Temp. °C	Diluição lix./mad.	Auto-ruptura m	Estouro kg/cm ²	Rasgo g	Dobras	Dobras $\sqrt{X + 0,5}$
1	18	60	25	170	4: 1	7648	3,75	97,3	56,6	7,11
2	18	30	25	170	4: 1	7169	4,21	113,2	70,9	7,98
3	16	60	25	170	4: 1	6275	3,52	109,8	27,1	5,04
4	16	30	25	170	4: 1	8088	5,03	124,5	113,0	9,79
5	14	60	25	170	4: 1	7994	4,68	133,4	140,9	10,96
6	14	30	25	170	4: 1	7893	5,56	145,8	206,4	13,19

mento e os resultados dos ensaios físico-mecânicos dos papéis produzidos. Todos os resultados referem-se a médias de valores obtidos através de interpolação gráfica a 45 °SR.

Os ensaios físico-mecânicos dos papéis produzidos com o muiratauí, principalmente os referentes ao cozimento com 14% de Álcali Ativo e tempo de 30 minutos, mostram que essa espécie pode perfeitamente ser utilizada quando se desejar fabricar papéis para embalagens.

As (Fig. 2 e 3) permitem que seja feita uma comparação entre o muiratauí e outras oito espécies, sendo sete delas estudadas pelo CPATU (Melo & Hühn 1974) e a outra, o *Eucalyptus saligna*, estudada pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (Maz-

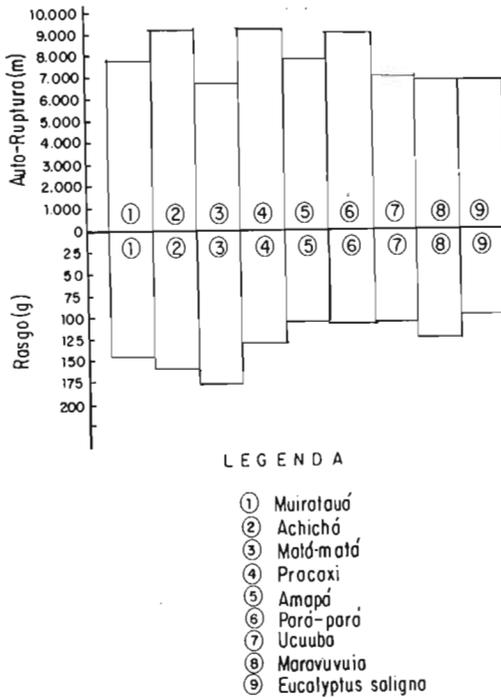


FIG. 2 - Resistências à Auto-Ruptura e Rasgo

zei & Overbeck 1966) e considerada como sendo uma espécie com excelentes características papeleiras. Vale a pena ser ressaltado que todos os valores de resistência do muiratauí foram superiores aos do *Eucalyptus*.

Análise estatística dos Ensaios Físico-Mecânicos das polpas

A Tabela 5 mostra os quadrados médios

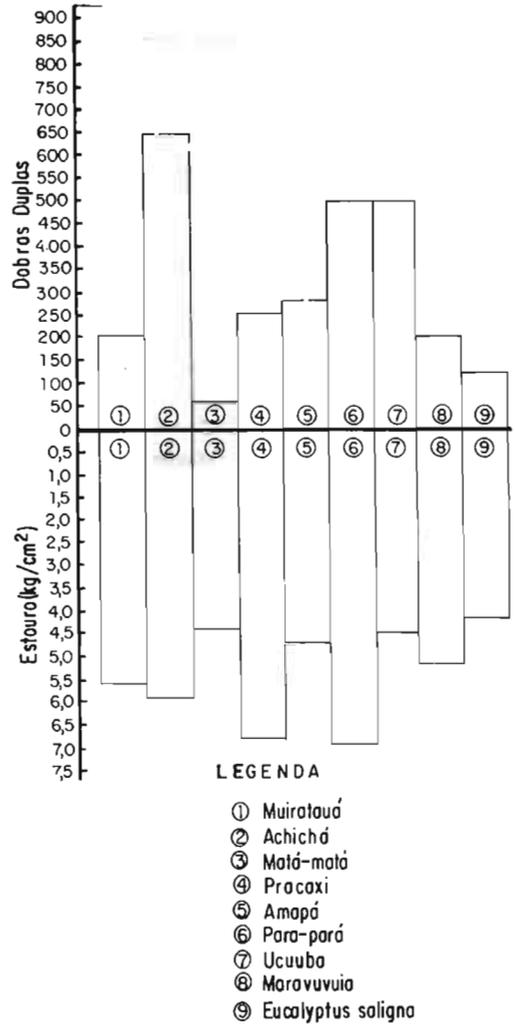


FIG. 3 - Resistências à Dobras e Estouro

referentes à análise da variância para as variáveis de resposta.

As análises da variância para as variáveis dobras, estouro e rasgo apresentaram diferenças significativas entre os álcalis e os tempos. Contudo, para as interações álcali x tempo, apenas as variáveis estouro e auto-ruptura apresentaram diferenças significativas. Esses resultados podem ser vistos na Tabela 5.

A comparação entre médias de álcali e de tempo mostrou que, para todas as variáveis, o cozimento com 14% de Álcali Ativo e 30 minutos é o mais indicado quando se deseja obter papéis com os mais elevados valores de resistência. O fato se repetiu quan-

TABELA 5. Quadrados médios referentes à análise da variância para as variáveis de resposta.

Fonte de variação	Variáveis de resposta			
	Auto-ruptura	Estouro	Dobras	Rasgo
Álcali Ativo (A)	3.061.960,000 ^{NS}	6,994**	141,073**	3.043,400**
Tempo (B)	2.532.580,000 ^{NS}	13,514**	102,911*	1.537,970**
A x B	7.550.400,000**	1,403**	19,395 ^{NS}	7,987 ^{NS}
Erro experimental	978.844,250	0,145	16,309	58,174

* — Significativo a nível de 95% de probabilidade.

** — Significativo a nível de 99% de probabilidade.

NS — Não significativo a nível de 95% de probabilidade.

do as comparações foram feitas entre as médias de álcali dentro de cada tempo e as médias de tempo dentro de cada álcali.

CONCLUSÕES

— O muiratauí (*Apuleia molaris* Spruce ex Benth) produz polpas para papel de embalagem de características plenamente satisfatórias e, até mesmo, superiores às de *Eucalyptus*.

— Os melhores resultados, sob o ponto de vista de resistência dos papéis fabricados, foram os obtidos através do cozimento do material convenientemente preparado, com lixívia de 14% de AA e 30 minutos, na temperatura de 170°C, embora, nestas condições, apresentem-se desvantagens de rejeito elevado e menor rendimento.

— O melhor cozimento, levando-se em consideração os aspectos técnicos e econômico, foi o realizado com 18% de AA durante 30 minutos à temperatura de 170°C.

— O muiratauí sendo nativo da floresta amazônica, e, portanto, de baixa densidade de ocorrência, para que possa ser utilizado em escala industrial, deve ser transformado em espécie cultivada, o que pressupõe um conveniente estudo das possibilidades silviculturais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL, São Paulo, SP. Normas. São Paulo, 1974.
- CASEY, J.P. *Pulp and paper chemistry and chemical technology*. Pulping and bleaching. 2. ed. New York, Interscience, 1966. v.I.
- COPANT. *Descripcion de características generales macroscópica e microscópicas de las maderas Angiospermas Dicotiledoneas*. s.l., s.ed., 1974. 19p. mimeo.
- DUCKE, A. *As leguminosas da Amazônia brasileira*. Belém, IAN, 1949. 248p. (IAN. Boletim Técnico, 18).
- FAO, Roma, Itália. *Raw materials for more paper; pulping processes and procedures recommended for testing*. Rome, 1953. 171p. (FAO Forestry and Forest Products Study, 6).
- GOMES, F.P. *Curso de estatística experimental*. 5. ed. Piracicaba, ESALQ, 1973. 430p.
- MAZZEI, F.M. & OVERBECK, W. *Investigação da influência da idade nas características físicas e químicas do lenho e das pastas celulósicas do *Eucalyptus saligna**. São Paulo, IPT, 1966. 29p. (IPT. Publicação, 758).
- MELO, C.F.M. de & GOMES, J.I. *Estudo químico e micrográfico de madeiras de Amazônia*. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1979. 70p. (EMBRAPA-CPATU. Comunicado Técnico, 19).
- MELO, C.F.M. de & HUHN, S. *Polpas branqueadas de madeira da Amazônia*. Belém, IPEAN, 1974. p.1-23. (IPEAN. Boletim Técnico, 61).
- SALADA, O. da S. *Curso Intensivo de Atualização Técnica em Celulose*. Belém, s.ed., 1970.
- SOARES, R.V. *Anotações de aulas e informações pessoais*. Curitiba, 1978.
- TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY, New York, EUA. *Standards and suggested methods*. New York, 1969.