

**A CUIARANA COMO MATÉRIA PRIMA PAPELEIRA**

## **MINISTRO DA AGRICULTURA**

Ângelo Amaury Stabile

### **Diretoria Executiva da EMBRAPA**

Eliseu Roberto de Andrade Alves  
— Presidente

Agide Gorgatti Netto  
— Diretor

José Prazeres Ramalho de Castro  
— Diretor

Raymundo Fonsêca Souza  
— Diretor

### **Chefia do CPATU**

Cristo Nazaré Barbosa do Nascimento  
— Chefe

José Furlan Júnior  
— Chefe Adjunto Técnico

Antônio Itayguara Moreira dos Santos  
— Chefe Adjunto de Apoio

## A CUIARANA COMO MATÉRIA-PRIMA PAPELEIRA

**Célio Francisco Marques de Melo**

Químico Industrial, M.S. em Engenharia Florestal. Pesquisador do CPATU

**Alfonso Wisniewski**

Químico Industrial. Professor Titular da FCAP

**Sérgio de Mello Alves**

Químico Industrial, M.S. em Química de Agricultura. Pesquisador do CPATU



EMBRAPA  
CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO ÚMIDO  
Belém, Pará

ISSN 0100-7262

Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido  
Trav. Dr. Enéas Pinheiro, s/n  
Caixa Postal, 48  
66.000 — Belém, PA

Melo, Célio Francisco Marques de

A cuiarana como matéria prima papeleira, por Célio Francisco Marques de Melo, Alfonso Wisniewski e Sérgio de Mello Alves. Belém, EMBRAPA-CPATU, 1980.

26 p. ilustr. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 19).

1. Cuiarana. 2. Polpa de Madeira — Tecnologia. I. Wisniewski, Alfonso. II. Alves, Sérgio de Mello. III. Título. IV. Série.

CDD: 676.121

## SUMÁRIO

|   |    |
|---|----|
| INTRODUÇÃO .....  | 6  |
| MATERIAL E MÉTODOS .....  | 8  |
| Material .....  | 8  |
| Métodos .....   | 8  |
| Análise química e características métricas das fibras .....       | 8  |
| Obtenção das polpas .....   | 10 |
| Tratamentos das polpas .....                                      | 10 |
| Ensaio físico-mecânico .....                                      | 11 |
| Delineamento e análise estatística .....                          | 11 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO .....                                      | 12 |
| Análise química e características métricas das fibras .....       | 12 |
| Obtenção das polpas .....   | 14 |
| Ensaio físico-mecânico das polpas .....                           | 15 |
| Análise estatística dos ensaios físico-mecânicos das polpas ..... | 16 |
| CONCLUSÕES .....  | 18 |
| REFERÊNCIAS .....   | 20 |
| ANEXOS .....  | 21 |
| Lista de Abreviaturas .....                                       | 21 |
| Tabelas 9 a 18 .....  | 22 |

## A CUIARANA COMO MATÉRIA-PRIMA PAPELEIRA (1)

**RESUMO:** É apresentado um estudo papeleiro da espécie **Terminalia amazonia** Exell in Pule conhecida comumente como Cuiarana. Árvore de mais de 20 m de altura ocorre em grande dispersão na floresta nativa amazônica, embora em concentração baixa. No maciço florestal entre o Tapajós e o Xingu, de acordo com os levantamentos realizados pela Missão FAO, a espécie contribui com apenas 1,72% na formação do volume total da madeira, por hectare. A utilização da Cuiarana, para fins papeleiros, porisso mesmo, está condicionada a um plantio racional em escala capaz de alimentar regularmente as necessidades de uma indústria de polpagem. Os coeficientes técnicos culturais dessa espécie até o presente não são conhecidos. O material para este estudo foi o coletado ao longo da Rodovia Santarém-Cuiabá, no Estado do Pará, e se constituiu de 3 toras de 1 metro de comprimento cada uma. As toras foram transformadas em cavacos pela maneira usual utilizando-se parte dos mesmos para a análise química da madeira e para a determinação das características métricas das fibras e a outra parte foi destinada para estudos de polpagem e determinação das propriedades papeleiras das polpas. Os métodos empregados foram os preconizados pela Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel (ABCP) e pela Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI). Na obtenção das polpas foram realizados seis cozimentos, pelo processo sulfato, variando-se as dosagens em 16, 18 e 20% de Álcali Ativo e o tempo em: 30 e 60 minutos. Os valores obtidos nos ensaios físico-mecânicos foram analisados estatisticamente. Em conclusão, pode-se afirmar que a Cuiarana, como matéria prima papeleira, embora produza apenas regulares rendimentos na polpagem por apresentar teores relativamente elevados de extrativos e de lignina, entretanto, pelas excepcionais propriedades físico-mecânicas das fibras, deve ser considerada matéria prima de primeira qualidade na fabricação de papéis em que sejam especialmente requeridas elevadas resistências ao rasgo, à auto-ruptura, ao estouro e a dobras. Os cozimentos números dois (20% de Álcali Ativo e 30 minutos) e seis (16% de Álcali Ativo e 30 minutos), considerados globalmente, foram os que melhores re-

---

Trabalho apresentado no I Encontro de Profissionais da Química da Amazônia, Belém, Pará, 1980.

sultados produziram, tendo em vista os fins a que as polpas se destinam em cada caso, o cozimento seis para papéis não branqueados e o cozimento dois para papéis branqueados. Analisados os resultados individualmente verificou-se que os cozimentos com 16% de Álcali Ativo e 60 minutos e 18% de Álcali Ativo e 30 minutos produziram os mais elevados valores em relação à variável estouro, respectivamente, de 7,74 e 7,64 kg/cm<sup>2</sup>. Os mais elevados valores de auto-ruptura foram obtidos com 18% de Álcali Ativo e 30 minutos (9.690 m); 16% de Álcali Ativo e 60 minutos (9.600 m); 20% de Álcali Ativo e 30 minutos (9.523 m). A variável dobras com 16% de Álcali Ativo e tempos de 30 e 60 minutos apresentou valores, respectivamente, de 1.411 e 2.001, sendo os mais elevados.

## INTRODUÇÃO

A Amazônia, pela ecologia característica e pelo desenvolvimento sócio-econômico, desponta como uma região especialmente vocacionada para vir a desempenhar, num futuro próximo, uma relevante função como produtora de insumos básicos, derivados da madeira extraída de suas imensas florestas nativas, bem como das florestas que serão plantadas racionalmente, tendo em vista a incomensurável disponibilidade de áreas ainda, praticamente, não ocupadas e de custo de aquisição relativamente baixo.

Alguns projetos florestais já em face de implantação, entre os quais, o do plantio de 100.000 ha da essência *Gmelina arborea* ao longo da margem direita do Rio Jari, executado pela Empresa Jari Florestal e Agropecuária Ltda, utilizam, na generalidade, espécies exóticas, as quais, nem sempre, apresentam o desempenho silvicultural esperado e desejado, apesar de se tratar de espécies arbóreas de comprovada superioridade como matéria-prima nos processos industriais.

Essa tendência pela introdução de espécies florestais estranhas ao ambiente amazônico, em parte, se justifica pelo fato do negligível conhecimento que até o presente se tem das possibilidades das espécies nativas como árvores para reflorestamento e para utilização nos processos industriais de produção de pastas e polpas para papel.

A potencialidade das espécies nativas da floresta amazônica só poderá ser devidamente revelada, através do estudo sistemático das mesmas sob um enfoque econômico e utilitário, objetivando a definição de suas reais características silviculturais e de seu comportamento nos processamentos industriais.

A grande heterogeneidade das florestas tropicais úmidas, formadas de centenas de espécies coexistindo num mesmo maciço florestal, torna-se, por vezes, de aproveitamento econômico, senão impossível, pelo menos, bastante aleatório.

O reflorestamento de grandes extensões amazônicas, desmatadas para uma colonização que nem sempre produziu, a longo prazo, resultados satisfatórios, é, sem dúvida, uma das expectativas de recuperação sócio-econômica dessas áreas em fase de retrocesso. Torna-se, portanto, especialmente oportuno o estudo para identificar as espécies florestais nativas que apresentem o mais elevado desempenho silvicultural e de utilização como matéria-prima nos processos de transformação industrial.

A Cuiarana, *Terminalia amazonia* Exell in Pulle, da família das Combretáceas, objeto da presente monografia, é uma das espécies que, pelas superiores características papeleiras, pode ser recomendada como excelente matéria-prima a ser utilizada na produção de pastas e polpas para papel. Estudos silviculturais deverão, todavia, complementar os aspectos tecnológicos que ora são apresentados.

A Cuiarana é uma árvore que pode atingir mais de 20 m de altura, de grande dispersão, podendo ser encontrada em toda a Amazônia, embora, com baixa densidade de ocorrência. Segundo levantamento florestal levado a efeito pela Missão FAO nos anos de 1956 a 1961 (Brasil. SUDAM 1974), na região compreendida entre o Tapajós e o Xingu, a ocorrência média da espécie, em número de árvores/ha é de, apenas, 0,90, com um volume médio de madeira de 3,89 m<sup>3</sup>/ha, que representa 1,72% sobre o volume total da madeira disponível por hectare.

A Cuiarana apresenta-se como madeira de coloração clara e densidade em torno de 0,80. Pode ser também utilizada como madeira para marcenaria e construção civil.

A baixa densidade de ocorrência, entretanto, elimina, pela base, a possibilidade de aproveitamento da mesma, no estado nativo, como matéria-prima papeleira, apesar de suas superiores características. Como essência para reflorestamento, com vistas, principalmente, à utilização na produção de celulose e papel, apresenta amplas possibilidades.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Material

O material fibroso foi coletado ao longo da Rodovia Santarém-Cuiabá, próximo à vila de Belterra, por especialistas lotados no Laboratório de Botânica do CPATU, e se constituiu de três toras de um metro de comprimento cada uma, retiradas, respectivamente, da base, do meio e da parte superior do fuste (Fig. 1).

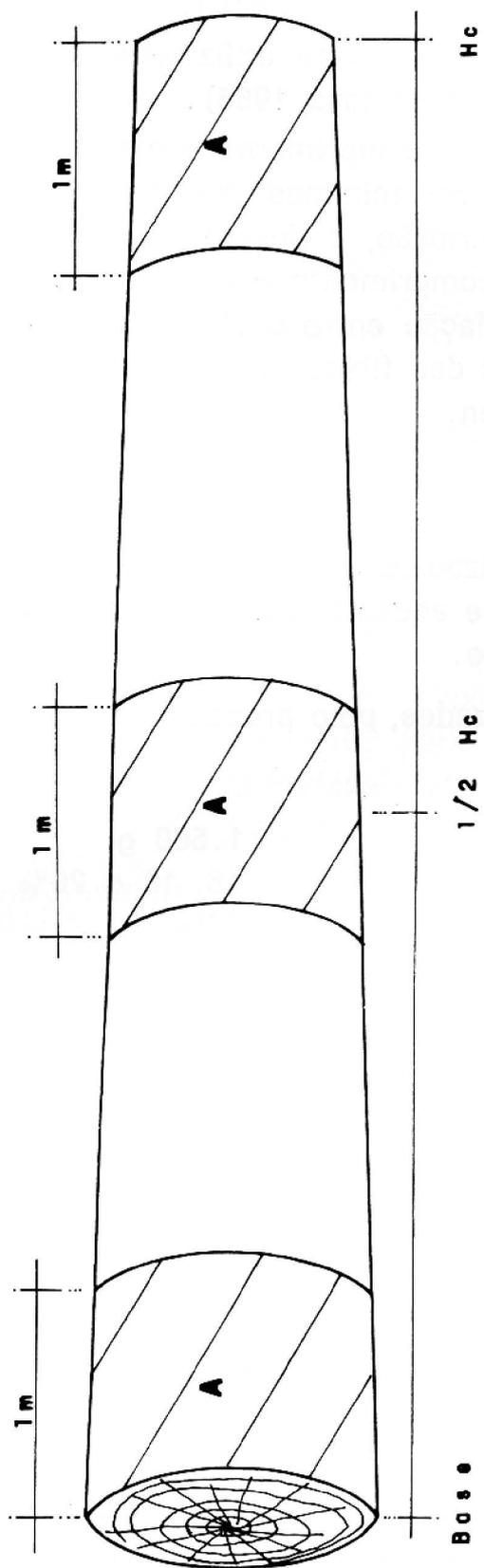
As toras foram transformadas em cavacos de 0,5 cm x 0,20 cm x 2,5 cm de dimensão e estes secados em estufa, com circulação de ar quente, na temperatura de  $40 \pm 5^\circ\text{C}$ . Parte dos cavacos foi triturada e tamizada em peneiras de 40 e 60 mesh para a análise química.

### Métodos

#### Análise química e características métricas das fibras

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

| Determinações                        | Métodos |        |       |
|--------------------------------------|---------|--------|-------|
| — Umidade                            | ABCP    | M      | 2/71  |
| — Resíduo Mineral Fixo               | TAPPI   | T15    | OS-58 |
| — Lignina                            | TAPPI   | T13    | OS-54 |
| — Celulose Cross e Bevan             | ABCP    | M      | 9/71  |
| — Pentosanas                         | TAPPI   | T19    | 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  |
| — Alkali Ativo Residual              | TAPPI   | RC-287 |       |



HC = Altura comercial

A = Madeira utilizada no estudo

FIG.1 - Método de retirada das amostras.

Cada análise foi realizada com três repetições e os resultados se referem às médias aritméticas correspondentes.

Na dissociação dos elementos fibrosos utilizou-se ácido nítrico 1:1 em vez de ácido concentrado (Shimoya 1966).

Foram feitas cem medições de comprimento e cinquenta de largura e lúmen, medindo-se os valores mínimos, médios e máximos e calculando-se o coeficiente de variação, o desvio padrão, o comprimento relativo (relação entre o comprimento e a largura da fibra) e o coeficiente de flexibilidade (relação entre o lúmen e a largura da fibra). A espessura das paredes das fibras foi determinada a partir das dimensões da largura e lúmen.

### **Obtenção das polpas**

Na obtenção das polpas utilizou-se uma autoclave giratória com capacidade de 20 litros, dotada de aquecimento indireto e controlada com regulador térmico automático.

Seis cozimentos foram realizados, pelo processo sulfato, nas seguintes condições operacionais :

|                                 |              |
|---------------------------------|--------------|
| — Madeira seca (U = 0%)         | 1.500 g      |
| — Alkali Ativo                  | 16, 18 e 20% |
| — Sulfidez                      | 25%          |
| — Temperatura de patamar        | 170°C        |
| — Tempo de elevação             | 90 min.      |
| — Tempo na temperatura de 170°C | 30 e 60 min. |
| — Diluição                      | 4 : 1        |

O processo sulfato foi selecionado por ser o mais usado no Brasil e principalmente por permitir fácil cozimento de qualquer madeira em tempo relativamente curto, produzir polpas com resistências satisfatórias e de fácil branqueamento e, ainda, por apresentar facilidades em relação à recuperação da lixívia negra (Casey 1966).

### **Tratamentos das polpas**

As polpas químicas resultantes dos cozimentos foram lavadas e depuradas em classificador de fibras BH 6/12 (Tipo Brecht Holl) provido de peneira de 0,3 mm, secadas ao ar, refinadas a uma consistên-

cia de 6%, a diferentes °SR, em moinho JK/6 (tipo Jokro) e, finalmente, transformadas em papel em formador de folhas FSS/2 (tipo Koethen Rapid), com gramatura aproximada de 60 g/m<sup>2</sup>.

### Ensaio físico-mecânicos

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, com as seguintes características: Aparelho Elmen-dorf ED/1600 (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/MGT-A (para medir a resistência ao estouro) e Dinamômetro RE-A. 30/5 (para medir a resistência à auto-ruptura).

### Delineamento e análise estatística

O delineamento utilizado no experimento foi o inteiramente casualizado, com dez repetições para as variáveis estouro e ruptura, nove repetições para a variável dobras e cinco repetições para a variável rasgo.

Os tratamentos, em número de seis, foram arranjados em esquema fatorial 3 x 2 em que o primeiro fator foi concentração de Alkali Ativo (16%, 18% e 20%) e o segundo fator, tempo de cozimento (30 e 60 minutos).

As Tabelas 9 a 18, no anexo, permitem observar, de uma maneira mais simples, os esquemas dos fatoriais usados, a identificação dos tratamentos, as análises de variância e a comparação entre médias de tratamentos.

Os valores relativos à variável dobras, por não apresentarem distribuição normal, foram corrigidos pela expressão  $\sqrt{x + 0,5}$  onde, o 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 teste SNK utiliza a tabela Tukey e a técnica de Duncan e é bastante empregado quando se deseja maior rigor na análise e um perfeito balanceamento entre os erros do tipo I e II (Soares 1978).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Análise química e características métricas das fibras

As Tabelas 1 e 2 agrupam, respectivamente, a análise química e a ficha biométrica da espécie estudada.

**TABELA 1 — Análise Química**

| Determinações                           | Resultados % |
|---|--------------|
| Resíduo Mineral Fixo                    | 0,64         |
| Celulose Cross e Bevan                  | 49,60        |
| Lignina                                 | 33,64        |
| Pentosanas                              | 12,05        |
| Solubilidade em água fria               | 8,66         |
| Solubilidade em água quente             | 10,53        |
| Solubilidade em Hidróxido de Sódio a 1% | 24,21        |
| Extrato álcool-benzol                   | 2,33         |

**TABELA 2 — Ficha biométrica das fibras**

| Especificação       | Máximo (micra) | Médio (micra) | Mínimo (micra) | Desvio padrão | Coefficiente de variação % |
|---------------------|----------------|---------------|----------------|---------------|----------------------------|
| Comprimento         | 2205           | 1792,96       | 1012           | 195,80        | 10,92                      |
| Largura             | 40             | 27,60         | 20             | 4,73          | 17,15                      |
| Lúmen               | 32             | 19,20         | 12             | 3,96          | 20,62                      |
| Espessura da parede | —              | 4,20          | —              | —             | —                          |
| Comprimento/largura | —              | 64,96         | —              | —             | —                          |
| Lúmen/largura       | —              | 0,70          | —              | —             | —                          |

Dos dados obtidos na análise química, observa-se que os teores de solubilidade em água fria e quente situam-se ligeiramente acima dos resultados médios comumente obtidos com folhosas tropicais. O teor de celulose deve ser considerado relativamente baixo, enquanto os dados de resíduo mineral fixo e pentosanas são normais.

O teor de lignina considerado alto evidencia a necessidade de se cozinhar a Cuiarana em presença de teores de álcali ativo mais elevados do que os comumente usados.

O baixo teor de celulose associado a elevados valores de lignina e extrativos pressupõem rendimentos mais baixos, aumento da opacidade do papel, além de um alto consumo de reagentes químicos durante a polpagem (Casey 1966 e Sandermann 1968).

A análise da Tabela 2 permite observar que a Cuiarana está constituída por fibras longas de paredes delgadas e largura média, segundo as normas da COPANT (1974).

Considerando-se que a resistência ao rasgo é diretamente proporcional ao comprimento da fibra, à densidade da madeira e ao comprimento relativo (relação entre o comprimento e a largura da fibra), é de se esperar elevada resistência ao rasgo para a espécie em estudo, apesar de delgada a parede das fibras e o baixo teor de celulose.

O coeficiente de flexibilidade (relação entre o lúmen e a largura da fibra) é diretamente proporcional à resistência à auto-ruptura. Assim, o elevado valor encontrado para a Cuiarana ( $CF = 0,70$ ) permite antever elevadas resistências à auto-ruptura.

Considerando que as resistências ao estouro e a dobras do papel são inversamente proporcionais à espessura da parede (FAO 1953 e Sallada 1970), é de se esperar papéis de elevada resistência em relação a esses parâmetros, com base na Cuiarana. Além disso, fibras de paredes delgadas, denominadas por Sandermann (1968) como tipo plano, durante a formação da folha de papel, recaem umas sobre as outras e se achatam, mantendo uma superfície de contato grande, não permitindo a presença de muito ar entre as mesmas e produzindo papéis pouco opacos, ou seja, mais ou menos transparentes.

### Obtenção das polpas

A Tabela 3 agrupa as condições e resultados dos seis cozimentos.

TABELA 3 — Condições e resultados dos cozimentos

| Coz. N.º | AA % | Tempo min. | S % | Temp. °C | Dil. Lix./mad. | AAR % | Rej. % | Rend. % | N. P. |
|----------|------|------------|-----|----------|----------------|-------|--------|---------|-------|
| 1        | 20   | 60         | 25  | 170      | 4:1            | 5,05  | 0      | 39,40   | 16,02 |
| 2        | 20   | 30         | 25  | 170      | 4:1            | 5,70  | 0,28   | 42,49   | 16,81 |
| 3        | 18   | 60         | 25  | 170      | 4:1            | 3,06  | 0,02   | 41,94   | 17,32 |
| 4        | 18   | 30         | 25  | 170      | 4:1            | 4,42  | 0,12   | 42,23   | 18,16 |
| 5        | 16   | 60         | 25  | 170      | 4:1            | 2,25  | 0,71   | 42,64   | 19,29 |
| 6        | 16   | 30         | 25  | 170      | 4:1            | 3,16  | 0,11   | 41,95   | 21,64 |

Observando-se os dados contidos na Tabela 3, pode-se concluir da inconveniência de reduzir-se o teor de álcali ativo abaixo de 16%, tendo em vista o baixo teor de álcali ativo residual e o já relativamente elevado número de permanganato apresentado pelo cozimento com 30 minutos. Por outro lado, parece também não haver interesse em se aumentar o percentual de álcali ativo acima de 20%, a fim de que o rendimento não seja afetado uma vez que, com 20% e 60 minutos de cozimento, atinge valores abaixo de 40%.

Dependendo da destinação da polpa obtida, pode-se admitir como melhores o cozimento número seis, para papéis não branqueados, e o cozimento número dois, para papéis branqueados, considerando-se que, no Brasil, há mais viabilidade econômica em aumentar-se o teor de álcali ativo para obter-se número de permanganato mais baixo, a aumentar o consumo de cloro no processo de branqueamento, com polpas de mais elevado número de permanganato.

## Ensaio físico-mecânico das polpas

A Tabela 4 reúne as condições de cozimento e os resultados físico-mecânicos dos papéis fabricados. Estão incluídas as resistências à auto-ruptura, estouro, rasgo e dobras, todas obtidas através de interpolação gráfica a 45°SR.

TABELA 4 — Ensaio físico-mecânico das polpas

| Coz. N.º | AA % | Tempo min. | S % | Temp. °C | Dil. Lix./mad. | Auto-ruptura m | Estouro kg/cm <sup>2</sup> | Rasgo g | Dobras n.º |
|----------|------|------------|-----|----------|----------------|----------------|----------------------------|---------|------------|
| 1        | 20   | 60         | 25  | 170      | 4 : 1          | 6297           | 5,09                       | 145,1   | 385        |
| 2        | 20   | 30         | 25  | 170      | 4 : 1          | 9523           | 5,86                       | 155,96  | 521        |
| 3        | 18   | 60         | 25  | 170      | 4 : 1          | 8130           | 6,15                       | 164     | 480        |
| 4        | 18   | 30         | 25  | 170      | 4 : 1          | 9690           | 7,74                       | 180     | 862        |
| 5        | 16   | 60         | 25  | 170      | 4 : 1          | 9600           | 7,64                       | 180     | 2001       |
| 6        | 16   | 30         | 25  | 170      | 4 : 1          | 7240           | 5,52                       | 222     | 1411       |

Os resultados dos ensaios físico-mecânicos apresentaram valores excepcionalmente elevados para todas as resistências, fato que deve ser destacado por se tratar de uma folhosa.

Em tese, espécies que apresentam elevadas resistências à auto-ruptura, estouro e dobras apresentam, em contrapartida, baixa resistência ao rasgo. A recíproca é, geralmente, também verdadeira, uma vez que espécies com elevadas resistências ao rasgo produzem baixas resistências à auto-ruptura, estouro e dobras.

Vale a pena salientar, ainda, que dentre as 70 espécies estudadas por Melo (1979) a Cuiarana apresentou, em relação aos ensaios físico-mecânicos das polpas, os mais elevados valores paramétricos considerados globalmente.

### Análise estatística dos ensaios físico-mecânicos das polpas

As Tabelas 5 a 8 mostram os resultados obtidos na análise, pelo teste SNK, das variáveis dobras, rasgo, estouro e auto-ruptura. Deve-se observar que médias ligadas pela mesma linha não apresentam diferença significativa a nível de 95% de probabilidade.

**TABELA 5 — Comparação entre médias de tratamentos — variável dobras**

| Tratamentos<br>T | Álcali Ativo<br>% | Tempo<br>min. | Médias           |               |
|------------------|-------------------|---------------|------------------|---------------|
|                  |                   |               | $\sqrt{x + 0,5}$ | N.º de dobras |
| T <sub>2</sub>   | 16                | 60            | 42,26            | 2.001         |
| T <sub>1</sub>   | 16                | 30            | 36,82            | 1.411         |
| T <sub>3</sub>   | 18                | 30            | 28,65            | 862           |
| T <sub>5</sub>   | 20                | 30            | 21,81            | 521           |
| T <sub>4</sub>   | 18                | 60            | 20,39            | 480           |
| T <sub>6</sub>   | 20                | 60            | 19,25            | 385           |

**TABELA 6 — Comparação entre médias de tratamentos — variável Rasgo**

| Tratamentos<br>T | Álcali Ativo<br>% | Média<br>g | Tempo<br>min. |
|------------------|-------------------|------------|---------------|
| T <sub>1</sub>   | 16                | 30         | 222           |
| T <sub>2</sub>   | 16                | 60         | 180           |
| T <sub>3</sub>   | 18                | 30         | 180           |
| T <sub>4</sub>   | 18                | 60         | 164           |
| T <sub>5</sub>   | 20                | 30         | 155,96        |
| T <sub>6</sub>   | 20                | 60         | 145,1         |

TABELA 7 — Comparação entre médias de tratamentos — variável estouro

| Tratamentos<br>T | Álcali Ativo<br>% | Tempo<br>min. | Média<br>kg/cm <sup>2</sup> |
|------------------|-------------------|---------------|-----------------------------|
| T <sub>3</sub>   | 18                | 30            | 7,74                        |
| T <sub>2</sub>   | 16                | 60            | 7,64                        |
| T <sub>4</sub>   | 18                | 60            | 6,15                        |
| T <sub>5</sub>   | 20                | 30            | 5,86                        |
| T <sub>1</sub>   | 16                | 30            | 5,52                        |
| T <sub>6</sub>   | 20                | 60            | 5,09                        |

TABELA 8 — Comparação entre médias de tratamentos — variável auto-ruptura

| Tratamentos<br>T | Álcali Ativo<br>% | Tempo<br>min. | Média<br>m |
|------------------|-------------------|---------------|------------|
| T <sub>3</sub>   | 18                | 30            | 9.690      |
| T <sub>2</sub>   | 16                | 60            | 9.600      |
| T <sub>5</sub>   | 20                | 30            | 9.523      |
| T <sub>4</sub>   | 18                | 60            | 8.130      |
| T <sub>1</sub>   | 16                | 30            | 7.240      |
| T <sub>6</sub>   | 20                | 60            | 6.297      |

As análises da variância e os testes de significância encontram-se nas Tabelas 11 a 18, no anexo.

As análises da variância para as variáveis rasgo e auto-ruptura apresentaram diferenças altamente significativas entre as dosagens, tratamentos, tempos e interações dosagens x tempos (Tabelas 13 e 17).

Com relação à variável estouro, apenas o tempo foi não significativo e, para a variável dobras, o tempo e a interação álcali ativo x

tempo também não apresentaram diferenças significativas, sendo que as demais fontes de variação, tanto para a variável estouro como para a variável dobras, foram altamente significativas (Tabelas 11 e 15).

A comparação entre médias de tratamentos para a variável dobras (Tabela 5) demonstrou que os tratamentos com 16% de álcali ativo e tempo de 30 e 60 minutos são iguais e os melhores. Os demais tratamentos também são iguais entre si e apresentaram os mais baixos valores de dobras.

Analisando-se o comportamento da variável rasgo, verifica-se que o melhor tratamento refere-se a 16% de AA e 30 minutos, enquanto que o menor valor foi obtido para o tratamento com 20% AA e 60 minutos (Tabela 6).

Para a variável estouro, a comparação entre médias mostrou que os tratamentos com 18% AA e 30 minutos e 16% AA e 60 minutos são iguais e os melhores, enquanto que o tratamento com 20% de AA e 60 minutos foi o que apresentou o mais baixo valor (Tabela 7).

Finalmente, para a variável auto-ruptura, a comparação entre médias de tratamentos indica que os tratamentos com 18% AA e 30 minutos, 16% AA e 60 minutos e 20 AA e 30 minutos foram os melhores e são estatisticamente iguais, ao passo que o menor valor foi determinado para o tratamento com 20% AA e 60 minutos (Tabela 8)

## CONCLUSÕES

A Cuiarana, *Terminalia amazonia* Exell in Pulle, como matéria-prima papeleira, não apresenta elevado rendimento nos processos de polpagem, situando-se, pelo contrário, em nível ligeiramente inferior aos valores médios apresentados pelas folhosas.

Esse relativamente baixo rendimento em polpa se relaciona aos teores elevados de lignina e de extrativos, os quais, por sua vez, pressupõem um consumo de álcali mais elevado do que o geralmente associado à polpagem de folhosas tropicais.

As características biométricas das fibras indicam que se trata de material de excepcional qualidade, devendo produzir papéis com elevados valores de auto-ruptura, rasgo e dobras.

Dependendo da finalidade a que se destina a polpa, pode-se considerar, como o melhor, o cozimento com álcali ativo de 16% no tempo de 30 minutos a 170°C, para papéis não branqueados e o cozimento com 20% de Álcali Ativo e tempo de 30 minutos a 170°C, para papéis branqueados.

Apesar do baixo rendimento e um relativamente mais elevado consumo de álcali, a Cuiarana, pelas excepcionais características físico-mecânicas das fibras, deve ser considerada matéria-prima de primeira qualidade na fabricação de papéis, em que sejam necessárias elevadas resistências ao rasgo, auto-ruptura, estouro e dobras. Por estas suas características, deve ser considerada, também, como excelente material de incorporação, em mistura com polpas de folhosas comuns.

O presente estudo deve ser complementado com pesquisas no campo silvicultural para determinar os melhores coeficientes técnicos culturais, já que a espécie no estado nativo, embora de grande dispersão na Amazônia, não apresenta suficiente concentração para poder ser utilizada como matéria-prima capaz de alimentar uma indústria de celulose e papel, ainda que de módulo pequeno.

MELO, C.F.M. de; WISNIEWSKI, A. & ALVES, S. de M. **A cuiarana como matéria prima papeleira.** Belém, Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido, 1980. 26 p. (EMBRAPA-CPATU. Boletim de Pesquisa, 19).

ABSTRACT: It was carried out a research on paper production from **Terminalia amazonia** Exell in Pulle, comunly known as Cuiarana. This tree is about 20 m height and native to the Amazon Forest, in low concentration. Based on the FAO survey, this specie contributes only to 1.72% of the total lumber volume produced per hectare. Than, the utilization of Cuiarana for the paper industry has to be through rational cultivation, in spite of no studies in this area, yet. The material used in this research was collected along Santarém-Cuiabá road, in Pará State. The samples were compôsed by three logs of 1 meter of length each. The logs were chopped in small pieces and analysed for chemical composition and fiber and pulp characteristics, following the description of the "Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel (ABCP)" and the Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI). The pulps were obtained by

cooking the material during 30 and 60 minutes for 6 times with sodium sulphate and 16,18 and 20% of Active Alkali. The results were statistically analysed and showed that Cuiarana, in spite of its average pulps production due mainly to its high lignin and extractive contents, could be used in the paper industry where it is required high resistance to tear, selfbreakage, burst and double folding. The cooking treatment numbers 2 and 6 were the best for unbleached paper and bleached paper, respectively. When burst was the main variable, the best treatments were 16% AA + 60 minutes cooking time and 18% AA + 30 minutes cooking time, with 7.74 and 7.64 kg/cm<sup>2</sup>, respectively. The best selfbreakage results were obtained with 18% AA + 30 minutes cooking time and 16% AA + 60 minutes cooking time and 20% AA + 30 minutes cooking time with 9,690, 9,600 and 9,523 m, respectively. The highest double folding values were obtained with 16% AA + 30 or 60 minutes cooking time, with 1,411 and 2,011, respectively.

## REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. **Normas**. São Paulo, 1974.
- BRASIL. SUDAM. **Levantamentos florestais realizados pela missão FAO na Amazônia (1956-1961)**. Belém, Divisão de Documentação, 1974. v. 1, 397 p.
- CASEY, J. P. Pulping and bleaching. In: —. **Pulp and paper; chemistry and chemical technology**. 2. ed. New York, Interscience, 1966. v. 1, 675 p.
- COPANT. **Descripcion de características generales macroscópica e microscópicas de las maderas Angiospermas Dicotiledoneas**. s.l., 1974, 19 p. mimeo.
- FAO, Roma. Itália. **Raw materials for more paper; Pulping processes and procedures recommended for testing**. Rome, 1953. 171 p. (FAO Forestry and Forest Products Study, 6).
- GOMES, F. P. **Curso de Estatística Experimental**. 5. ed. Piracicaba, ESALQ, 1973. 430 p.
- MELO, C.F.M. de. **Potencial papeleiro do maciço florestal situado entre os km 50 e 217 da rodovia Santarém-Cuiabá**. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1979. 184 p. Tese.
- SALLADA, O. da S. **Curso Intensivo de Atualização Técnica em Celulose**, Belém s. ed. 1970.
- SANDERMANN, H. W. **Las industrias químicas de la madera y economía de estas industrias en America Latina**. Turrialba, IICA, 1968. 88 p. (IICA. Publicacion miscelanea, 59).
- SHIMOYA, C. **Noções de técnica citológica**. Viçosa, Universidade Rural do Estado de Minas Gerais, 1966. 69 p.
- SOARES, R. V. **Anotações de aulas e informações pessoais**. Curitiba, 1978.
- TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **Standards and suggested methods**. New York, 1969.

**A N E X O S***Lista de Abreviaturas*

|         |   |   |
|---------|---|---|
| AA      | — | Álcali Ativo  |
| AAR     | — | Álcali Ativo Residual                                   |
| ABCP    | — | Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel       |
| CF      | — | Coeficiente de Flexibilidade                            |
| COPANT  | — | Comission Panamericana de Normas Técnicas               |
| COZ     | — | Cozimento   |
| CPATU   | — | Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido        |
| CR      | — | Comprimento Relativo                                    |
| Dil     | — | Diluição  |
| FAO     | — | Food and Agriculture Organization of the United Nations |
| Lix/mad | — | Lixívia/madeira   |
| N.P.    | — | Número de Permanganato                                  |
| S       | — | Sulfidez  |
| SNK     | — | Student Newman and Keuls                                |
| °SR     | — | °Schopper Riegler                                       |
| Rej     | — | Rejeito   |
| Rend    | — | Rendimento  |
| SUDAM   | — | Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia         |
| TAPPI   | — | Technical Association of the Pulp and Paper Industry    |
| Temp    | — | Temperatura   |
| U       | — | Umidade   |

**TABELA 9 — Combinação dos fatores estudados que constituem os tratamentos referentes ao processo sulfato**

| Concentrações de Álcali Ativo<br>% | Tempo (min.)                  |                               |
|------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
|                                    | 30 (b <sub>1</sub> )          | 60 (b <sub>2</sub> )          |
| 16 (a <sub>1</sub> )               | a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> | a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> |
| 18 (a <sub>2</sub> )               | a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> | a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> |
| 20 (a <sub>3</sub> )               | a <sub>3</sub> b <sub>1</sub> | a <sub>3</sub> b <sub>2</sub> |

**TABELA 10 — Identificação dos diversos tratamentos**

| Combinação                    | Tratamentos    |
|-------------------------------|----------------|
| a <sub>1</sub> b <sub>1</sub> | T <sub>1</sub> |
| a <sub>1</sub> b <sub>2</sub> | T <sub>2</sub> |
| a <sub>2</sub> b <sub>1</sub> | T <sub>3</sub> |
| a <sub>2</sub> b <sub>2</sub> | T <sub>4</sub> |
| a <sub>3</sub> b <sub>1</sub> | T <sub>5</sub> |
| a <sub>3</sub> b <sub>2</sub> | T <sub>6</sub> |

**TABELA 11 — Análise da variância — variável dobras**

| Fontes de variação | GL | SQ        | QM       | F                   |
|--------------------|----|-----------|----------|---------------------|
| Tratamento         | 5  | 4087,2919 | 817,4584 | 9,92**              |
| Álcali Ativo (AA)  | 2  | 3617,64   | 1808,82  | 21,95**             |
| Tempo (T)          | 1  | 43,439    | 43,439   | 0,527 <sup>NS</sup> |
| Interação (AA*T)   | 2  | 426,215   | 213,11   | 5,586 <sup>NS</sup> |
| Erro               | 48 | 3955,0341 | 82,3965  |                     |
| Total              | 53 | 8042,2360 |          |                     |

**TABELA 12 — Comparação entre médias de tratamentos — variável dobras**

| Tratamentos          | T <sub>2</sub><br>42,26 | T <sub>1</sub><br>36,82 | T <sub>3</sub><br>28,65 | T <sub>5</sub><br>21,81 | T <sub>4</sub><br>20,39 | T <sub>6</sub><br>19,25 |
|----------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| T <sub>6</sub> 19,25 | 23,01*                  | 17,57*                  | 9,40                    | 2,56                    | 1,14                    | 0                       |
| T <sub>4</sub> 20,39 | 21,87*                  | 16,43*                  | 8,26                    | 1,42                    | 0                       |                         |
| T <sub>5</sub> 21,81 | 20,45*                  | 15,01*                  | 6,84                    | 0                       |                         |                         |
| T <sub>3</sub> 28,65 | 13,61*                  | 8,17                    | 0                       |                         |                         |                         |
| T <sub>1</sub> 36,82 | 5,44                    | 0                       |                         |                         |                         |                         |
| T <sub>2</sub> 42,26 | 0                       |                         |                         |                         |                         |                         |

Comparador SNK a nível de 95% de probabilidade.

| 2    | 3     | 4     | 5     | 6     |
|------|-------|-------|-------|-------|
| 8,65 | 10,41 | 11,46 | 12,22 | 12,79 |

**TABELA 13 — Análise da variância — variável rasgo**

| Fontes de variação | GL | SQ        | QM       | F        |
|--------------------|----|-----------|----------|----------|
| Tratamento         | 5  | 18175,455 | 3635,091 | 63,97**  |
| Alcali Ativo (AA)  | 2  | 12830,6   | 6415,3   | 112,91** |
| Tempo (T)          | 1  | 3951,4    | 3951,4   | 65,54**  |
| Interação (AA*T)   | 2  | 1393,44   | 696,72   | 12,26**  |
| Erro               | 24 | 1363,632  | 56,818   |          |
| Total              | 29 | 19539,087 |          |          |

**TABELA 14 — Comparação entre médias de tratamentos — variável rasgo (g)**

| Tratamentos           | T <sub>1</sub><br>222 | T <sub>2</sub><br>180 | T <sub>3</sub><br>180 | T <sub>4</sub><br>164 | T <sub>5</sub><br>155,96 | T <sub>6</sub><br>145,1 |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------|
| T <sub>6</sub> 145,1  | 76,9*                 | 34,9*                 | 34,9*                 | 18,9*                 | 10,86*                   | 0                       |
| T <sub>5</sub> 155,96 | 66,04*                | 24,04*                | 24,04*                | 8,04*                 | 0                        |                         |
| T <sub>4</sub> 164    | 58,0*                 | 16,0*                 | 16,0*                 | 0                     |                          |                         |
| T <sub>3</sub> 180    | 42,0*                 | 0                     | 0                     |                       |                          |                         |
| T <sub>2</sub> 180    | 42,0*                 | 0                     |                       |                       |                          |                         |
| T <sub>1</sub> 222    | 0                     |                       |                       |                       |                          |                         |

Comparador SNK a nível de 95% de probabilidade

|      |       |       |       |       |
|------|-------|-------|-------|-------|
| 2    | 3     | 4     | 5     | 6     |
| 9,84 | 11,89 | 13,14 | 14,05 | 14,73 |

**TABELA 15 — Análise da variância — variável estouro**

| Fontes de variação | GL | SQ       | QM      | F                    |
|--------------------|----|----------|---------|----------------------|
| Tratamento         | 5  | 61,41789 | 12,2836 | 87,924**             |
| Álcali Ativo (AA)  | 2  | 23,3486  | 11,6743 | 83,5669**            |
| Tempo (T)          | 1  | 0,0952   | 0,0952  | 0,6814 <sup>NS</sup> |
| Interação (AA*T)   | 2  | 37,974   | 18,987  | 135,91 **            |
| Erro               | 54 | 7,54417  | 0,1397  |                      |
| Total              | 59 | 68,96206 |         |                      |

**TABELA 16 — Comparação entre médias de tratamentos — variável estouro (kg/cm<sup>2</sup>)**

| Tratamentos         | T <sub>3</sub><br>7,74 | T <sub>2</sub><br>7,64 | T <sub>4</sub><br>6,15 | T <sub>5</sub><br>5,86 | T <sub>1</sub><br>5,52 | T <sub>6</sub><br>5,09 |
|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| T <sub>6</sub> 5,09 | 2,65*                  | 2,55*                  | 1,06*                  | 0,77*                  | 0,43*                  | 0                      |
| T <sub>1</sub> 5,52 | 2,22*                  | 2,12*                  | 0,63*                  | 0,34                   | 0                      |                        |
| T <sub>5</sub> 5,86 | 1,88*                  | 1,78*                  | 0,29                   | 0                      |                        |                        |
| T <sub>4</sub> 6,15 | 1,59*                  | 1,49*                  | 0                      |                        |                        |                        |
| T <sub>2</sub> 7,64 | 0,1                    | 0                      |                        |                        |                        |                        |
| T <sub>3</sub> 7,74 | 0                      |                        |                        |                        |                        |                        |

Comparador SNK a nível de 95% de probabilidade.

|      |      |       |       |      |
|------|------|-------|-------|------|
| 2    | 3    | 4     | 5     | 6    |
| 0,34 | 0,40 | 0,447 | 0,476 | 0,50 |

**TABELA 17 — Análise da variância — variável auto-ruptura**

| Fontes de variação | GL | SQ             | QM            | F        |
|--------------------|----|----------------|---------------|----------|
| Tratamento         | 5  | 102063812,0833 | 20412762,4166 | 28,676** |
| Alcali Ativo (AA)  | 2  | 9990000        | 4995000       | 7,017**  |
| Tempo (T)          | 1  | 9800000        | 9800000       | 13,76 ** |
| Interação (AA*T)   | 2  | 82270000       | 41135000      | 57,78 ** |
| Erro               | 54 | 38438912,5     | 711831,71296  |          |
| Total              | 59 | 140502742,5833 |               |          |

**TABELA 18 — Comparação entre médias de tratamentos — variável auto-ruptura (m)**

| Tratamentos         | T <sub>3</sub><br>9690 | T <sub>2</sub><br>9600 | T <sub>5</sub><br>9523 | T <sub>4</sub><br>8130 | T <sub>1</sub><br>7240 | T <sub>6</sub><br>6297 |
|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| T <sub>6</sub> 6297 | 3.393*                 | 3.303*                 | 3.226*                 | 1.833*                 | 943*                   | 0                      |
| T <sub>1</sub> 7240 | 2.450*                 | 2.360*                 | 2.283*                 | 890*                   | 0                      |                        |
| T <sub>4</sub> 8130 | 1.560*                 | 1.470*                 | 1.393*                 | 0                      |                        |                        |
| T <sub>5</sub> 9523 | 167                    | 77                     | 0                      |                        |                        |                        |
| T <sub>2</sub> 9600 | 90                     | 0                      |                        |                        |                        |                        |
| T <sub>3</sub> 9690 | 0                      |                        |                        |                        |                        |                        |

Comparador SNK a nível de 95% de probabilidade.

|     |     |      |      |      |
|-----|-----|------|------|------|
| 2   | 3   | 4    | 5    | 6    |
| 763 | 780 | 1011 | 1078 | 1128 |