

RESUMO

Foram estudadas as características tecnológicas das madeiras e das polpas kraft de cinco espécies da família Moraceae, nativas da Amazônia, *Brosimum parinarioides* Ducke (amapá), *Pourouma longipendula* Ducke (embaubarana), *Clarisia racemosa* R. & P. (quariúba), *Helycostylis tomentosa* Rusby (inharê), *Brosimum rubescens* Taub. (muirapiranga) e das espécies exóticas *Anthocephalus chinensis* (Lamk.) Rich, *Eucalyptus deglupta* Blume e *Gmelina arborea* Roxb. Foram determinadas as características dendrométricas, químicas e as densidades básicas das madeiras. Estudos de deslignificação demonstraram que as espécies inharê e muirapiranga foram mais difíceis de serem deslignificadas. As polpas foram branqueadas pelas seqüências CEDED, CEHDED e C/DEDED. Os maiores consumos de reagentes químicos nos branqueamentos foram verificados para as polpas com teores de lignina residual mais elevados. Os melhores valores para comprimento de auto-ruptura, alongamento e arrebentamento foram obtidos pelas polpas não branqueadas oriundas das espécies exóticas. As polpas das espécies amapá, quariúba, e inharê apresentaram valores mais elevados para resistência ao rasgo.

INTRODUÇÃO

A crescente relevância do potencial florestal da região Amazônica, demonstrada pelas implantações de novas indústrias madeireiras na região, necessita de uma maior atenção no sentido de diversificar o uso desse potencial madeireiro.

Apesar do progressivo aumento da demanda de madeiras principalmente para serração, a procura com vistas à produção de celulose praticamente inexistente. Acredita-se que este fato possa estar relacionado com certas limitações que o uso de florestas nativas apresentam, como a heterogeneidade de suas madeiras em termos de densidade e características anatômicas e químicas.

Dada a grande variedade das espécies amazônicas, uma contribuição ao conhecimento da matéria-prima depende, em grande parte, do aprofundamento de estudos tecnológicos

(*) Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia.

objetivando a possibilidade de sua adequada utilização.

Com o intuito de diversificar o aproveitamento do grande potencial madeireiro existente na região, visando a produção de celulose para papel, contribuições nesse sentido têm sido apresentadas através de trabalhos de pesquisas voltados para esta finalidade (Overbeck, 1968; Lobato, 1969; Corrêa et al., 1970; Corrêa et al., 1974; Melo & Alves, 1974).

Das espécies nativas em estudo, apenas do amapã foi encontrada referência bibliográfica sobre produção de celulose, cuja polpa obtida pelo processo Soda-Enxofre com n_umero de permanganato 21, apresentou as seguintes características à 45°SR: comprimento de auto-ruptura, 8.592 m; rasgo, 96 g/100/m²; estouro, 4,25 kg/cm²/100g/m² e dobras duplas, 709 (Corrêa et al., 1974).

No que diz respeito às exóticas, a *Gmelina arborea* e o *Eucalyptus deglupta* são espécies já definidas no projeto da Companhia Florestal Monte Dourado, enquanto o *Anthocephalus chinensis* (Lamk.) Rich. é uma espécie que está sendo objeto de estudos dentro do programa de reflorestamento da Companhia, visando a sua introdução na região.

O presente trabalho teve como finalidade o estudo comparativo das características papeleiras das espécies florestais nativas da Família Moraceae *Brosimum parinarioides* Ducke (amapã), *Pourouma longipendula* Ducke (embaubarana), *Clarisia racemosa* R. & P. (guariúba), *Helicostylis tomentosa* Rusby. (inharé), *Brosimum rubescens* Taub. (muirapiranga) e das exóticas *Anthocephalus chinensis* (Lamk.) Rich. e *Eucalyptus deglupta* Blume, com a *Gmelina arborea* Roxb.

MATERIAL

As espécies nativas utilizadas neste estudo amapã, embaubarana, inharé, guariúba e muirapiranga foram coletadas de um maciço florestal localizado em Manaus, Estado do Amazonas, a 60°12' de Longitude Oeste de Greenwich e 2°37' de Latitude Sul, devidamente identificadas pelo Departamento de Botânica do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), enquanto que as exóticas *A. chinensis*, *E. deglupta* e a *Gmelina* vieram de plantações da Jarí - Companhia Florestal Monte Dourado, em lotes com pedaços de troncos de 1,20 m de comprimento. Estes toretes, juntamente com os das espécies nativas foram descascados manualmente, transformados em hastes, as quais foram reduzidas a cavacos em picador laboratorial APPLETON sendo, posteriormente, classificados em Separador Vibrador SWECO, secos ao ar, homogêneos e armazenados para os ensaios.

METODOLOGIA E RESULTADOS

Composição química e densidade básica das madeiras

As determinações relativas à composição química das madeiras foram efetuadas segundo normas da Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel (ABCP), exceção feita ao

teor de celulose o qual foi determinado pelo método Kürschner e Hoffer. A densidade básica das madeiras foi efetuada de acordo com a norma da Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI) T - Rc-91. Os valores médios dessas determinações encontram-se no Quadro I.

Quadro I. Valores médios para a composição química e densidade básica das madeiras.

| ESPÉCIE | SOLUBILIDADE EM: | | | TEOR DE: | | | | Densidade Básica g/cm ³ |
|---------------------|------------------|------------------|-----------|------------|------------|-----------|----------|------------------------------------|
| | Água Quente % | Alcool Benzeno % | NaOH 1% % | Celulose % | Pentosas % | Lignina % | Cinzas % | |
| Amapá | 1,17 | 2,87 | 12,86 | 50,68 | 12,07 | 28,16 | 0,35 | 0,522 |
| Embaubarana | 1,67 | 4,81 | 13,83 | 50,87 | 12,94 | 27,71 | 0,38 | 0,335 |
| Guariúba | 1,81 | 7,39 | 19,34 | 40,58 | 16,56 | 27,33 | 0,32 | 0,512 |
| Inharé | 0,59 | 2,31 | 9,73 | 44,27 | 12,38 | 35,21 | 0,70 | 0,650 |
| Muirapiranga | 1,96 | 12,02 | 18,98 | 42,61 | 13,31 | 33,28 | 0,29 | 0,724 |
| A. chinensis | 0,46 | 2,09 | 14,80 | 41,65 | 16,44 | 25,93 | 0,79 | 0,278 |
| E. deglupta | 1,23 | 3,28 | 18,08 | 43,17 | 15,69 | 23,86 | 0,57 | 0,354 |
| Gmelina | 1,57 | 3,79 | 13,49 | 51,40 | 14,95 | 22,97 | 0,82 | 0,380 |

Classificação, características dimensionais e relações entre as dimensões fundamentais das fibras

A classificação das fibras foi realizada em classificador CLARK modelo M - 46 de acordo com a norma TAPPI T-233 SU-64. Para o preparo das lâminas foram retiradas pequenas amostras de polpa de cada compartimento do classificador (14, 28, 50 e 100 Mesh) e coradas com safranina. Foram realizadas 150 medições para cada característica anatômica, por espécie. A média ponderada do comprimento por peso das fibras foi calculada considerando o comprimento médio das fibras e a quantidade de polpa retida em cada compartimento do classificador. Os resultados dessas determinações estão apresentados no Quadro II.

Quadro II. Valores médios das características micrométricas e média ponderada do comprimento por peso das fibras.

| ESPÉCIE | Comprimento (mm) | Largura (µm) | Lúmen (µm) | Espessura da Parede (µm) | Média Ponderada Comprimento/peso (mm) |
|---------------------|------------------|--------------|------------|--------------------------|---------------------------------------|
| Amapá | 1,065 | 9,76 | 5,98 | 1,89 | 1,123 |
| Embaubarana | 1,035 | 18,22 | 11,93 | 3,14 | 1,081 |
| Guariúba | 0,868 | 11,77 | 7,22 | 2,27 | 0,865 |
| Inharé | 1,098 | 7,78 | 3,17 | 2,30 | 1,227 |
| Muirapiranga | 1,039 | 7,75 | 3,70 | 2,02 | 1,125 |
| A. chinensis | 1,192 | 20,09 | 14,69 | 2,70 | 1,203 |
| E. deglupta | 0,916 | 11,24 | 6,46 | 2,39 | 0,769 |
| Gmelina | 0,951 | 15,48 | 11,21 | 2,13 | 0,853 |

Com base nas dimensões fundamentais das fibras, foram determinados o coeficiente de flexibilidade, o índice de enfiamento, o índice de Runkel e a fração parede cujos resultados podem ser vistos no Quadro III.

Quadro III. Relações entre as dimensões fundamentais das fibras.

| ESPÉCIE | Coefficiente de Flexibilidade % | Índice de Enfiamento | Índice de Runkel | Fração Parede % |
|---------------------|---------------------------------|----------------------|------------------|-----------------|
| Amapá | 61,27 | 109,12 | 0,63 | 38,73 |
| Embaubarana | 65,48 | 56,64 | 0,53 | 34,47 |
| Guariúba | 61,34 | 73,75 | 0,63 | 38,57 |
| Inharé | 40,74 | 141,13 | 1,45 | 59,12 |
| Muirapiranga | 47,74 | 134,06 | 1,09 | 52,13 |
| A. chinensis | 73,12 | 59,33 | 0,37 | 26,88 |
| E. deglupta | 57,47 | 81,49 | 0,74 | 42,53 |
| Gmelina | 72,42 | 61,43 | 0,38 | 27,52 |

Polpação das madeiras

O processo de polpação utilizado foi o kraft. Os cozimentos foram realizados em digestor rotativo marca AUXIMECA, de aço inoxidável, aquecido eletricamente, 1,5 rpm e com 50 litros de capacidade. Para os cozimentos das diversas espécies foi adotado um nível único de 15% de álcali ativo. Essa condição foi estabelecida após cozimentos experimentais com a Gmelina, madeira de referência, objetivando-se obter polpa com número kappa próximo de 20. Os demais parâmetros de cozimentos mantidos constantes foram os seguintes: sulfidez, 25±1%; atividade, 85±1%; temperatura, 170°C; tempo até temperatura, 90 minutos; tempo na temperatura, 80 minutos; relação licor/madeira, 4:1 e quantidade de cavacos, 5000 g s.e. Após os cozimentos, o digestor era despressurizado e descarregado e os cavacos recolhidos em uma peneira com tela de malha fina. Simultaneamente, procedia-se a coleta da lixívia negra para a determinação do álcali residual. Porções de cavacos deslignificados foram desintegradas em desintegrador ALLIBE, 17 litros de capacidade e 1700 rpm e as polpas foram depuradas em depurador laboratorial VOITH. No Quadro IV encontram-se os valores referentes às características de deslignificação das madeiras.

Quadro IV. Resultados da polpação kraft das madeiras nativas e exóticas da Amazônia.

| ESPÉCIE | Rendimento | | Teor de Rejeitos % | Número Kappa | Álcali Residual g/l |
|-------------|------------|------------|--------------------|--------------|---------------------|
| | Bruto % | Depurado % | | | |
| Amapá | 40,72 | 40,44 | 0,28 | 22,1 | 0,40 |
| Embaubarana | 48,61 | 48,04 | 0,57 | 22,8 | 0,32 |

Quadro IV. (cont.)

| ESPECIE | Rendimento | | Teor de Rejeitos % | Número Kappa | Alcali Residual g/l |
|---------------------|------------|------------|--------------------|--------------|---------------------|
| | Bruto % | Depurado % | | | |
| Guariúba | 47,11 | 45,58 | 1,53 | 29,1 | 0,90 |
| Inharê | 51,20 | 50,17 | 1,03 | 31,3 | 0,27 |
| Muirapiranga | 54,94 | 50,40 | 4,54 | 33,4 | 0,32 |
| <i>A. chinensis</i> | 45,12 | 45,00 | 0,12 | 20,1 | 0,62 |
| <i>E. deglupta</i> | 44,93 | 44,36 | 0,57 | 22,3 | 0,95 |
| Gmelina | 49,01 | 48,65 | 0,36 | 19,1 | 1,55 |

Branqueamento das polpas

As polpas foram branqueadas pelas seqüências normalmente utilizadas pelas indústrias nacionais que utilizam o Eucalipto como matéria-prima para a obtenção de celulose química: CEDED; CEHDED e C/DEDED.

Durante os branqueamentos, as condições operacionais apresentadas no Quadro V mantiveram-se constantes.

Quadro V. Condições mantidas constantes nos branqueamentos.

| PARÂMETRO | ESTÁGIO | | | |
|-----------------|-----------|-------------------|--------------|------------|
| | Cloração | Extração Alcalina | Hipocloração | Dioxidação |
| Consistência, % | 3,5 | 12 | 12 | 12 |
| Tempo, min. | 30 | 90 | 120 | 210 |
| Temperatura, °C | ambiente | 60 | 40 | 70 |
| pH final | 1,5 - 2,0 | 11,0 - 11,5 | 10,5 - 11,5 | 3,0 - 4,0 |

As dosagens de produtos químicos nos dois estágios preliminares foram efetuados considerando os graus de deslignificações das polpas não branqueadas de acordo com estudos desenvolvidos por Zvinakevicius *et al.* (1979). As aplicações de cloroativo seguiram as equações, estabelecidas pelos pesquisadores mencionados, para seqüências com três e quatro estágios de cloro ativo. No estágio C/D foi substituído 25% de Cl₂ por ClO₂. As alvuras foram determinadas no medidor PHOTOVOLT. Os resultados obtidos nos branqueamentos estão apresentados nos Quadros VI, VII e VIII.

262 **Quadro VI.** Condições e resultados do branqueamento CEDED das polpas kraft de espécies nativas e exóticas da Amazônia.

| ESPECIE | | Amapá | Embaubarana | Guariúba | Inharé | Muirapiranga | A.chinensis | E. deglupta | Gmelina |
|----------------------------------|--------------------------|-------|-------------|----------|--------|--------------|-------------|-------------|---------|
| Alvura polpa não branqueada | | 36 | 33 | 28 | 31 | 25 | 37 | 33 | 39 |
| Número kappa | | 22,1 | 22,8 | 29,1 | 31,3 | 33,4 | 20,1 | 22,3 | 19,1 |
| Viscosidade, cP | | 19,6 | 26,2 | 33,6 | 14,5 | 16,0 | 23,8 | 34,8 | 25,9 |
| C | Cloro ativo aplicado, % | 3,41 | 3,48 | 4,17 | 4,40 | 4,63 | 3,19 | 3,43 | 3,09 |
| | Cloro ativo consumido, % | 3,41 | 3,46 | 4,14 | 4,40 | 4,63 | 3,17 | 3,39 | 3,05 |
| E | NaOH aplicado, % | 2,04 | 2,07 | 2,26 | 2,33 | 2,40 | 1,98 | 2,05 | 1,95 |
| | NaOH consumido, % | 1,43 | 1,46 | 1,77 | 1,87 | 2,14 | 1,47 | 1,59 | 1,47 |
| D | Cloro ativo aplicado, % | 2,73 | 2,84 | 3,85 | 4,19 | 4,53 | 2,42 | 2,76 | 2,26 |
| | Cloro ativo consumido, % | 2,73 | 2,84 | 3,85 | 4,19 | 4,53 | 2,42 | 2,76 | 2,26 |
| E | NaOH aplicado, % | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| | NaOH consumido, % | 0,34 | 0,38 | 0,50 | 0,49 | 0,50 | 0,38 | 0,43 | 0,33 |
| D | Cloro ativo aplicado, % | 0,91 | 0,95 | 1,28 | 1,40 | 1,51 | 0,81 | 0,92 | 0,75 |
| | Cloro ativo consumido, % | 0,85 | 0,94 | 1,28 | 1,40 | 1,51 | 0,80 | 0,80 | 0,63 |
| Viscosidade polpa branqueada, cP | | 14,0 | 13,9 | 18,0 | 11,5 | 12,3 | 15,5 | 23,4 | 19,2 |
| Alvura | | 89,0 | 89,0 | 84,0 | 77,5 | 67,0 | 88,0 | 89,0 | 88,5 |
| Estabilidade da alvura, % | | 97,8 | 97,8 | 98,3 | 96,9 | 97,1 | 97,8 | 95,6 | 97,3 |

Quadro VII. Condições e resultados do branqueamento

| ESPECIE | | Amapá | Embaubarana | Guariúba | Inharé | Muirapiranga | A.chinensis | E.deglupta | Gmelina |
|----------------------------------|--------------------------|-------|-------------|----------|--------|--------------|-------------|------------|---------|
| Alvura polpa não branqueada | | 36 | 33 | 28 | 31 | 25 | 37 | 33 | 39 |
| Número kappa | | 22,1 | 22,8 | 29,1 | 31,3 | 33,4 | 20,1 | 22,3 | 19,1 |
| Viscosidade, cP | | 19,6 | 26,2 | 33,6 | 14,5 | 16,0 | 23,8 | 34,8 | 25,9 |
| C | Cloro ativo aplicado, % | 3,41 | 3,48 | 4,17 | 4,40 | 4,63 | 3,19 | 3,43 | 3,09 |
| | Cloro ativo consumido, % | 3,41 | 3,46 | 4,14 | 4,40 | 4,63 | 3,17 | 3,39 | 3,05 |
| E | NaOH aplicado, % | 2,04 | 2,07 | 2,26 | 2,33 | 2,40 | 1,98 | 2,05 | 1,95 |
| | NaOH consumido, % | 1,43 | 1,47 | 1,77 | 1,87 | 2,14 | 1,47 | 1,59 | 1,47 |
| H | Cloro ativo aplicado, % | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 0,93 | 1,00 | 0,95 |
| | Cloro ativo consumido, % | 0,99 | 0,99 | 0,99 | 1,00 | 1,00 | 0,92 | 0,98 | 0,89 |
| D | Cloro ativo aplicado, % | 1,98 | 2,09 | 3,10 | 3,44 | 3,78 | 1,72 | 2,01 | 1,55 |
| | Cloro ativo consumido, % | 1,95 | 2,09 | 3,10 | 3,44 | 3,78 | 1,70 | 2,01 | 1,54 |
| E | NaOH aplicado, % | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| | NaOH consumido, % | 0,27 | 0,30 | 0,49 | 0,43 | 0,50 | 0,32 | 0,39 | 0,37 |
| D | Cloro ativo aplicado, % | 0,66 | 0,70 | 1,03 | 1,15 | 1,26 | 0,58 | 0,67 | 0,52 |
| | Cloro ativo consumido, % | 0,54 | 0,63 | 1,03 | 1,15 | 1,26 | 0,55 | 0,66 | 0,35 |
| Viscosidade polpa branqueada, cP | | 13,5 | 14,0 | 17,3 | 10,1 | 12,2 | 14,0 | 19,7 | 15,5 |
| Alvura | | 89,0 | 85,0 | 85,5 | 80,0 | 68,0 | 88,0 | 89,0 | 88,0 |
| Estabilidade da alvura, % | | 98,4 | 98,7 | 97,8 | 97,0 | 97,20 | 97,8 | 98,4 | 96,7 |

Quadro VIII. Condições e resultados do branqueamento C/DEDED das polpas kraft de espécies nativas e exóticas da Amazônia.

| ESPÉCIE | | Amapá | Embaubarana | Guariúba | Inharé | Muirapiranga | A.chinensis | E.deglupta | Gmelina |
|------------------------------|--|-------|-------------|----------|--------|--------------|-------------|------------|---------|
| Alvura polpa não branqueada | | 36 | 33 | 28 | 31 | 25 | 37 | 33 | 39 |
| Número kappa | | 22,1 | 22,8 | 29,1 | 31,3 | 33,4 | 20,1 | 22,3 | 19,1 |
| Viscosidade, cP | | 19,6 | 26,2 | 33,6 | 14,5 | 16,0 | 23,8 | 34,8 | 25,9 |
| C | Cloro ativo total aplicado, % | 3,41 | 3,48 | 4,17 | 4,40 | 4,63 | 3,19 | 3,43 | 3,09 |
| | Cloro ativo aplicado como Cl ₂ , % | 2,56 | 2,61 | 3,13 | 3,30 | 3,47 | 2,39 | 2,57 | 2,32 |
| D | Cloro ativo aplicado como ClO ₂ , % | 0,85 | 0,87 | 1,04 | 1,10 | 1,16 | 0,80 | 0,86 | 0,77 |
| | Cloro ativo consumido, % | 3,41 | 3,46 | 4,14 | 4,40 | 4,63 | 3,15 | 3,41 | 3,07 |
| E | NaOH aplicado, % | 2,04 | 2,07 | 2,26 | 2,33 | 2,40 | 1,98 | 2,05 | 1,95 |
| | NaOH consumido, % | 1,33 | 1,26 | 1,79 | 1,78 | 2,01 | 1,36 | 1,51 | 1,27 |
| D | Cloro ativo aplicado, % | 2,73 | 2,84 | 3,85 | 4,19 | 4,53 | 2,42 | 2,76 | 2,26 |
| | Cloro ativo consumido, % | 2,73 | 2,84 | 3,85 | 4,19 | 4,53 | 2,42 | 2,76 | 2,26 |
| E | NaOH aplicado, % | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| | NaOH consumido, % | 0,34 | 0,38 | 0,50 | 0,49 | 0,50 | 0,36 | 0,43 | 0,42 |
| D | Cloro ativo aplicado, % | 0,91 | 0,95 | 1,28 | 1,40 | 1,51 | 0,81 | 0,92 | 0,75 |
| | Cloro ativo consumido, % | 0,86 | 0,94 | 1,28 | 1,40 | 1,51 | 0,77 | 0,85 | 0,63 |
| Viscosidade polpa branqueada | | 14,4 | 14,3 | 18,6 | 10,7 | 12,9 | 16,1 | 23,8 | 19,5 |
| Alvura | | 89,5 | 89,0 | 87,0 | 80,5 | 70,0 | 89,0 | 89,5 | 89,0 |
| Estabilidade da alvura, % | | 97,8 | 98,9 | 98,3 | 97,6 | 97,8 | 98,3 | 95,6 | 98,3 |

Características físico-mecânicas das polpas

Para o desenvolvimento de resistências, as moagens das polpas não branqueadas foram efetuadas nos seguintes equipamentos: Holandesa, a 1% de consistência; Bauer, refinador de disco simples, a 0,2% de consistência e Jokro Mühle, a 6% de consistência. As polpas branqueadas foram refinadas, somente, no Bauer. As folhas foram confeccionadas em formador KÖTHEN-RAPID, com gramatura aproximada de 60 g/m² e condicionadas em ambiente a 20±2°C de temperatura e 65±2% de umidade relativa. As propriedades físico-mecânicas foram determinadas segundo normas da ABCP e os resultados interpolados a 45°SR estão apresentados nos Quadros IX e X.

Quadro IX. Características físico-mecânicas (45°SR) das polpas kraft não branqueadas refinadas nos equipamentos Holandesa, Bauer e Jokro.

| ESPECIE | Tempo de Refino (min.) | Comprimento de Auto-ruptura (km) | Alongamento (%) | Arrebentamento (kgf/cm ²) | Rasgo (gf) | Dobras Duplas (nº) | Volume Específico (cm ³ /g) | Resistência à Passagem de ar (s/100cm ³) |
|-------------------------|------------------------|----------------------------------|-----------------|---------------------------------------|------------|--------------------|--|--|
| MOINHO HOLANDESA | | | | | | | | |
| Amapá | 83 | 3,56 | 1,3 | | 50,1 | 5 | 1,547 | 15,1 |
| Embaubarana | 92 | 3,15 | 0,8 | 0,3 | 39,0 | 3 | 1,488 | 39,8 |
| Guariúba | 75 | 3,19 | 1,0 | 0,1 | 47,4 | 6 | 1,487 | 20,2 |
| Inharé | 119 | 3,26 | 1,1 | 0,2 | 50,3 | 4 | 1,594 | 11,9 |
| Muirapiranga | 97 | 2,95 | 1,1 | | 46,5 | 3 | 2,226 | 4,7 |
| A. chinensis | 61 | 2,96 | 0,6 | | 45,4 | 3 | 1,513 | 21,8 |
| E. deglupta | 72 | 4,69 | 1,3 | 1,1 | 48,5 | 12 | 1,409 | 37,6 |
| Gmelina | 95 | 4,17 | 1,3 | 0,4 | 51,2 | 8 | 1,344 | 83,0 |
| REFINADOR BAUER | | | | | | | | |
| Amapá | | 6,18 | 1,8 | 3,5 | 112 | 113 | 1,778 | 23,4 |
| Embaubarana | | 5,74 | 1,4 | 1,5 | 80,6 | 25 | 1,493 | 73,2 |
| Guariúba | | 5,51 | 1,5 | 1,9 | 96,6 | 33 | 1,639 | 12,5 |
| Inharé | | 5,75 | 1,5 | 2,5 | 124 | 55 | 1,771 | 11,0 |
| Muirapiranga | | 4,43 | 1,2 | 1,1 | 84,6 | 11 | 2,024 | 4,2 |
| A. chinensis | | 6,20 | 1,5 | 3,8 | 80,5 | 317 | 1,428 | 180,4 |
| E. deglupta | | 5,96 | 1,6 | 3,1 | 71,0 | 53 | 1,522 | 47,8 |
| Gmelina | | 6,36 | 1,5 | 3,0 | 84,7 | 102 | 1,349 | 70,3 |
| MOINHO JOKRO | | | | | | | | |
| Amapá | 27 | 6,49 | 1,5 | 2,9 | 110 | 47 | 1,438 | 7,5 |
| Embaubarana | 28 | 5,40 | 1,5 | 2,1 | 84,6 | 25 | 1,231 | 41,3 |
| Guariúba | 36 | 6,71 | 1,6 | 3,4 | 106 | 97 | 1,383 | 15,7 |
| Inharé | 28 | 5,55 | 1,7 | 2,0 | 101 | 40 | 1,587 | 5,3 |
| Muirapiranga | 36 | 5,22 | 1,4 | 1,9 | 88,5 | 14 | 1,631 | 4,6 |
| A. chinensis | 29 | 7,09 | 1,8 | 4,5 | 73,8 | 198 | 1,178 | 81,1 |
| E. deglupta | 25 | 6,32 | 1,8 | 4,2 | 74,8 | 189 | 1,223 | 51,2 |
| Gmelina | 23 | 7,99 | 2,3 | 5,3 | 96,5 | 201 | 1,233 | 77,9 |

Quadro X. Características físico-mecânicas (45^oSR) das polpas kraft branqueadas refinadas no Bauer.

| ESPECIE | Comprimento de Auto-ruptura (km) | Alongamento (%) | Arrebentamento (kgf/cm ²) | Rasgo gf | Dobras Duplas (n ^o) | Volume Específico (cm ³ /g) | Resistência à Passagem de ar (s/100 cm ³) |
|-----------------------------------|----------------------------------|-----------------|---------------------------------------|----------|---------------------------------|--|---|
| SEQÜENCIA DE BRANQUEAMENTO | | | | | | | |
| CEDED | | | | | | | |
| Amapá | 5,67 | 2,0 | 3,0 | 127 | 122 | 1,529 | 32,3 |
| Embaubarana | 5,52 | 1,4 | 1,8 | 105 | 56 | 1,433 | 120,6 |
| Guariúba | 5,95 | 1,7 | 3,2 | 111 | 64 | 1,474 | 33,6 |
| Inharé | 6,44 | 1,7 | 2,9 | 105 | 97 | 1,632 | 31,7 |
| Muirapiranga | 5,35 | 1,6 | 2,2 | 102 | 27 | 1,760 | 8,7 |
| A. chinensis | 5,91 | 1,5 | 2,4 | 96,9 | 154 | 1,378 | 226,6 |
| E. deglupta | 5,23 | 1,9 | 2,7 | 68,2 | 49 | 1,310 | 64,4 |
| Gmelina | 5,39 | 2,0 | 3,0 | 88,1 | 136 | 1,333 | 139,4 |
| CEHDED | | | | | | | |
| Amapá | 5,94 | 1,8 | 3,1 | 128 | 149 | 1,461 | 36,4 |
| Embaubarana | 5,12 | 1,2 | 1,8 | 97,7 | 69 | 1,401 | 155,3 |
| Guariúba | 5,74 | 1,9 | 3,4 | 108 | 62 | 1,495 | 45,9 |
| Inharé | 5,73 | 1,4 | 2,8 | 104 | 62 | 1,629 | 15,2 |
| Muirapiranga | 5,13 | 1,7 | 2,3 | 85,2 | 22 | 1,705 | 18,9 |
| A. chinensis | 5,55 | 1,6 | 2,7 | 90,0 | 113 | 1,372 | 174,2 |
| E. deglupta | 5,22 | 2,0 | 2,7 | 71,9 | 56 | 1,311 | 53,2 |
| Gmelina | 5,34 | 2,0 | 2,8 | 87,7 | 80 | 1,308 | 102,1 |
| C/DEDED | | | | | | | |
| Amapá | 6,13 | 2,0 | 3,5 | 133 | 137 | 1,524 | 27,9 |
| Embaubarana | 5,55 | 1,3 | 1,8 | 102 | 77 | 1,365 | 118,6 |
| Guariúba | 6,12 | 1,8 | 3,2 | 103 | 130 | 1,495 | 30,9 |
| Inharé | 6,03 | 1,8 | 2,5 | 102 | 59 | 1,648 | 10,0 |
| Muirapiranga | 4,77 | 1,5 | 1,6 | 87,5 | 18 | 1,807 | 7,6 |
| A. chinensis | 5,21 | 1,4 | 2,5 | 97,7 | 160 | 1,429 | 174,7 |
| E. deglupta | 5,48 | 2,0 | 2,9 | 81,9 | 68 | 1,306 | 71,4 |
| Gmelina | 5,52 | 2,0 | 3,0 | 94,0 | 151 | 1,260 | 161,4 |

DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A constituição química das madeiras das espécies nativas mostrou-se diferente das exóticas. Relativamente às solubilidades a muirapiranga foi a espécie que apresentou o maior teor em água quente e álcool-benzeno, 1,96% e 12,02%, respectivamente. Quanto aos extrativos em NaOH1% à quente, a menor percentagem foi apresentada pela espécie Inharé (9,73%), enquanto a guariúba resultou na mais alta solubilidade (19,34%). No que diz respeito aos constituintes fundamentais, a Gmelina se caracterizou por apresentar o teor mais elevado em celulose, o menor teor em lignina e um teor em pentosanas próximo da média das madeiras em estudo. As maiores percentagens em cinzas e as menores densidades

básicas foram apresentadas pelas espécies exóticas. Numa análise geral do Quadro I observa-se que as espécies nativas deverão apresentar maiores dificuldades de deslignificação, principalmente, inharé e muirapiranga, considerando os seus elevados teores em lignina.

Os resultados médios relativos às dimensões das características anatômicas das fibras (Quadro II) demonstraram valores mais elevados para o comprimento, largura e diâmetro do lúmen das fibras de **A. chinensis**. Das espécies nativas, o inharé e a guariúba foram as espécies que apresentaram o maior e o menor comprimento médio de fibras enquanto muirapiranga, inharé e amapá resultaram em fibras com menores largura, diâmetro do lúmen e espessura da parede celular, respectivamente. Em linhas gerais, as dimensões de fibras das espécies nativas mostraram-se inferiores às das exóticas, excetuando-se os comprimentos médios da maioria das espécies e especificamente, a embaubarana que apresentou também, maiores valores para as demais características. No que concerne à média ponderada do comprimento por peso, inharé foi a espécie que apresentou o valor mais elevado, enquanto o **E. deglupta** resultou no menor comprimento por peso.

As relações entre as dimensões de fibras, mostradas no Quadro III, demonstraram que o **A. chinensis** e a Gmelina foram as espécies que apresentaram os maiores coeficientes de flexibilidade, os quais indicam melhores valores nas resistências que dependem da interligação de fibras (tração e arrebentamento). Por outro lado, as espécies nativas amapá, inharé e muirapiranga que resultaram em valores mais elevados para índice de Runkel e fração parede, possuem fibras mais rígidas e deverão produzir folhas mais porosas e de maior volume específico. Segundo Artuz-Siegel *et al.* (1968) a resistência ao rasgo mantém uma relação direta com o índice de enfiamento, e de acordo com este postulado as espécies amapá, inharé e muirapiranga que apresentaram os maiores valores para este parâmetro, deverão proporcionar folhas de melhores resistências ao rasgo. Entretanto, vale ressaltar que tais suposições não constituem uma norma perfeitamente definida, porém uma tendência geral, haja vista, que fatores como densidade e resistência intrínseca das fibras dentre outros que também influenciam nas propriedades de resistências, não foram considerados neste estudo.

Os resultados referentes à polpação química das madeiras (Quadro IV) caracterizaram as espécies muirapiranga (54,94%), inharé (51,20%) e Gmelina (49,01%) como as que apresentaram os maiores rendimentos bruto. Rendimentos considerados relativamente baixos foram apresentados pelo **A. chinensis** (45,12%) e pelo **E. deglupta** (44,93%). O amapá foi a espécie que apresentou o menor rendimento bruto, 40,72%. Desempenho análogo foi verificado para rendimento depurado. As maiores taxas de rejeitos foram apresentadas pelas espécies muirapiranga (4,54%), guariúba (1,23%) e inharé (1,03%), enquanto as demais, tanto as nativas quanto as exóticas apresentaram teores considerados aceitáveis pela indústria. As espécies Gmelina, **A. chinensis** e **E. deglupta** foram as que apresentaram maiores facilidades de deslignificação. Das espécies nativas, apenas, amapá e embaubarana obtiveram taxas de deslignificações próximas as das espécies exóticas. Esta maior facilidade de polpação apresentada pelas espécies que estão sendo introduzidas na região é devido, basicamente, aos seus mais baixos teores de lignina. Com relação ao álcali residual, Utilização de madeiras ...

o maior consumo foi verificado para o amapã.

Os resultados referentes aos branqueamentos Quadros VI, VII e VIII demonstraram que as polpas das espécies muirapiranga e inharé exigiram as maiores dosagens de cloro ativo e hidróxido de sódio, enquanto que a Gmelina foi a espécie cuja polpa exigiu a menor carga de reagentes. Relativamente ao consumo, as percentagens mais elevadas foram verificadas para as polpas que apresentaram maiores dificuldades de deslignificação. As maiores alvuras, estabilidade e viscosidades foram obtidas pelas polpas branqueadas pela seqüência C/DEDED.

As propriedades físico-mecânicas das polpas não branqueadas refinadas nos equipamentos Holandesa, Bauer e Jokro estão apresentadas no Quadro IX. Em termos de equipamentos, os melhores valores para as características físico-mecânicas foram os das polpas refinadas no Bauer e Jokro, enquanto as resistências das polpas que sofreram moagem na Holandesa resultaram em valores muito baixos e, praticamente, desconsiderados. Com relação à moagem efetuada no Jokro, as polpas de Gmelina e *E. deglupta* foram as que apresentaram maiores facilidades de refino, necessitando o tempo de 23 minutos e 25 minutos, respectivamente, para alcançar o grau de moagem em estudo. No que diz respeito às espécies nativas, os menores consumos de energia foram verificados para as polpas de amapã, embauarana e inharé. Dentre as espécies, muirapiranga foi a que apresentou maior dificuldade de desfibrilamento. No que concerne às características de resistências, basicamente, os melhores valores para tração, alongamento e arrebentamento, verificados tanto para o Bauer como para o Jokro foram apresentados pelas polpas provenientes das espécies exóticas. Das espécies nativas, a polpa de amapã refinada no Bauer foi a que resultou em valores comparáveis aos das exóticas. Para a resistência ao rasgo, os maiores valores foram obtidos pelas polpas de amapã, inharé e guariúba, refinadas tanto no Bauer como no Jokro. Estes resultados, em linhas gerais, estão de acordo com os estudos de Artuz-Siegel *et al.* (1968) excetuando a espécie muirapiranga que apresentou um dos mais elevados índices de enfiamento e, no entanto, resultou em valor inferior aos de espécies com menores índices. Uma explicação para este caso pode ser devido, em parte, à influência das características intrínsecas das fibras, já citadas, que não foram consideradas neste estudo e ao maior teor de lignina residual, conseqüentemente, maior percentagem de fibras rígidas. Com relação ao volume específico aparente e resistência à passagem de ar, os valores mais elevados e as folhas mais porosas foram provenientes das polpas de inharé e muirapiranga, respectivamente.

Relativamente às polpas branqueadas (Quadro X) os resultados obtidos demonstraram, de um modo geral, uma ligeira variação aos similares das polpas não branqueadas. O comprimento de auto-ruptura e o arrebentamento das polpas das espécies exóticas, por exemplo, resultaram em valores inferiores aos correspondentes das polpas não branqueadas, enquanto, as polpas de inharé, guariúba e muirapiranga branqueadas pela seqüência C/DEDED demonstraram valores iguais e superiores às não branqueadas. Com referência à resistência ao rasgo, o comportamento verificado pelas polpas das espécies em estudo, branqueadas pelas três seqüências, foi bastante satisfatório. No cômputo geral, os melhores resultados de propriedades de resistências físico-mecânicas foram obtidos pelas polpas branqueadas

pelas seqüências CEDED e C/DEDED.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos para a composição química e densidade básica das madeiras, os teores mais elevados de lignina e as maiores densidades das espécies nativas inharê e muirapiranga foram os fatores que mais contribuíram para maior dificuldade de deslignificação, visto que, as espécies exóticas por serem menos densas e menos lignificadas apresentaram maiores facilidades de deslignificação.

Os melhores valores para comprimento de auto-ruptura, arrebentamento e dobras duplas obtidos pelas polpas das espécies exóticas **A. chinensis** e Gmelina, cujos graus de deslignificação foram relativamente próximos, podem ser atribuídos, basicamente, aos seus mais elevados coeficientes de flexibilidade, menores frações parede e melhores desempenhos de suas fibras durante as moagens.

Os maiores consumos de produtos químicos nos branqueamentos foram verificados para as polpas cujos teores de lignina residual foram mais elevados. Dentre as seqüências de branqueamentos empregadas, os melhores resultados para alvura, estabilidade de alvura e viscosidades foram obtidos pela seqüência C/DEDED. As propriedades físico-mecânicas, rasgo e dobras duplas e a resistência à passagem de ar das polpas branqueadas obtiveram ganhos mais expressivos quando comparadas com as não branqueadas.

Para as condições adotadas neste estudo, os resultados permitem concluir que as espécies nativas amapá e embaubarana e a exótica **A. chinensis** foram as espécies que produziram polpas kraft de melhores características tecnológicas.

SUMMARY

The technological characteristics and kraft pulps of five species of Amazonian Moraceae, *Brosimum parinarioides* Ducke (amapá), *Pourouma longipendula* Ducke (embaubarana), *Clarisia racemosa* R. & P. (guariúba), *Helicostylis tomentosa* Rusby (inharê), *Brosimum rubescens* Taub. (muirapiranga) and of the exotic species *Anthocephalus chinensis* (Lamk.) Rich, *Eucalyptus deglupta* Blume e *Gmelina arborea* Roxb. were studied. The dendrometric characteristics, chemistry, and basic densities of the woods were determined. Delignification was most difficult in the species inharê and muirapiranga. Wood pulps were bleached in the sequence CEDED, CEHDED and C/DEDED. Pulps with higher lignin residue contents consumed more reagents during bleaching. The best values for self breakage length, stretching, and burst were obtained with the unbleached pulps of the exotic species. The greatest tear resistance was encountered in the species amapá, guariúba and inharê.

Referências bibliográficas

- Artuz-Siegel, E. A.; Wangaard, F. F.; Tamolang, F. N. - 1968. Relationships between fiber characteristics and pulp - sheet properties of Philippine hardwoods. **Tappi**, 51(6):261-67.
- Corrêa, A. A.; Lobato, R. de F.; Ribeiro, E. B. P. - 1970. Estudo papelero de madeiras da Amazônia. **O Papel**, São Paulo, 31(12): 95-134.
- Corrêa, A. A.; Ribeiro, E. B. P.; Luz, C. N. R. - 1974. Estudo papelero de maciços florestais amazônicos I. Maciço florestal da estrada Manaus - Itacoatiara. **Acta Amazonica**, Manaus, 4(2): 23-46.
- Lobato, A. T. - 1969. As madeiras da Amazônia na produção de celulose. SUDAM. **Série Recursos Naturais**, Belém. 60 p.
- Melo, C. F. M. de; Alves, S. M. - 1974. Possibilidades papeleras de algumas espécies da região Amazônica. EMBRAPA. IPEAN, **Boletim Técnico**, (63): 35-79.
- Overbeck, W. - 1968. Pastas celulósicas de madeiras da Amazônia. **Publicação do Instituto de Pesquisas Tecnológicas**, São Paulo. (828): 1-31.

(Aceito para publicação em 20 de abril de 1990)