

# Características papelieras dos "rolos-restos" das fábricas de compensados do Estado do Amazonas

Antônio de Azevedo Corrêa (1)  
Cláudio Nazareno Reis Luz (1)  
Cleusa Maria Corrêa (1)

## Resumo

Nesta pesquisa, relatam-se os ensaios de laboratório efetuados sobre os "rolos-restos" das fábricas de compensados do Estado do Amazonas, visando à sua utilização pela indústria de celulose e papel. Inicialmente, analisam-se a importância do aparecimento da indústria de compensado no Estado e as conseqüências decorrentes do seu surgimento. Examina-se, em esboço rápido, o desempenho da indústria de compensado no Estado do Amazonas. Em seguida, faz-se um rápido diagnóstico da tendência do aproveitamento pela indústria de celulose dos resíduos de serrarias. Mencionam-se os ensaios papeleros, relatando a constituição das amostras, picagem, classificação, composição química e densidade dos cavacos. Relatam-se as características anatômicas das fibras. Descrevem-se e avaliam-se os ensaios de produção de pastas químicas à Soda, Soda/Enxofre e ao Sulfato, bem como, pasta de alto rendimento ao Sulfito Neutro. Narram-se os processos de alvejamento empregado no branqueamento das pastas cruas, comparando os seus desempenhos. Confrontam-se os resultados das pastas cruas e alvejadas das diferentes amostras, assim como, analisam-se as características mecânicas das pastas cruas e alvejadas oriundas dos diferentes processos de fabricação utilizados. Finalmente, conclui-se que, apesar de alguns inconvenientes, os "rolos-restos" das fábricas de compensados do Estado do Amazonas, são passíveis de ser transformados em celulose, especialmente em pasta sem química ao Sulfito Neutro, que poderiam ser utilizados na manufatura de papelão corrugado.

## INTRODUÇÃO

No decorrer da década de 70, uma florescente indústria de compensado instalou-se na região amazônica, fazendo com que a produção desse derivado de madeira, que em 1966 foi da ordem de 56.000 m<sup>3</sup>, atingisse, em 1976, cifra superior a 465.000 m<sup>3</sup>. Este dinamismo fez com que, em contrapartida, aparecesse um volume considerável de resíduos, resultante dos descobrimentos das toras em lâminas de com-

pensados, em forma de "roletes" ou "rolos-restos". Estes resíduos que não vêm sendo utilizados pelas fábricas de compensados, representam um desperdício em termos de aproveitamento dos recursos florestais da região, e agravam por outro lado, os custos das unidades manufatureiras, em razão dos fatores de produção envolvidos para as suas remoções, além de provocarem a poluição produzida por sua queima a céu aberto nos parques das unidades fabris ou pelo depositamento nas margens ou nos leitos dos rios e igarapés, ocasionando, algumas vezes, inconvenientes para a navegação fluvial. A indústria de celulose e papel pode ser uma alternativa para a utilização dessa matéria prima e, neste sentido, este trabalho constitui uma primeira aproximação neste campo, onde é avaliado em estágio exploratório de laboratório, as características papelieras, desses resíduos industriais, valorizando mais a madeira, evitando o seu desperdício e proporcionando uma nova fonte de renda e emprego para a região.

## UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS DE SERRARIAS NA INDÚSTRIA DE CELULOSE

O aproveitamento de resíduos de madeiras procedentes de exploração de serrarias e de outras indústrias florestais tem aumentado rapidamente, como podemos constatar, através do Quadro 1, onde se apresentam as percentagens da utilização de resíduos de madeira dentro das necessidades totais para a produção de pasta (American Paper Institute, 1971).

O Japão que em 1974 se colocou em segundo lugar depois dos EE.UU., na produção de papel, com uma cifra 15,6 milhões de tonela-

(1) — Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus.

**QUADRO 1 — Utilização de resíduos de madeiras em percentagens das necessidades totais para produção de pasta**

Países	Percentagens
Europa com exclusão de URSS	13,0 (1965 - 1966)
URSS . . . . .	12,5 (1965 - 1966)
Finlândia . . . . .	15,4 (1968)
Canadá . . . . .	27,6 (1970)
EE.EE. . . . .	28,0 (1970)

FONTE: American Paper Institute, *Wood pulps statistics*, 35ª ed., New York, 1971.

das, por falta de recursos florestais próprios, tem que importar grandes quantidades de matéria prima para produzir pastas (Shimokawa, 1977). A indústria dependia da madeira de coníferas do país até começo dos anos sessenta, quando, graças à introdução e ao aperfeiçoamento de técnicas novas, foi possível utilizar toras de latifoliadas de pequeno tamanho e resíduos de serrados, que antes não eram empregados (Ibid.).

Em 1955, o total de madeira empregada para pasta era constituída por um percentual de 89% de coníferas e em 11% de latifolia-

**QUADRO 2 — Mudanças das espécies e forma de madeiras para pasta no Japão. Percentagens do provimento**

Especificação	1955	1960	1965	1970
<b>ESPÉCIES</b>				
Coníferas	89,0	63,7	47,2	42,5
Latifoliadas	11,0	36,3	52,8	57,5
<b>FORMA</b>				
Toras	99,8	77,0	48,8	25,7
Cavacos	0,2	23,0	51,2	74,3

FONTE: Shimokawa, 1977.

das e quase, 99,8% se adquiria em forma de toras. Porém, a situação mudou drasticamente em 15 anos, e em 1970, as latifoliadas representavam ao redor de 60% do total de madeiras empregada e três quartos desta quantidade se adquiriram em forma de cavacos. (Quadro 2).

A indústria de pasta do Japão foi a primeira, no mundo, em utilizar as madeiras latifólias de baixa qualidade, que só eram usadas como lenha, para compensar a escassez de madeira de coníferas e também introduziu um sistema eficiente e econômico de coleta de matéria prima, em forma de cavacos, que lhe permitiu utilizar toras de latifoliadas de pequeno tamanho e resíduos de serrarias. (Ibid.).

#### ALGUMAS INFORMAÇÕES SOBRE A INDÚSTRIA DE COMPENSADO NO ESTADO DO AMAZONAS (2)

É recente o funcionamento desse ramo industrial no Estado do Amazonas, pois a maioria das unidades existentes foi fundada, a partir dos anos 70, apenas uma teve a sua fundação em fins da década de 50. Atualmente existem 9 estabelecimentos, sendo 6 localizados em Manaus, 2 em Itacoatiara e 1 em Manacapuru (CODEAMA, informações pessoais 1979).

O aparecimento de novas indústrias na década de 70, pode ser atribuída, aos fatos do surgimento da proibição por parte do Governo Brasileiro, através da Resolução do CONCEX (Conselho Nacional do Comércio Exterior) n.º 86/1973, da exportação de madeiras em toras dos incentivos fiscais e creditícios para os investidores na Amazônia e também da crescente demanda de madeiras tropicais, para esse tipo de produto.

A produção de compensado no Estado do Amazonas, nos últimos anos (74/78) tem crescido a uma taxa média geométrica de 20,7% ao ano, apresentando em 1978 uma produção de 7.085 mil m<sup>3</sup> e um valor correspondente a Cr\$ 520.485 mil cruzeiros. (Quadro 3).

(2) — As informações relativas às fábricas de compensado foram baseadas em questionários por nós elaborados e respondidos pelos empresários ou por pessoas por eles indicadas, além de visitas e conversas mantidas.

**QUADRO 3 — Produção de madeira compensada no Estado do Amazonas**

Anos	Quantidade 1.000 (m <sup>3</sup> )	Valor (Cr\$ 1.000)
1974	3.341	68.893
1975	...	...
1976	3.125	118.940
1977	5.286	197.326
1978	7.085	520.485

FONTE: Comissão de Desenvolvimento do Estado do Amazonas CODEAMA) Unidade de Estatística e Informações, (Informações pessoais).

NOTA: Resultados referentes aos estabelecimentos com 5 ou mais pessoas ocupadas e/ou valor da produção igual ou superior a 640 vezes o maior salário mínimo vigente nesses anos.

O volume das exportações para o exterior no período 75/78 cresceu a uma taxa média geométrica de 56,0% ao ano e o valor FOB passou de US\$ 926 mil para US\$ 3.191 mil em 1978, assinalando um crescimento de 245%

As exportações nacionais cresceram a uma taxa também significativa em torno de 47,2% ao ano; para o mesmo triênio o valor cresceu de 817%. (Quadro 4).

As espécies que estão sendo mais utilizadas na confecção de compensado, no Estado do Amazonas, são as seguintes por ordem de preferência: Virola, Caucho, Copaíba, Muiratinga, Hévea, Sumaúma e Jacareúba sendo que 100% das indústrias utilizam a Virola, 80% a Copaíba e Caucho, 60% a Muiratinga e em menor escala as outras espécies.

É necessário salientar que a Virola foi utilizada durante muito tempo apenas em jangadas para fazer flutuar e conduzir as madeiras de toras mais pesadas, sendo depois desprezada. Passou posteriormente a ser comprada e serrada para substituir o pinho nas construções civis e hoje é a preferida para o preparo de compensado da indústria local.

Outra madeira de boa qualidade mas que está sofrendo uma série de restrições é a Muiratinga, que, a despeito de suas excelentes qualidades para a fabricação de compensado, apresenta o inconveniente de possuir um forte e desagradável odor, o qual até agora não foi possível ser eliminado encontrando dificuldade na sua aceitação no mercado.

O preço médio de compra na fábrica em 1978, para essas espécies foi de 240,00 cruzeiros o m<sup>3</sup> para a Virola, 180,00 cruzeiros para o Caucho, 163,00 cruzeiros para a Copaíba, 140,00 cruzeiros para a Muiratinga, e 100,00 cruzeiros para Sumaúma e Jurema.

Dois grandes problemas podem ser apontados como fatores limitantes da expansão progressiva da indústria: a forma de extração da madeira e falta de informações e conhecimentos técnicos das espécies florestais.

Todas as empresas que operam atualmente em Manaus não têm a seu encargo a extração da madeira, cujo serviço é executado por terceiros, o que acarreta problemas de suprimento da matéria prima, dificuldade esta reconhecida e apontada, em primeiro lugar pelos empresários como entrave para expansão da empresa, desvantagem que aliada à falta de

**QUADRO 4 — Exportação de madeiras compensadas do Estado do Amazonas**

Anos	Exportação para o exterior		Exportação nacional	
	Quantidade (m <sup>3</sup> )	US\$ 1.000 FOB	Quantidade (m <sup>3</sup> )	Valor Cr\$ 1.000,00
1975	3.530	926	20.989	37.622
1976	6.529	1.173	42.479	144.279
1977	3.903	871	49.877	234.087
1978	13.415	3.191	66.967	345.166

FONTE: CACEX — Banco do Brasil, Informante Comissão de Desenvolvimento do Estado do Amazonas (CODEAMA) — Informações pessoais.

tratamento da madeira, causa uma perda de 50% do material adquirido. Sobre este assunto, assim se expressa Pandolfo, 1978. "Nenhum benefício representa para a Amazônia a instalação de novas indústrias madeireiras, mesmo dotadas de equipamentos modernos e de alta produtividade, se essas indústrias não se engajarem nas atividades de extração florestal e continuarem a se suprir de matéria prima fornecida pelos extratores autônomos, cujos métodos empíricos de trabalho são responsáveis por enorme desperdício de madeira".

A falta de conhecimento técnico e científico das espécies florestais faz com que a indústria utilize apenas poucas espécies e em grande escala, o que torna mais dificultosa a operacionalidade e, não havendo a necessária reposição dessas espécies que estão sendo retiradas, concorra para a sua extinção em tempo mais curto.

Os "rolos-restos" ou "roletes" são resíduos das fábricas de compensados, apresentando, em média, cerca de 2,610 m de compri-

mento por 19,6 cm de diâmetro. Não têm utilização definida e seu acúmulo diário acarreta sérios problemas para a fábrica, embora algumas indústrias estejam tentando dar-lhes algum uso, queimando nas caldeiras para a geração de energia, serrando para embalagens e uma fábrica pretende usar como enchimento para portas ocas ou semi-ocas. A maioria porém queima os roletes, a céu aberto por causarem problemas de espaço físico no pátio das fábricas, trazendo reclamações e protestos da população que mora na área circunvizinha à fábrica. Outros abandonam nas margens dos rios e igarapés, ocasionando transtornos e dificuldades para a viação fluvial nesses locais (Fig. 1).

#### ESTUDO PAPELEIRO

O estudo papeleiro teve por objetivo analisar as qualidades das pastas originárias dos "rolos-restos", através da metodologia normalmente utilizada na avaliação de matérias pri-



Fig. 1 — "Rolos-restos" residuais abandonados em terreno baldio.

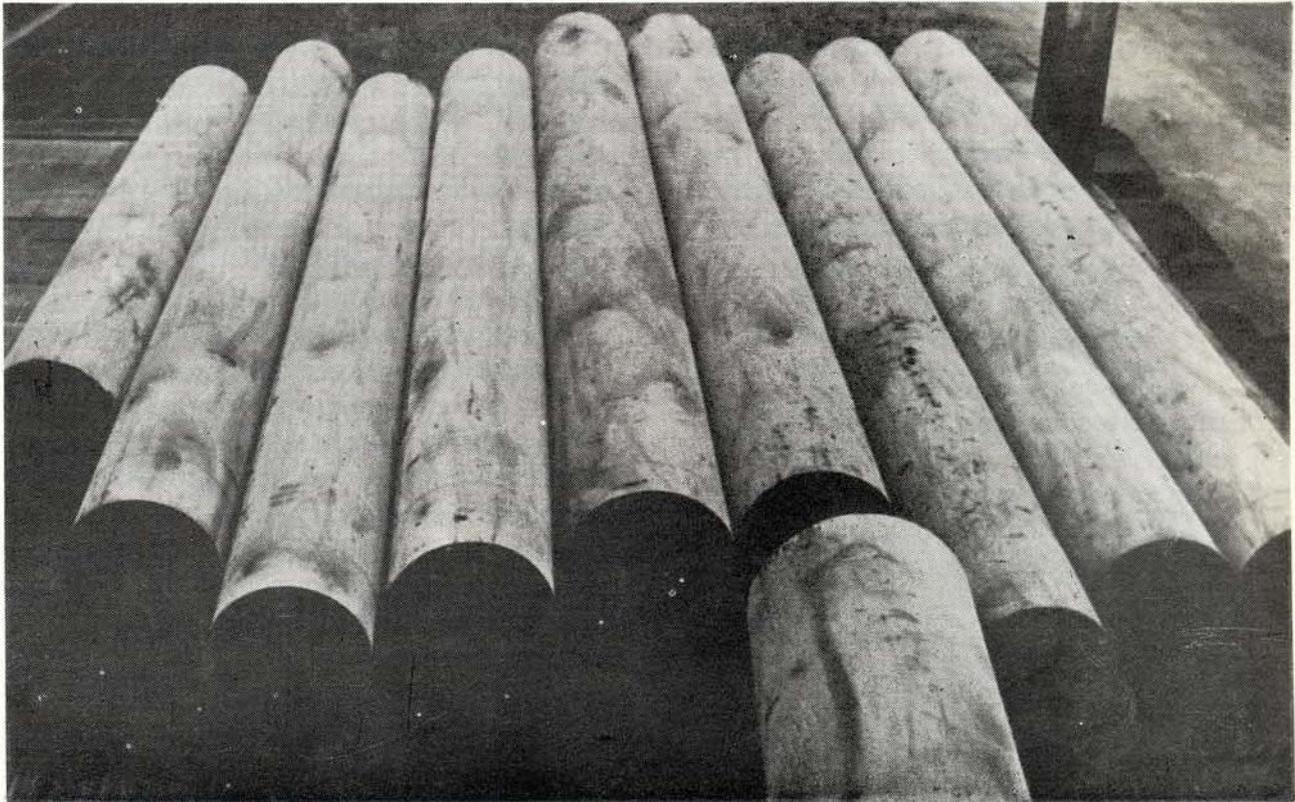


Fig. 2 — “Roletes” na saída do torno desfolhador, mostrando aspecto físico da madeira.

mas fibrosas, habitualmente manufaturadas pela indústria de celulose e de seus conexos. Assim sendo, foram realizadas análises visando a conhecer a composição química desses materiais, bem como, foram efetuados ensaios de fabricação de pastas químicas cruas e alvejadas e de pastas semiquímicas cruas e branqueadas, acompanhadas de estudos micro-métricos das fibras e da pesquisa de outras características relevantes para uma avaliação papeleira.

#### CONSTITUIÇÃO DAS AMOSTRAS

As amostras de “rolos-restos” utilizadas na pesquisa foram recolhidas, nas unidades manufatureiras de compensados, da cidade de Manaus, Estado do Amazonas.

No Quadro 5, apresentamos as espécies, das quais resultam os “rolos-restos” pesquisados, assim como as dimensões de cada exemplar por indivíduo.

Características...

As dimensões dos materiais pesquisados revelaram uma uniformidade de grandeza, a qual, em termos de armazenagem em pátios de fabricação e de operações de picagem, constitui vantagem. Por outro lado, o aspecto físico (Fig. 2) das amostras apresenta-se bastante homogêneo e sem nenhuma evidência de ataques de xilófagos.

#### PICAGEM E CLASSIFICAÇÃO DOS CAVACOS

As madeiras foram transformadas em cavacos, por meio de um picador de laboratório “Appleton”, potência de 15 HP, velocidade do disco 500 R.P.M. com duas facas de 7/8”, estando as mesmas em um ângulo de 45° em relação ao alimentador.

Após a picagem, os cavacos foram classificados, através de um separador vibrador — Sweco com peneiras de malhas com diâmetro correspondentes a 28,57 mm 19,04 mm e 4,76 mm respectivamente, em quatro (04) frações

de materiais assim descritos: a primeira composta de cavacos grandes e lasca de madeiras, que não ultrapassaram a malha de maior diâmetro. A segunda e a terceira representadas por porções de cavacos retidos nas malhas das peneiras de 19,04 mm, 4,75 mm e a quarta constituída de palitos e serragem.

Os estudos da classificação dos cavacos, relativos aos diferentes "rolos-restos" das madeiras são mostrados nas figuras de 3 a 8.

Como se pode detectar, nos diferentes gráficos, as classificações dos cavacos observam curvas parabólicas, com os máximos correspondentes aos cavacos retidos na peneira de 19,04 mm e os mínimos relativos aos palitos e serragem. As áreas tracejadas representam as grandezas percentuais de cavacos, que foram utilizados nos ensaios de fabricação de pastas. Neste particular, como são mostrados nos gráficos, foram somente utilizados, nos processos de cozimentos, os cavacos retidos nas peneiras de 19,04 mm e 4,76 mm, por respeitarem as seguintes especificações máximas:

- a. Comprimento: direção a grã ou longitudinal — 30 mm
- b. Espessura: direção radial — 5 mm
- c. Largura: direção tangencial — 50 mm

Em relação aos percentuais de cavacos utilizados nos procedimentos de fabricação das pastas, os "rolos-restos", que apresentaram maiores níveis foram os originários das madeiras Jacareúba e Caucho e os menores foram resultantes das essências Hévea e Muiratinga, ficando os das essências Virola e Copaíba em posição intermediária.

Um dos parâmetros mais sensíveis para a fabricação de pastas, segundo Akhtaruzzaman & Virkola, 1979a é a qualidade dos cavacos. A ela atribuem esses autores as seguintes conseqüências para as pastas: a) — menor utilização das fontes de fibras; b) — obtenção de pastas não uniformes; c) — perdas de rendimento; d) — decréscimo na qualidade; e) — aumento do custo de produção. Em adição a estes inconvenientes, relatam os pesquisadores acima mencionados, como desvantagem relacionada com as dimensões dos cavacos, as dificuldades no manuseio: cavacos grandes e lascas de madeiras de diferentes formas e tamanhos freqüentemente causam estorvo, como encaixe nos alimentadores e nos pontos de transferência do material, no decorrer do transporte. Por outro lado, afirmam os mesmos autores, que a serragem tem um efeito adverso, proporcionando baixo rendimento em pastas e papéis de fraca resistência, assim como faci-

**QUADRO 5 — Amostra de "rolos-restos" originários de madeira da Amazônia utilizadas na fabricação de chapas de compensado**

Madeiras rolos-restos	Nomenclatura Botânica	Comprimento cm.	Diâmetro cm.
Caucho	<i>Castilloa ulei</i> Warburamoraceae	2 563	20
Copaíba	<i>Copaifera multijuga</i> Hayne. Leguminosae Caesalpenoideae	2 626	20
Jacareúba	<i>Calophyllum brasiliense</i> Camb. Guttiferae	2 486	19
Muiratinga	<i>Maguira cariucea</i> C. C. Berg. Moraceae	2 673	20
Virola	<i>Virola surinamensis</i> Warb. Myristicaceae	2 666	19
Hévea	<i>Hevea guianensis</i> Aubl. Euphorbiaceae	2 673	20

lita a degradação dos cavacos por ação de agentes xilófagos.

Em trabalho subsequente, Akhtaruzzaman & Virkola, 1979b, consideram que a difusão dos produtos químicos no interior dos cavacos se realiza com a mesma intensidade nas três direções: radial, longitudinal e tangencial; entretanto, confirmam esses autores que os componentes químicos do licor de cozimento se difundiriam com mais rapidez na direção correspondente à menor distância, a qual por definição se relaciona à direção radial e, em consequência, à espessura. Assim sendo, esta dimensão é considerada como determinante dos gradientes de concentração do licor e, por conseguinte, da heterogeneidade da deslignificação.

Os pesquisadores mencionados, em análises bibliográfica sobre a evolução das pesquisas relativas às dimensões dos cavacos utilizados em cozimento sulfato, revelam que já existe um consenso claro, de que a espessura é, das dimensões dos cavacos, a mais crítica e que marca reflexos da sua importância nas qualidades das pastas, seja nos rendimentos, seja nos rejeitos de depuração e índice de deslignificação. Da mesma forma, mencionam, fundamentados em revisão da literatura, que os comprimentos dos cavacos afetam, igual-

mente, os resultados das cocções "Kfrat", especialmente, as taxas de rejeitos, que estariam diretamente correlacionadas com os incrementos nos comprimentos.

Considerando estas informações, fez-se, sobre os cavacos resultantes dos diferentes "rolos-restos", das madeiras, uma análise estatística, em uma amostra de 100 (cem) cavacos escolhidos de forma aleatória das diferentes espécies e relativos aos tipos, que foram empregados nos cozimentos. A análise versou sobre variações das espessuras e dos comprimentos. Os resultados são mostrados no Quadro 6.

Considerando os resultados obtidos e tomando como padrão ótimo de variabilidade do comprimento e espessura dos cavacos, aqueles estabelecidos por Akhtaruzzaman & Virkola, 1979c, no delineamento de modelos matemáticos para prever o rendimento e o consumo de álcali efetivo como função da carga de álcali (19% — 25% como NaOH), número Kappa (40 — 25), comprimento da grã (16 mm — 32 mm) e espessura (3 mm — 12 mm), nota-se que as variações das dimensões críticas dos cavacos, originários dos diferentes "rolos-restos", se situaram na mesma faixa dos estabelecidos por aqueles pesquisadores em seus experimentos, trazendo, como conse-

QUADRO 6 — Análises estatística das variações da espessura e comprimento dos cavacos originários dos diferentes "rolos-restos"

Dimensões	Madeiras	$\bar{x}$ média cm	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação
ESPESSURA	Virola	0,862	0,450	52
	Copaíba	0,650	0,210	32
	Jacareúba	0,651	0,267	41
	Caucho	0,800	0,310	39
	Hévea	0,890	0,330	37
	Muiratinga	0,703	0,281	40
COMPRIMENTO	Muiratinga	2,690	0,690	26
	Hévea	2,833	0,780	28
	Caucho	3,010	0,900	30
	Jacareúba	2,885	1,05	36
	Copaíba	2,210	0,72	32
	Virola	2,652	0,94	35

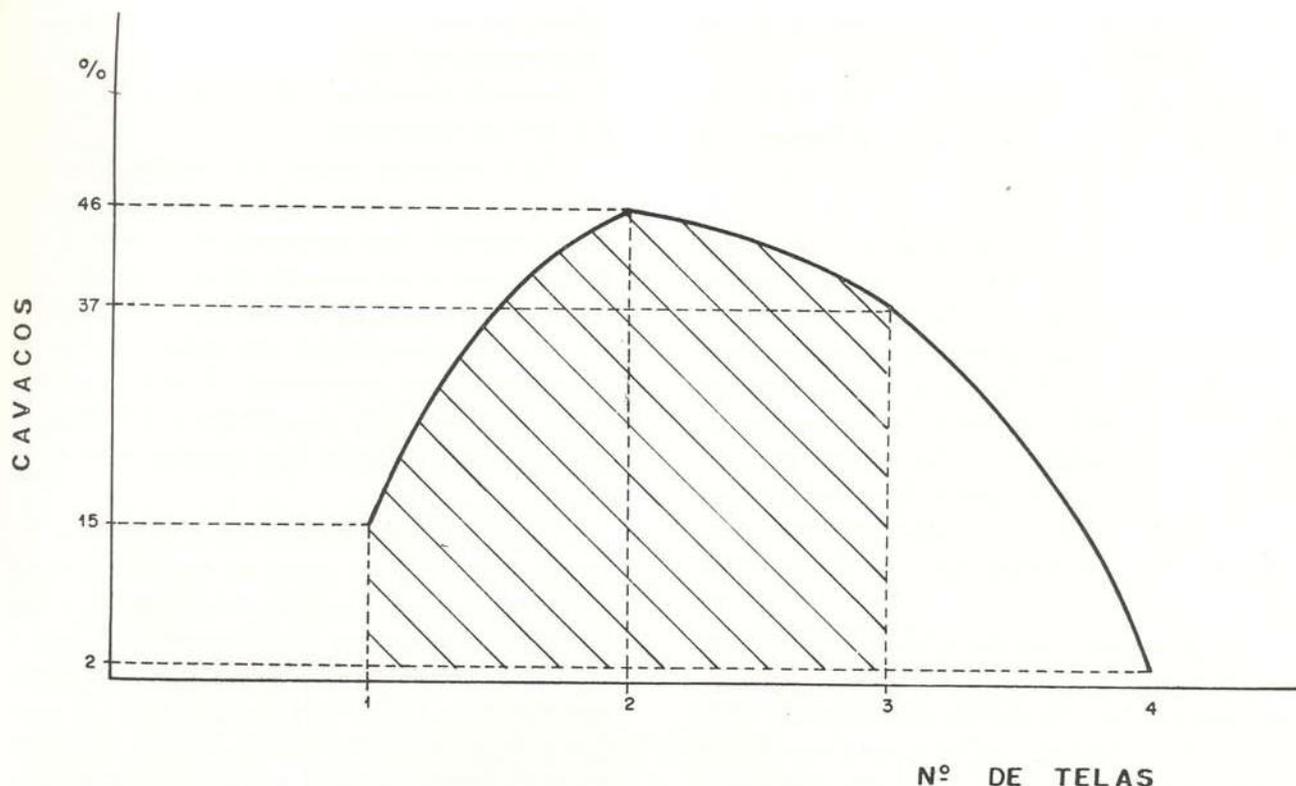


Fig. 3 — Curva da classificação dos cavacos do rolo-resto da madeira Caucho.

quência, para os cavacos proveniente dos diferentes "rolos-restos", uma deslignificação homogênea e outras vantagens para as pastas, cujas qualidades estejam relacionadas às dimensões dos cavacos.

#### COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS "ROLETES" DAS DIFERENTES MADEIRAS

As análises químicas dos "roletes" das diferentes madeiras foram realizadas através dos métodos tradicionalmente aceitos pelas associações especializadas: A. B. C. P. (Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel), TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry). Os resultados são mostrados no Quadro 7.

O que caracteriza a composição química dos "roletes", originários das diferentes espécies, é uma tendência para apresentarem um elevado teor de cinzas, que nos "rolos-restos" provenientes das madeiras Caucho e Muiratinga chegou a ser superior a 5%. A explicação deste fenômeno pode ser expressa em ra-

zão de serem os "rolos-restos" constituídos principalmente por tecidos do cerne, cujas células serviram de depósito de óxidos e sais inorgânicos, especialmente os de silício. Em termos de fabricação de pastas, isto constituiria uma verdadeira catástrofe, pelos malefícios que os compostos de sílica causam nos circuitos de fabricação, mostrados por Tissot, 1970, ao analisar os inconvenientes causados por este material em fábricas na Índia, cujas matérias primas aprovionadas são bambus, que se caracterizam por teores em cinzas, que variam de 3% a 6%. Ressalta esse pesquisador que as próprias pastas delas originadas apresentam pequenas quantidades de sílica, menos que 1%, além de depositarem-se nos tubos dos evaporadores como escamas, as quais constituem 25% dos depósitos; assenta-se, igualmente, sobre os tubos da caldeira de recuperação e nas paredes do forno de cal, na forma de lupa vitrificada, resultando uma baixa generalizada no rendimento, deficiente utilização das instalações de recuperação e uma má qualidade da cal reciclada.

QUADRO 7 — Composição química dos "roletes" das diferentes madeiras

Madeiras "Roletes"	Celulose Bruta %	Celulose Corrigida %	Pentosanas %	Lignina %	Sol. em Água Quente %	Sol. em Alcool Benzeno %	Sol. em NAOH 1% %	Cinzas %
Caucho	51,8	45,5	21,2	27,6	0,3	3,2	18,2	5,1
Copaíba	49,7	43,4	13,2	28,3	1,6	11,1	27,0	0,8
Hévea	49,5	44,6	25,6	18,2	0,8	3,5	20,3	1,4
Jacareúba	49,1	46,4	15,9	32,5	1,4	3,2	14,1	0,7
Muiratinga	51,1	49,8	15,8	30,4	1,7	2,5	17,7	5,9
Virola	50,5	46,4	21,3	24,9	2,4	4,6	19,8	1,5

Em relação aos teores de materiais extraídos com a solução de hidróxido de sódio a 1%, os resultados observados situaram-se nos níveis dos tradicionalmente verificados para as madeiras tropicais, com exceção dos "roletes" originários da espécie Copaíba, cujo resultado apresentou elevação, o que, à luz interpretativa da norma, significaria que uma parte representativa da lignina, hexosamas e óleos foram extraídos, como também estaria o "rolete" analisado com virtualidade de ser atacado por organismos xilófagos. Os teores

de materiais extraídos a álcool-benzeno se comportaram dentro das faixas normalmente verificadas para as madeiras tropicais, à exceção do extrato originário do "rolete" de Copaíba, que apresentou um percentual muito elevado, perfeitamente justificável por ser esta espécie produtora de óleo-resina, conhecido na região como "óleo de Copaíba". Langeheim, (s/d.) confirma, em seus estudos, que a composição química da resina é caracterizada por sesquiterpenos juntamente com diterpenoides, apresentando um rendimento em

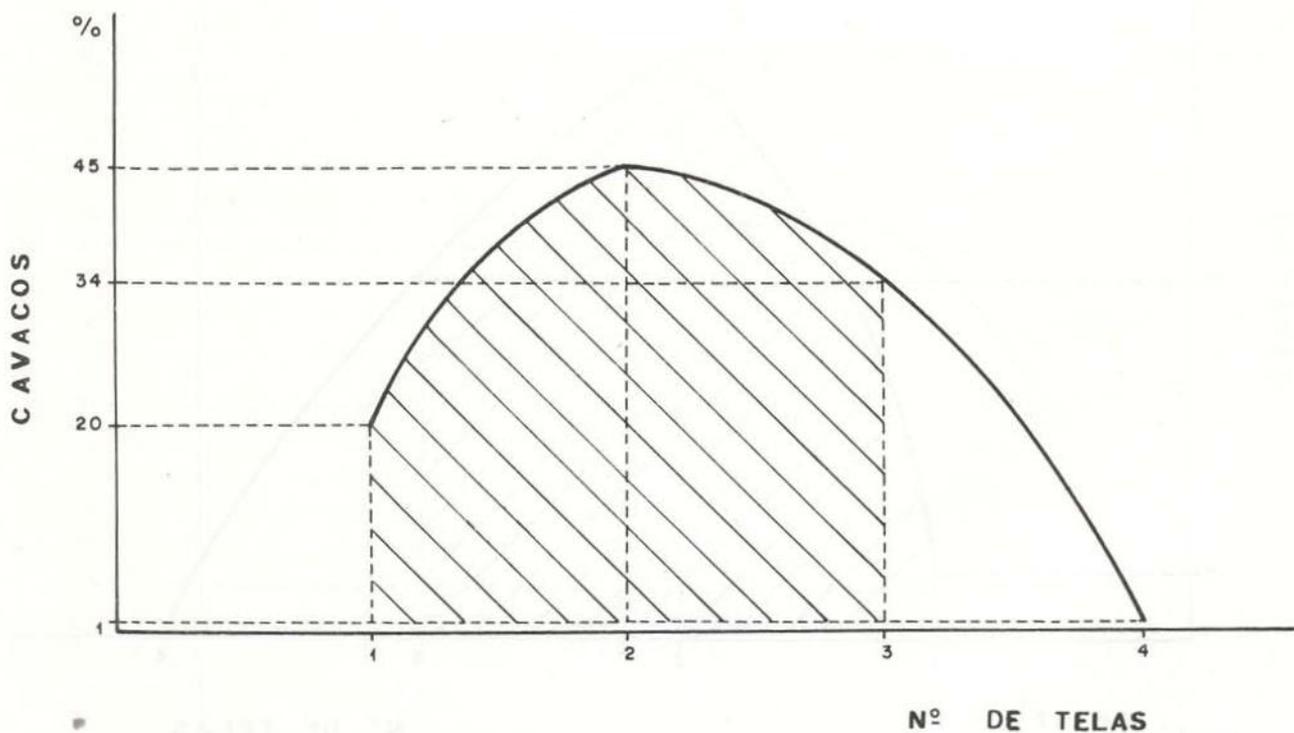


Fig. 4 — Curva da classificação dos cavacos do rolo-resto da madeira Copaíba.

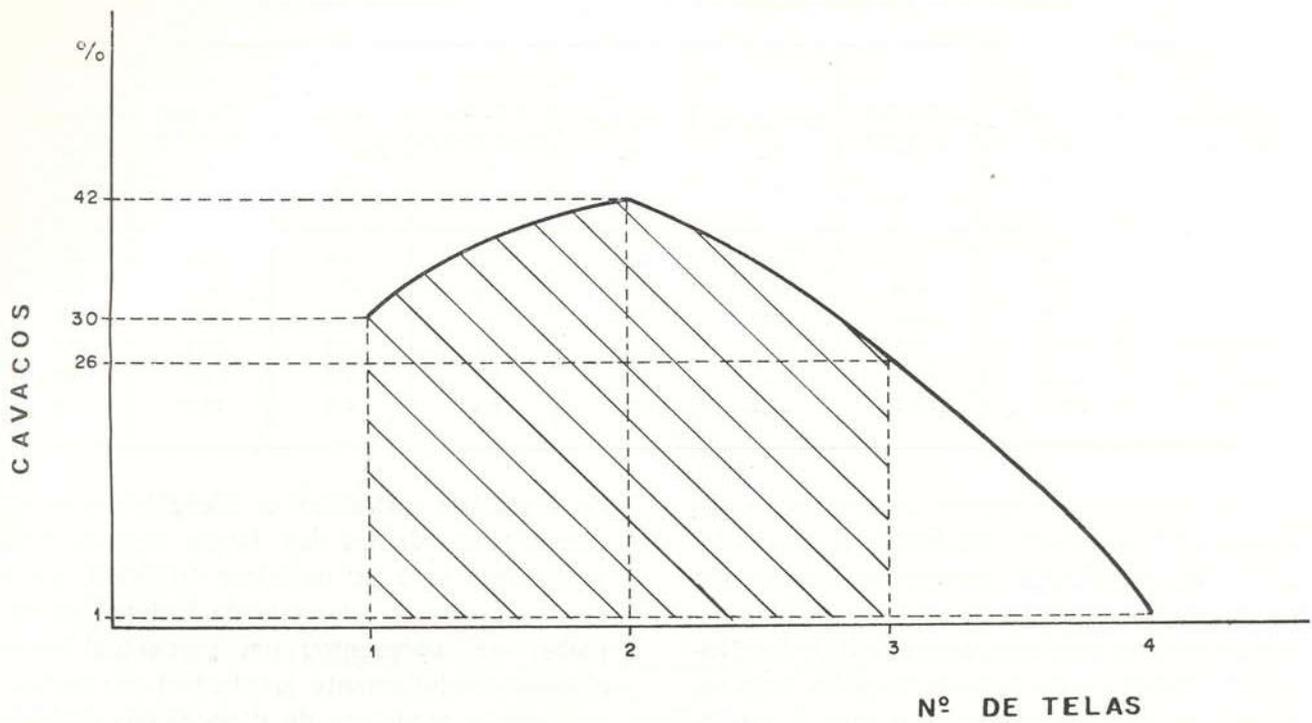


Fig. 5 — Curva da classificação dos cavacos do rolo-resto da madeira Hévea.

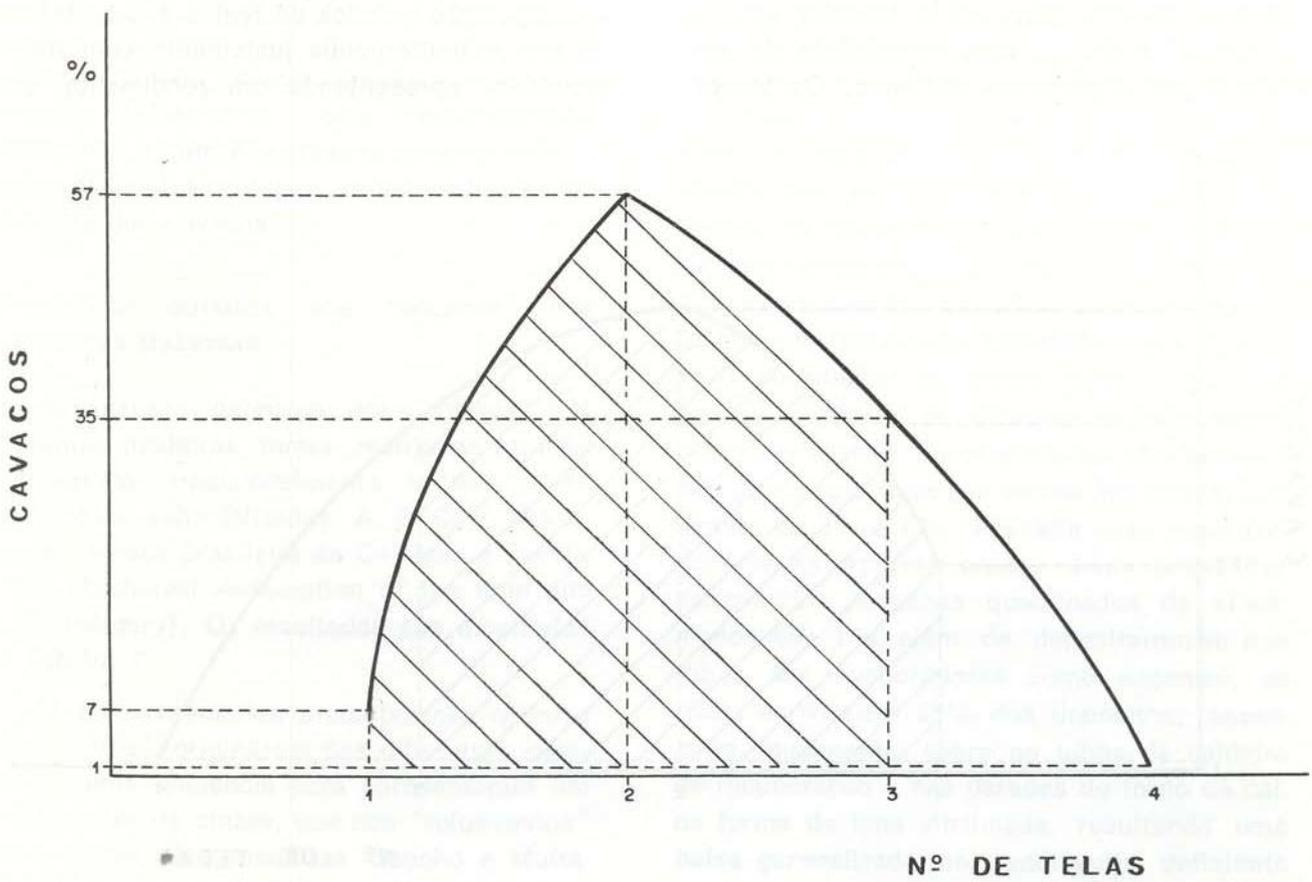


Fig. 6 — Curva da classificação dos cavacos do rolo-resto da madeira Jacareúba.

óleo que varia de 17 — 18 kg/ano/árvore; entretanto, como é familiarmente aceito na indústria de celulose, matérias primas fibrosas com elevado teor em materiais extrativos não são normalmente recomendáveis à produção de pastas. Neste particular, Seabra & Olivei-

ra, 1975 assinalam as seguintes conseqüências para a fabricação e qualidades das pastas, quando materiais fibrosos apresentam elevado teores em extrativos a álcool-benzeno: a) redução do rendimento; b) aumento do consumo de reagentes no fabrico de pastas química ou

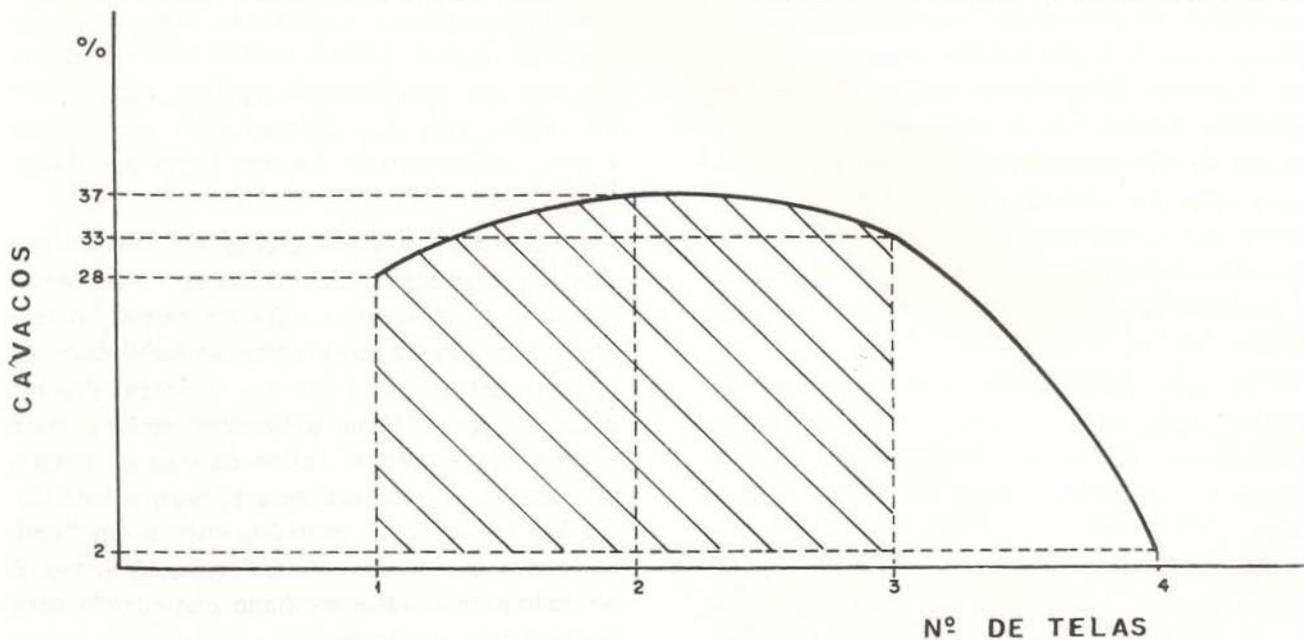


Fig. 8 — Curva da classificação dos cavacos do rolo-resto de madeira Virola.

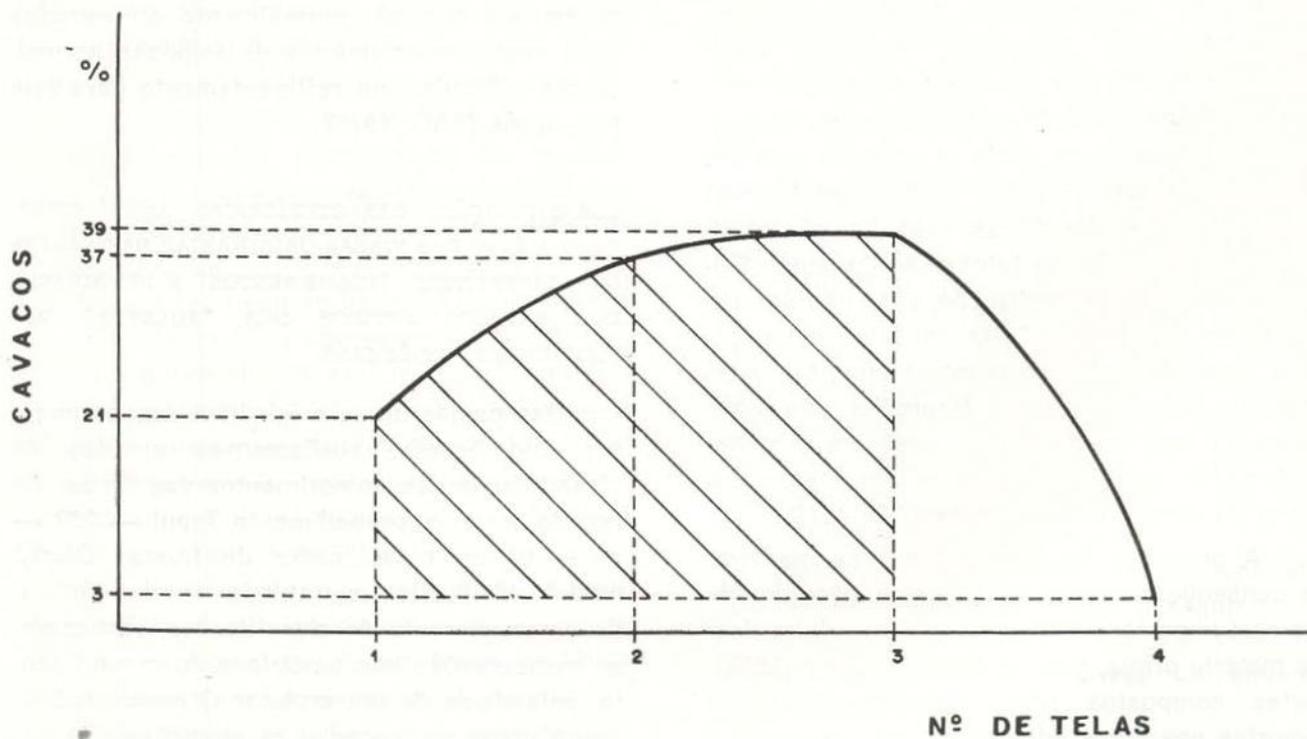


Fig. 7 — Curva da classificação dos cavacos do rolo-resto da madeira Muiratinga.

semiquímica; c) alteração no processo de cozedura, pela redução da penetrabilidade dos reagentes nos cavacos e restrição na solubilidade da lignina; d) decomposição dos licores de cozimento; e) corrosão dos equipamentos pela ação das tropolonas, polifenóis e ácidos orgânicos; f) diminuição nas qualidades das pastas caracterizada por cor menos conveniente, maiores dificuldades no branqueamento, menores facilidades de hidratação, originando papéis de pior qualidade; g) dificuldade na recuperação dos licores de cozimento decorrente de obstáculos na concentração e queima; bem como, proporciona a formação de espuma e perturba a obtenção de produtos secundários.

No que diz respeito aos compostos extraídos com água quente, os resultados se mantiveram em níveis equivalentes aos expostos por matérias primas tropicais de igual valor.

Os conteúdos de lignina encontrados nos "rolos-restos" das diferentes espécies, variaram de 18,2% para o resíduo da madeira Hévea até 32,5% para o "rolete" da essência Jacareúba. Estes resultados estão associados ao rendimento, deslignificação das pastas e à própria fabricação do papel. Segundo Clark (1978), a lignina por seu caráter essencialmente hidrofóbico, quando oriunda de pasta de madeira e se apresenta ainda na celulose com um percentual superior a 4%, tende a aglutinar-se com as fibrilas das fibras, prejudicando as ligações interfibrilar na fabricação do papel. Salvo o perigo da generalização, este não seria o caso dos "rolos-restos" das espécies pesquisadas, uma vez que o percentual superior apresentado pelo "rolete" da Jacareúba, não ultrapassou o teor mostrado por essência reconhecidamente papeleira como o *Eucalyptus saligna* do Congo relatado pela FAO, 1975.

A presença de hemicelulose na madeira, e conseqüentemente na pasta, é considerada de real importância na avaliação papeleira desta matéria prima, porque segundo Clark (1978), estes compostos são indicativos de zonas amorfas nas áreas adjacentes, ou nas paredes das fibras, resultando em conseqüência, regiões de fraca resistência. Igualmente, a he-

micelulose provoca uma maior atração por água em função dos seus grupos polares, originando o fenômeno de inchamento das fibras, benéfico para os seus amolecimentos. Por estas duas razões, as fibras se tornam mais suscetíveis à fibrilação interna e externa, o que levou Clark (Ibid.), a concluir: *que estas seriam as razões, porque pastas com um elevado teor em hemicelulose seriam mais fáceis de refinar do que outras cujos percentuais nestes açúcares não fossem tanto significativos.*

Os resultados dos teores em hemiceluloses apresentados pelos diferentes "rolos-restos" e avaliados sobre esta conceituação teórica, demonstram uma certa probabilidade de que as pastas originárias dos "roletes" das espécies Virola, Hévea e Caucho seriam mais suscetíveis à ação de refino do que as demais essências. Em termos gerais, para a totalidade dos "roletes", o conteúdo médio em hemiceluloses se situou ao redor de 15%, que é normalmente o valor mediano encontrado para as madeiras tropicais.

Em relação aos percentuais de celulose bruta e corrigida, os valores obtidos se equivalem aos que são normalmente encontrados para madeiras originárias de folhosas normalmente utilizadas em reflorestamento para fins papeleiros (FAO, 1975).

#### CLASSIFICAÇÃO, CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS, PESO MÉDIO DAS FIBRAS ORIGINÁRIAS DAS PASTAS DOS DIFERENTES "ROLOS-RESTOS" E DENSIDADES DOS CAVACOS OBTIDOS DOS "ROLETES" DAS DIFERENTES ESSÊNCIAS

Das pastas cruas originárias dos cozimentos Soda/Enxofre realizaram-se ensaios de classificação dos comprimentos das fibras, de acordo com o procedimento Tappi — 233 — Su — 64, em classificador de fibras "Clark" modelo M-46. Das quantidades retidas em cada compartimento do classificador, efetuaram-se mensurações micrométricas do comprimento, valendo-se de um projetor Olympus-up-360, assim como se procedeu às medições das larguras das fibras e diâmetros das cavidades dos elementos fibrosos compartimentados,

por meio de um microscópio monocular E. Leitz, lente ocular 10X, objetiva 4X, fator 3,14. Após, calcularam-se: o coeficiente de flexibilidade, o índice de enfiletramento, a percentagem e o peso médio das fibras.

As densidades dos "roletes" foram determinadas sobre os cavacos pelo método RC-91-TAPPI.

Os resultados dos ensaios fibrilíferos bem como os da avaliação das densidades são mostrados no Quadro 8.

A análise desses resultados revelam que os comprimentos, larguras e lúmens das fibras originárias das pastas dos diferentes "roletes" se mostraram normais e equivalentes aos que são observados nas folhosas tropicais de reflorestamento.

A característica do coeficiente de flexibilidade de ser inferior ao índice de enfiletramento foi também mantida, o que proporcionaria aos papéis derivados das pastas dos diferentes "rolos-restos" o atributo de apresentarem resistência ao Rasgo superior às Resistências à Tração, Estouro e Dobras-Duplas. Um exame das características fibrilíferas entre os "roletes" mostra que o maior comprimento foi proporcionado pelas fibras do Caucho, que variou (valores médios) desde 1.205 m $\mu$  a 1.803 m $\mu$  e o menor foi devido à espécie Hévea, com variação a partir de 957 m $\mu$  até 1.474 m $\mu$ .

Em termos de classificação, os comprimentos das fibras, por espécie de madeira, acompanharam os decréscimos das peneiras do classificador.

No que diz respeito às larguras das fibras, a espécie, cuja fibra apresentou maior diâmetro foi a obtida do "rolete" de Caucho, com o diâmetro variando de 29 m $\mu$  a 33 m $\mu$ ; enquanto que a menor largura foi assegurada pelas fibras da essência Jacareúba, com variações representativas das larguras nos diferentes níveis de classificação.

Para as larguras das cavidades, os comportamentos foram equivalentes aos observados para os diâmetros. Assim é que, as fibras que apresentaram cavidades mais estreitas foram as do Caucho e as de lúmen mais delgado corresponderam aos das fibras da Muiratinga e Jacareúba, respectivamente.

Na classificação, observa-se uma tendência para o aumento dos lúmens das fibras ao nível do segundo e terceiro compartimento, seguido geralmente de um decréscimo das larguras das cavidades, a partir do terceiro compartimento.

O maior percentual de fibras retidas por peneiras correspondeu à segunda e à terceira, perfazendo um total acima de 80%, evidenciando assim as características medianas dos elementos fibrosos e suas conseqüências nas resistências dos papéis.

A respeito das densidades, os valores apresentados podem ser considerados para os padrões tropicais como leves, situando-se na faixa desde 0,28 g/cm<sup>3</sup> para o "rolete" da Hévea, a 0,44 g/cm<sup>3</sup> para o "rolete" da Copaíba.

#### ENSAIOS DE FABRICAÇÃO DE PASTAS QUÍMICAS CRUAS E ALVEJADAS

No que diz respeito ao aporte tecnológico, os processos empregados nos ensaios de fabricação de pastas químicas foram: os procedimento Sulfato, Soda e Soda/Enxofre.

Para o material testado, foram observados antes os estudos isolados dos "rolos-restos" de cada essência e, em seguida, os estudos de misturas, levando-se em consideração, neste ínterim, os resultados dos ensaios anteriores, especificamente, os das análises químicas.

Por outro lado, os experimentos de fabricação de pastas químicas se desenvolveram em dois níveis: o primeiro, a nível exploratório, onde foram efetuadas baterias de cozimento, nos quais se procuraram definir as condições ótimas de tratamento. O segundo, que foi denominado tratamento padrão, foi definido pelos cozimentos exploratórios e, neste, uma maior quantidade de cavacos foi empregada para obterem-se pastas suficientes para operações de refino e alvejamento.

Os detalhamentos dos ensaios exploratórios e padrão, apresentamo-los a seguir.

#### PASTA QUÍMICA SODA/ENXOFRE — ENSAIOS EXPLORATÓRIOS

O objetivo dos ensaios exploratórios foi definir as condições dos cozimentos padrão e

QUADRO 8 — Classificação, características anatômicas, peso médio das fibras originárias das pastas dos diferentes "rolos-restos" e densidades dos cavacos obtidos dos "roletes" das diferentes essências

Madeiras rolos-restos	Compartimentos N.º	CARACTERÍSTICAS							
		Comprimento das fibras (m $\mu$ ) - L - valores médios	Largura das fibras (m $\mu$ ) - l - valores médios	Largura das cavidades (m $\mu$ ) - C - valores médios	Coefficientes de flexibilidade C/1 x 100	Índice feltrante L/1	Retirada em cada compartimento %	Densidade g/m <sup>3</sup>	Peso médio dos comprimentos das fibras mm.
Caucho	1	1.803	29	9	31	62	0,0	0,38	1,594
Copaíba		1.573	23	8	35	68	0,0	0,44	1,475
Hévea		1.474	22	10	45	67	0,0	0,28	1,367
Jacareúba		1.610	20	7	35	80	0,0	0,47	1,225
Muiratinga		1.636	22	8	36	74	1,0	0,36	1,578
Virola		1.611	26	10	38	61	0,0	0,39	1,399
Caucho	2	1.662	33	12	36	50	48		
Copaíba		1.578	23	9	39	68	44		
Hévea		1.416	28	13	46	50	39		
Jacareúba		1.412	19	8	42	74	28		
Muiratinga		1.671	15	8	53	111	58		
Virola		1.317	25	10	40	52	57		
Caucho	3	1.600	32	14	44	50	42		
Copaíba		1.466	23	8	35	63	45		
Hévea		1.373	24	9	37	57	50		
Jacareúba		1.189	18	8	44	66	59		
Muiratinga		1.511	16	7	44	94	32		
Virola		1.469	29	11	38	50	34		
Caucho	4	1.208	33	12	36	36	8,0		
Copaíba		1.103	20	8	40	55	10		
Hévea		1.205	21	9	43	57	9,0		
Jacareúba		990	18	7	39	55	13		
Muiratinga		1.209	17	6	35	71	7,0		
Virola		1.710	34	13	38	50	7,0		
Caucho	5	1.205	30	13	43	40	1,0		
Copaíba		1.022	17	7	41	60	1,0		
Hévea		957	21	8	38	45	2,0		
Jacareúba		941	18	8	44	52	0,0		
Muiratinga		1.103	18	7	39	61	1,0		
Virola		1.395	28	9	32	49	2,0		

para tal tomaram-se em consideração duas variáveis: taxa de rejeito e número Kappa por sua correlação positiva, de modo a obter-se uma pasta com taxa de rejeito inferior a 2%, o que, probabilisticamente, resultaria em celulose razoavelmente deslignificada.

Os cozimentos foram efetuados em um conjunto de 7 tubos com capacidade de 250 g de madeira seca, aquecidos através de vapor superaquecido, obtido no corpo de um digestor "Auximeca" de 50 litros, aquecido eletricamente.

As condições e os resultados dos cozimentos exploratórios são mostrados no Quadro 9.

Considerando as variáveis estabelecidas, os resultados mostram que, não obstante as diferenças das pastas de uma essência a outra, pode obter-se celulose razoavelmente bem deslignificada e com taxas de rejeito não proibitivas dos cavacos originários dos diferentes "roletes".

Uma análise por espécie revela que o material mais difícil de tratar foi o originário da espécie Copaíba, da qual se conseguiu a um nível de 23% NaOH/madeira seca e 2,3% S/madeira seca, pasta com n.º Kappa 20 e taxas de rejeito de 1,2%; enquanto que, para os cavacos resultantes dos roletes de Caucho, a partir de 22% NaOH/madeira seca e 2,2% S/madeira seca, já se podem conseguir pastas bem deslignificadas e com taxas de rejeitos aceitáveis. A mesma observação aplicada para o "rolos-restos" da essência Hévea revelam que os cavacos deles originários são ainda mais fáceis de ser deslignificados, uma vez que, a começar de 17% NaOH/madeira seca e 1,7%, de Enxofre, obtêm-se pastas químicas com dureza satisfatória e com percentual de rejeito inferior a 2%. O comportamento dos cavacos dos "roletes" da espécie Virola, confrontados com as duas variáveis escolhidas para a determinação dos cozimentos padrões, evidencia que se podem obter pastas químicas com dureza satisfatória e taxa de rejeito aceitável principiando de 18% NaOH/madeira seca e 1,8% de Enxofre. Sob este aspecto, a informação para os cavacos derivados da espécie Jacareúba mostra que nas mesmas condições explicitadas para a essência Virola, po-

dem-se obter pastas com taxas de rejeitos aprováveis, mas com dureza superior à encontrada para as pastas obtidas dos cavacos dos "roletes" de Virola. As reações dos cavacos dos "rolos-restos" da Muiratinga frente às duas variáveis seguiu o comportamento dos demais cavacos derivados dos diferentes "roletes" com uma condição de que, esta espécie exige tratamento mais enérgico em termos de produtos químicos, do que os requeridos para as espécies Hévea e Virola.

Os cozimentos exploratórios tiveram por mérito definir as condições de tratamento das digestões padrões. As condições escolhidas estão assinaladas com asteriscos, no quadro correspondente a cada espécie e suas eleições deveram-se, principalmente, ao índice de deslignificação, à taxa de rejeito e, algumas vezes, ao rendimento em pasta.

#### EXPERIMENTOS DEFINITIVOS

Definidas as condições de tratamento padrão nos ensaios exploratórios, efetuaram-se os cozimentos definitivos sobre 4.000g de cavacos secos de cada espécie, em um cozinhador elétrico "Auximeca" de 50 litros, com uma rotação em 40 s.

As condições e os resultados destes ensaios estão indicados no Quadro 10.

Descarregado o digestor, após a degaseagem, retiraram-se amostras de licor negro, para a determinação do álcali residual. Após esta operação, as pastas foram desintegradas em desintegrador "Allbie", depuradas em depurador "Brecht Holl" (peneira 0,1 mm) e enxugada até uma consistência de 30% em centrífuga Rousselet S.A. 30 AW 2 e, de contínuo, determinaram-se os rendimentos depurados, rejeito de depuração, álcali residual, n.º Kappa e viscosidade Etilenodiamina Cúprica. As duas últimas determinações foram realizadas, segundo as normas A.B.C.P. (Associação Técnica Brasileira de Celulose e Papel) e TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry).

A despeito da boa deslignificação das pastas, uma vez que o número Kappa das diferentes celuloses variaram desde 17 para as pas-

tas dos "roletes" de Caucho, até 25 para a celulose de Jacaréúba, os rendimentos em pastas foram medíocres quando confrontados, por exemplo, com os rendimentos de Eucalyptus sp. de diversas procedências coligidos pela FAO, 1975.

Em termos de rejeitos de depuração, álcali residual, os resultados se mantiveram em consonância com os que são normalmente encontrados para as madeiras folhosas tropicais e a mesma observação é válida para a viscosidade.

#### CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DAS PASTAS CRUAS

As pastas químicas Soda-Enxofre cruas foram refinadas em moinho *Jokro*, *Bauer* e *Holandesa*. Para as refinagens, nos três equipamentos observou-se a seguinte metologia.

*Jokro* — 16 g de pasta seca, levada a uma consistência de 6%, com ponto de refino, a partir de zero, (pasta bruta), cobrindo uma escala de °SR que foi de 11 °SR a 63 °SR.

*Bauer* — 16 g de pasta seca, a uma concentração de 0,2%, submetidas a uma potên-

QUADRO 9 — Condições e resultados dos cozimentos exploratórios Soda/Enxofre das madeiras dos "rolos-restos"

Condições :								
NaOH/madeira seca . . . . .		17%	18%	19%	20%	21%	22%	23%
S/madeira seca . . . . .		1,7%	1,8%	1,9%	2,0%	2,1%	2,2%	2,3%
Diluição . . . . .		3,3:1						
Pressão . . . . .		7-8 Kg/cm <sup>2</sup>						
Tempo de impregnação . . . . .		120 min						
Tempo de patamar . . . . .		90 min						
Temperatura de patamar . . . . .		170 °C						
Madeiras "rolos-restos"		Resultados						
		17%	18%	19%	20%	21%	22%	23%
Caucho Copaíba Hévea Jacaréúba Muiratinga Virola	Rendimento %	46,0	44,0	48,0	47,0	46,0	46,0	*48,0
		37,0	42,0	43,0	41,0	42,0	40,0	*43,0
		44,0	45,0	44,0	*45,0	44,0	47,0	45,0
		43,0	44,0	44,0	44,0	*44,0	44,0	41,0
		48,0	48,0	45,0	45,0	43,0	43,0	*42,0
		48,0	48,0	49,0	*48,0	46,0	48,0	47,0
Caucho Copaíba Hévea Jacaréúba Muiratinga Virola	N.º Kappa	25,0	25,0	23,0	24,0	19,0	19,0	*18,0
		32,0	33,0	33,0	32,0	30,0	33,0	*30,0
		24,0	26,0	23,0	*23,0	21,0	20,0	21,0
		30,0	30,0	27,0	27,0	*25,0	25,0	25,0
		33,0	34,0	32,0	34,0	30,0	29,0	*30,0
		26,0	24,0	24,0	*24,0	21,0	21,0	20,0
Caucho Copaíba Hévea Jacaréúba Muiratinga Virola	Rejeito %	3,0	3,0	3,0	2,2	2,0	1,2	* 0,6
		6,0	5,0	4,0	2,2	2,5	1,2	* 1,2
		1,5	1,0	1,3	* 0,5	0,3	0,4	0,3
		2,0	1,5	1,1	1,1	* 0,6	0,5	0,8
		3,0	2,0	1,3	1,1	1,1	0,8	* 0,7
		2,1	1,5	1,2	* 1,0	0,7	0,6	0,3
Caucho Copaíba Hévea Jacaréúba Muiratinga Virola	Álcali- Residual g/l	1,2	1,2	1,2	2,0	2,0	1,2	* 1,2
		0,4	0,4	1,6	1,6	2,4	1,2	* 2,4
		0,8	0,8	0,8	* 0,8	0,8	2,0	3,0
		0,0	0,0	0,4	0,0	* 0,2	0,4	0,8
		0,8	0,8	0,8	1,2	1,2	2,0	* 2,0
		1,2	2,0	1,4	* 2,4	4,0	4,1	5,3

QUADRO 10 — Condições e resultados dos cozimentos padrões Soda/Enxofre das madeiras dos "rolos-restos"

Resultados	Madeiras — "rolos-restos"					
	Caucho 23%	Copaíba 23%	Hévea 20%	Jacareúba 21%	Muiratinga 23%	Virola 20%
Condições :						
NaOH/madeira seca . . . . .	23%	23%	20%	21%	23%	20%
S/madeira seca . . . . .	2,3%	2,3%	2,0%	2,1%	2,3%	2,0%
Diluição . . . . .	3,3:1					
Pressão . . . . .	7-8 Kg/cm <sup>2</sup>					
Tempo de impregnação . . . . .	120 min					
Tempo de patamar . . . . .	90 min					
Temperatura de patamar . . . . .	170 °C					
Rendimento %	39,0	37,0	42,0	43,0	41,0	47,0
N.º Kappa	17,0	29,0	20,0	25,0	23,0	22,0
Rejeito %	0,5	2,0	1,0	1,2	0,3	0,7
Alcali-residual g/l	1,0	1,0	1,4	0,6	0,4	0,0
Viscosidade-Tappi Cp	33,2	46,8	46,5	33,8	53,2	61,8

cia de refino de 3,72 Kw, com circulação forçada, e área de contato de 38 divisões no equipamento. Foram realizadas passagens sucessivas, (no máximo três), até atingir o grau de engrossamento desejado.

*Holandesa* — 200 g de pasta seca com uma consistência de 1%. A massa foi inicialmente desintegrada, no próprio equipamento, (operação realizada com os discos separados), por 30 minutos, adicionando-se, em seguida, a carga correspondente a 7.735 g, unindo-se, seguidamente, os discos. Quatro pontos de refino foram obtidos por período de 35 minutos.

Das pastas refinadas, obtiveram-se folhas-de-ensaio, em formador "Rapid Khoten", com gramatura aproximada de 65 g/m<sup>2</sup>. Acondicionaram-se essas amostras em sala climatizada com 65 ± 5 U.R. e 22 ± 2 °C por um tempo de 12 horas e realizaram-se os testes de resistência, obedecendo aos padrões das normas A. B. C. P. (Associação Técnica Brasi-

leira de Celulose e Papel), TAPPI (Technical Association of the Pulp and Paper Industry) e A.F.N.O.R. (Association Française de Normalisation).

Os resultados obtidos são mostrados no Quadro 11.

Como era de esperar-se, as resistências variam tanto entre as espécies quanto entre equipamentos. Estas variações seguiram uma norma que, de uma forma geral, se comportou dentro de uma certa lógica, repetindo-se mesmo com valores diferentes, nos três equipamentos. Assim é que, se uma propriedade da pasta apresentou resistência extrema em um dos equipamentos, ela se repetiria nos demais.

Entre os equipamentos, as variações nas resistências das pastas foram muito próximas nas celuloses refinadas nos moinhos **Jokro** e **Bauer** mas, muito baixa, nas pastas oriundas dos refinados da **Holandesa**.

QUADRO 11 — Características das pastas cruas dos cozimentos padrões Soda/Enxofre das madeiras dos “rolos-restos”, resultados interpolados a 45° SR, moagem na Holandesa, no Jokro e no Bauer

Equipamento	Madeira “rolo-resto”	Auto ruptura m	Rasgo g por 100/m <sup>2</sup>	Estouro Kg/cm <sup>2</sup> 100/m <sup>2</sup>	Dobras duplas n.º	Porosidade seg/100 c.c.	Lisura seg/50 c.c.	Maciez seg/100 c.c.	Alongamento %
Holandesa	Caucho	2.933	27	0,0	2	61	32	43	1,0
	Copaíba	2.703	33	0,4	2	50	22	38	0,9
	Hévea	3.982	42	0,5	7	122	24	41	1,2
	Jacareúba	3.758	12	0,4	5	146	32	45	1,1
	Muiratinga	3.848	42	0,8	8	260	28	38	1,3
	Virola	4.297	47	0,6	9	738	32	38	1,1
Jokro	Caucho	5.807	54	2,4	56	1046	54	42	1,8
	Copaíba	5.709	65	2,7	42	88	35	35	1,9
	Hévea	7.143	47	3,6	100	Extremamente Impermeável	27	31	1,8
	Jacareúba	6.451	77	3,8	199	Extremamente Impermeável	43	37	2,3
	Muiratinga	8.720	76	5,8	573	Extremamente Impermeável	30	34	2,0
	Virola	7.775	73	5,6	733	273	47	32	2,1
Bauer	Caucho	5.756	62	3,1	134	Extremamente Impermeável	28	43	1,6
	Copaíba	6.432	72	2,8	279	362	34	41	1,8
	Hévea	6.055	70	3,1	432	1018	22	43	2,1
	Jacareúba	7.250	85	3,6	384	Extremamente Impermeável	64	44	1,9
	Muiratinga	7.554	86	3,8	534	345	37	41	1,7
	Virola	7.874	77	4,2	876	Extremamente Impermeável	39	36	1,8

Confrontando as espécies em relação às suas propriedades físico-mecânicas, notou-se uma certa superioridade de resistência à Auto-ruptura da pasta derivada da Muiratinga, em relação às demais, salvo para as celuloses refinadas na **Holandesa**, onde a pasta que apresentou maior resistência à Tração foi a originária do "rolete" de Virola.

Análise equivalente efetuada para o fator Rasgo evidencia uma não uniformidade nos resultados, porque o comportamento desta característica não obedeceu a uma uniformidade seqüencial nos três equipamentos. Das pastas refinadas na **Holandesa**, a que ofereceu maior índice de Rasgo foi a obtida do "rolete" de Virola e o menor oriundo da celulose do "rolo-resto" de Jacareúba. Entretanto, as pastas refinadas no moinho "Jokro" tiveram um comportamento completamente diferente dos observados na "Holandesa", visto como as celuloses derivadas dos "roletes" de Jacareúba foram as que produziram maior Resistência ao fator Rasgo e a menor resistência coube, neste equipamento, à celulose conseguida do "rolo-resto" da espécie Hévea. Variação, de igual forma, foi verificada para as refinagens no "Bauer". Neste moinho, as pastas com maior índice de Rasgo foram as derivadas do "rolo-resto" da Muiratinga e o menor a celulose extraída do "rolete" de Caucho.

O exame das variações das resistências ao Estouro nos três equipamentos demonstram que aconteceu uma variabilidade uniforme; uma vez que, a maior Resistência foi notada nas polpas originárias dos "roletes" de Muiratinga, que foi confirmada nos três equipamentos. Esta uniformidade, entretanto, não foi verificada para a menor Resistência, que foi representada pelas pastas provenientes dos "roletes" de Caucho, refinadas no **Jokro e Holandesa**, apresentando porém desvios nas pastas refinadas no **Bauer**, cuja menor resistência foi para as celuloses derivadas do "rolete" de Copaíba.

As resistências às Dobras-duplas, Porosidade, Lisura, Maciez e Alongamento seguiram a norma de variação de forma flexível nos três equipamentos.

Características...

Em um sentido amplo, as resistências das pastas cruas obtidas dos "roletes" residuais das fábricas de compensados de Manaus, apresentaram características mecânicas equivalentes às das inúmeras folhosas aconselhadas como essência de reflorestamento pela FAO (1975).

#### ALVEJAMENTO DAS PASTAS CRUAS

As pastas cruas originárias dos cozimentos Soda-Enxofre foram alvejadas, por meio de branqueamento simples tipo C.E.H.H. e por procedimentos alvejantes mais complexos como C.E.D.E.D. e C.E.H.D.E.D., que, neste quase fim de século, já se tornaram de uso habitual pela indústria nacional de celulose, pelas vantagens que propiciam, como altas alvuras, estabilidade da cor e limpeza.

Estes alvejamentos tiveram como mérito maior avaliar o comportamento das pastas cruas dos diferentes "rolos-restos", frente aos agentes alvejantes e às características finais das pastas alvejadas.

Especificamente, as condições e a metodologia empregada em cada alvejamento foram as seguintes:

#### Processo C.E.H.H.

Cloração — A gás em alta consistência, entre 20% — 35%, com poucos minutos de duração, o suficiente para a reação do cloro com a lignina, o que foi evidenciado, pela mudança brusca da cor escura da pasta para a cor amarela-clara.

Extração: Temperatura — 60°C  
Tempo — 90 min.  
Consistência — 5%

Hipocloração: Temperatura — 40°C  
Tempo — 6 hs.  
Consistência — 5%

#### Processo C.E.D.E.D.

Cloração — Equivalente à do processo C.E.H.H.

Extração — As mesmas condições empregada no processo C.E.H.H.

Dioxidação — Temperatura — 70°C  
Tempo — 40 min.  
Consistência — 5%

### Processo C.E.H.D.E.D.

Cloração — Idêntica à dos procedimentos anteriores

Extração — Semelhante à dos processos mencionados

Hipocloração — Temperatura — 40°C  
Tempo — 2 hs.  
Consistência — 5%

Dioxidação — Condição equivalente à utilização no processo C.E.D.E.D.

O cálculo do cloro ativo total aplicado nos alvejamentos foi realizado utilizando-se a equação: cloro ativo total =  $0,319 \times n.^{\circ}$  Kappa, estabelecida por Zvinakevicius *et al.*, 1979. Nos procedimentos C.E.H.H. e C.E.D.E.D., após deduzir-se o cloro gasto na cloração a gás, à alta consistência, aplicou-se o excedente de cloro ativo, na forma de 75% na primeira e 25% na segunda hipocloração ou dioxidação respectivamente. No processo C.E.H.D.E.D., a aplicação de cloro ativo foi observada, segundo a metodologia estabelecida pelos pesquisadores acima mencionados, a saber: após a cloração a gás e processada a subtração, o restante do cloro ativo projetado foi aplicado através das seguintes equações:

2.º Estágio —  $0,225 \times (N.^{\circ} \text{ Kappa após estágio precedente})$ .

3.º Estágio —  $0,75 \times (\text{cloro total} - \sum \text{cloro nos dois estágios anteriores})$ .

4.º Estágio —  $0,25 \times (\text{cloro total} - \sum \text{cloro nos dois primeiros estágios contendo cloro})$ .

Na extração, a introdução do NaOH seguiu os parâmetros aconselhados pelos pesquisadores relatados na seguinte seqüência: primeira extração alcalina NaOH =  $1,36 + 0,03 \times n.^{\circ}$  Kappa. Segunda extração alcalina NaOH = 0,5%.

O balanço dos reagentes, bem como os resultados dos alvejamentos são mostrados nos quadros 12, 13 e 14.

Naturalmente, o consumo de cloro e seus compostos, nos três processos variaram em

função do número Kappa de cada pasta. Assim é que a maior demanda observada foi devida à pasta obtida do "rolete" de Copaíba (Kappa = 29) e a menor originária da pasta derivada do "rolete" de Caucho (Kappa = 17). A mesma observação é válida para o consumo de soda.

Individualmente, entre as pastas obtidas dos diferentes "roletes", a que apresentou melhor alvura nos três procedimentos foi a advinda do "rolo-resto" de Jacareúba e a menor a fabricada a partir do "rolete" de Copaíba.

As estabilidades das alvuras, em termos gerais, nos três processos, demonstram-se equivalentes, variando em uma faixa de reversão de 9% a 6%.

A degradação da celulose, nos três processos, avaliada a partir da viscosidade da pasta crua e alvejada, demonstra que o processo C.E.D.E.D. é menos degradativo do que os processos C.E.H.D.E.D. e C.E.H.H., respectivamente. Esta vantagem do processo de alveamento de múltiplo estágio à base de dióxido sobre os procedimentos que incorporam hipoclorito é bem clássica, como clássica é a explicação de que isto é devido a uma maior seletividade que o dióxido proporciona à lignina sem degradar a celulose, fenômeno que ocorre inversamente, quando se introduz hipoclorito nos estágios. Entretanto, este assunto é um tanto polêmico. Foelkel *et al.*, 1977, reconhecem a necessidade de introdução de uma fase de hipoclorito que teria a finalidade de abrir o caminho para uma melhor ação do dióxido nas fases posteriores; mas reflexionam textualmente estes autores: "O hipoclorito de sódio é um bom alvejante da celulose mas causa muita degradação nas cadeias celulósicas com conseqüentes quedas de viscosidade e resistência. Por isso a sua adição deve ser mantida a nível baixo". Em nossa opinião, a introdução de hipoclorito de sódio é sempre perigosa para as cadeias poliméricas da celulose e a sua substituição por dióxido desde que exista pré-requisito técnico, econômico e comercial, deve ser feita.

No contexto dos materiais testados, pode afirmar-se que as pastas cruas Soda/Enxofre derivadas dos "rolos-restos" das fábricas de

QUADRO 12 — Resultados dos branqueamentos (Cl - NaOH - ClONa - ClONa) das pastas cruas dos cozimentos Soda/Enxofre dos “rolos-restos”

Madeira “roletes”	Cloração Cloro Consumido %	Sodação		1.ª FASE ClONa		2.ª FASE ClONa		“Photovolt” Alvura das Pastas	Alvura das Pastas %	Viscosidade TAPPI cp
		NaOH Int. %	NaOH Cons. %	Cloro Int. %	Cloro Cons. %	Cloro Int. %	Cloro Cons. %			
Caucho	1,8	1,9	1,0	2,5	1,2	0,8	0,2	87	93	13,6
Copaíba	3,6	2,3	1,1	3,6	3,1	1,2	0,3	82	94	18,4
Hévea	2,6	2,0	1,5	2,6	1,7	0,9	0,2	89	94	25,0
Jacareúba	2,9	2,1	1,6	3,1	1,7	1,0	0,5	90	93	11,8
Muiratinga	2,8	2,0	1,6	3,4	1,6	0,8	0,2	87	93	22,1
Virola	2,2	2,0	1,6	3,0	1,7	1,0	0,3	87	92	21,8

QUADRO 13 — Resultados dos branqueamentos (Cl - NaOH - ClONa - ClO<sub>2</sub> - NaOH - ClO<sub>2</sub>) das pastas cruas dos cozimentos Soda/Enxofre dos “rolos-restos”

“Rolete”	Cloração Cloro Consumido %	Sodação		3.ª Fase: ClONa		4.ª Fase: ClO <sub>2</sub>		5.ª Fase: NaOH		6.ª Fase: ClO <sub>2</sub>		Photovolt Alvura das Pastas	Estabilidade da Alvura	Viscosidade TAPPI cp.
		NaOH Int. %	NaOH Cons. %	Cloro Int. %	Cloro Cons. %	Cloro Int. %	Cloro Cons. %	NaOH Int. %	NaOH Cons. %	Cloro Int. %	Cloro Cons. %			
Caucho	1,8	1,9	1,0	0,8	0,7	2,2	2,0	0,5	0,2	0,5	0,3	88	94	25,0
Copaíba	3,6	2,3	1,1	1,2	1,2	2,9	2,8	0,5	0,3	0,7	0,5	86	94	37,9
Hévea	2,6	2,0	1,5	0,9	0,9	2,1	2,0	0,5	0,3	0,5	0,4	90	92	40,0
Jacareúba	2,9	2,1	1,6	1,0	0,9	2,5	2,5	0,5	0,3	0,6	0,5	90	94	20,1
Muiratinga	2,8	2,0	1,6	0,8	0,8	1,9	1,5	0,5	0,3	0,5	0,3	90	91	44,7
Viola	2,2	2,0	1,6	1,0	0,8	2,4	2,1	0,5	0,2	0,6	0,4	87	94	23,6

QUADRO 14 — Resultados dos branqueamentos (Cl - NaOH - ClO<sub>2</sub> - NaOH - ClO<sub>2</sub>) das pastas cruas dos cozimentos Soda/Enxofre dos “rolos-restos”

“Roleta”	Cloração Cloro Consumido %	Sodação		3.ª Fase: ClO <sub>2</sub>		4.ª Fase: NaOH		5.ª Fase ClO <sub>2</sub>		“Photovolt” Alvura das Pastas	Estabilidade da Alvura	Viscosidade TAPPI cp.
		NaOH Int. %	NaOH Cons. %	Cloro Int. %	Cloro Cons. %	NaOH Int. %	NaOH Cons. %	Cloro Int. %	Cloro Cons. %			
Muiratinga	2,8	2,0	1,6	2,4	2,4	0,5	0,2	0,8	0,7	89	93	41,1
Caucho	1,8	1,9	1,0	2,5	2,4	0,5	0,3	0,8	0,5	89	93	23,0
Copaíba	3,6	2,3	1,1	3,6	3,6	0,5	0,3	1,2	1,2	86	92	35,1
Hévea	2,6	2,0	1,5	2,6	2,6	0,5	0,3	0,9	0,8	89	93	42,5
Jacareúba	2,9	2,1	1,6	3,1	3,0	0,5	0,3	1,0	0,9	91	94	25,3
Virola	2,2	2,0	1,6	3,0	3,0	0,5	0,4	1,0	0,6	89	93	41,6

compensados do Estado do Amazonas, podem ser alvejadas sem maiores conseqüência pelos processos empregados e as celuloses alvejadas resultantes, por suas características, são passíveis de ser utilizadas na fabricação de papéis brancos.

#### CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DAS PASTAS ALVEJADAS

As pastas alvejadas foram refinadas em moinho "Bauer". Elaboraram-se folhas de ensaios e realizaram-se os testes físico-mecânicos de forma equivalente ao procedido para as pastas cruas. Os resultados são revelados no Quadro 15.

Os papéis obtidos das pastas alvejadas pelo processo C.E.D.E.D., em virtude de resultarem de pastas menos degradadas, mostraram-se mais consistentes do que os obtidos pelos processos de seis e quatro fases. Naturalmente que as resistências dos papéis oriundos das pastas branqueadas através do procedimento C.E.H.D.E.D. foram sensivelmente superiores aos alcançados pelos papéis derivados das pastas alvejadas à base de hipoclorito.

#### PASTA QUÍMICA À SODA - ENSAIOS EXPLORATÓRIOS

Pesquisaram-se, através de cozimentos exploratórios, as condições ótimas de tratamento das pastas químicas à Soda. Os resultados dos tratamentos exploratórios são mostrados nos Quadros 16 e 17.

Os valores obtidos demonstram a possibilidade de obterem-se dos diferentes "bolos-restos", pastas químicas, utilizando-se somente Hidróxido de Sódio como componente de licor branco.

Para os cavacos originários dos diferentes "roletes", os níveis de NaOH exigido variaram desde 22% para os cavacos da Viro'la até 26% para os de Copaíba. Entretanto, a maioria dos cavacos demandaram um percentual de NaOH da ordem de 23%.

Na determinação das condições padrões seguiu-se o mesmo critério observado nos ensaios exploratórios dos cozimentos Soda/En-

xofre. Os parâmetros escolhidos estão assinalados em asteriscos nos Quadros correspondentes a cada espécie.

#### EXPERIMENTOS DEFINITIVOS

Os resultados dos cozimentos padrões do processo à Soda, apresentados no Quadro 18, confirmam a existência de pastas mais duras, com rendimento inferior a um percentual de rejeito mais elevado do que o das polpas originárias dos processos Soda/Enxofre e Sulfato.

A análise comparativa dos efeitos dos cozimentos entre as espécies, com as seqüências diagnosticadas nos processos à base de enxofre, foram também detectados no procedimento à Soda. Assim é que, para o grau de deslignificação, o maior número Kappa foi devido à celulose de Copaíba e o menor à pasta resultante do "rolete" de Caucho. A mesma consideração é válida para o rendimento, cuja maior marca atingida nos dois processos foram para as pastas derivadas do "rolete" de Viro'la e a menor para o rendimento das pastas obtidas do "bolo-resto" da Copaíba. O mesmo raciocínio aplicado aos teores de rejeitos, evidencia a mesma concordância vista nos outros parâmetros. Desta forma, a maior taxa de rejeito, em ambos processos, foi para as pastas obtidas da Copaíba e a menor para celulose originária da Muiratinga.

#### CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DAS PASTAS CRUAS

As pastas cruas dos cozimentos à Soda foram refinadas e acondicionadas de forma equivalente às do processo Soda/Enxofre. Os resultados desses ensaios são denotados no Quadro 19.

O confronto destes dados, entre as pastas provenientes dos diferentes "bolos-restos", demonstram que para a Resistência à Tração, a pasta de Viro'la foi a que apresentou melhor Resistência e a mais baixa Tração ficou para as pastas das espécies, Copaíba, Caucho e Muiratinga.

Os extremos da resistência ao Rasgo, para mais e para menos, foram devidos à celulo-

QUADRO 15 — Características das pastas alveoladas dos cozimentos padrão Soda/Enxofre das madeiras dos "rolos-restos", resultados interpolados a 45° SR —  
Mcaagem no Bauer

Cozimento	Processo de Alveamento	Auto-ruptura m	Rasgo g por 100 g/m <sup>2</sup>	Estouro kg/cm <sup>2</sup> 100 g/m <sup>2</sup>	Dobras-duplas n.º	Porosidade seg/100 c.c.	Lisura seg/50 c.c.	Maciez seg/100 c.c.	Alongamento %
Caucho	CEHH	4.466	53	0,7	12	237	32	41	1,3
	CEDED	5.694	63	1,7	52	167	28	41	1,2
	CEHDED	4.750	69	1,5	76	459	25	41	1,4
Copaiba	CEHH	5.169	62	1,8	25	34	35	41	1,5
	CEDED	6.339	69	3,6	111	156	32	36	1,6
	CEHDED	6.457	86	3,2	156	89	39	38	1,8
Hévea	CEHH	5.735	55	2,3	65	287	33	38	1,8
	CEDED	6.190	61	2,8	170	Extremamente Impermeável	27	37	1,9
	CEHDED	6.152	66	2,8	191	Extremamente Impermeável	24	35	1,8
Jacareúba	CEHH	5.652	54	1,6	15	53	35	38	1,5
	CEDED	6.370	78	3,1	68	151	30	43	1,7
	CEHDED	6.338	74	2,5	63	161	35	38	2,0
Muiratinga	CEHH	6.268	95	3,2	126	122	35	38	1,7
	CEDED	6.754	86	3,3	297	595	36	38	1,6
	CEHDED	6.766	80	3,3	650	304	34	40	1,7
Virola	CEHH	6.360	64	2,5	111	329	32	38	1,7
	CEDED	7.121	09	3,6	615	219	31	37	1,8
	CEHDED	6.478	103	3,1	281	524	26	37	1,8

QUADRO 16 — Condições e resultados dos cozimentos exploratórios à Soda das madeiras dos "rolos-restos"

Condições:		20%	21%	22%	23%	24%	25%	26%	27%	28%	29%	30%
NaOH/Madeira Seca . . . . .		20%	21%	22%	23%	24%	25%	26%	27%	28%	29%	30%
Diluição . . . . .		3,3:1										
Pressão . . . . .		7 — 8 kg/cm <sup>2</sup>										
Tempo de Impregnação . . . . .		120 min.										
Tempo de Patamar . . . . .		90 min.										
Temperatura de Patamar . . . . .		170° C										

Madeira "rolos-restos"		RESULTADOS						
		24%	25%	26%	27%	28%	29%	30%
Caucho	Rendimento %	* 41,0	41,0	40,0	39,0	41,0	42,0	37,0
	N.º Kappa	* 30,0	29,0	29,0	27,0	29,0	28,0	27,0
	Rejeito %	* 1,0	0,7	0,7	0,3	0,3	0,1	0,2
	Alcali-Residual g/1	* 2,2	3,0	3,3	3,7	4,2	5,0	6,1

Madeira "rolos-restos"		RESULTADOS						
		24%	25%	26%	27%	28%	29%	30%
Copaíba	Rendimento %	36,0	37,0	* 34,0	37,0	40,0	38,0	36,0
	N.º Kappa	31,0	30,0	* 28,0	28,0	29,0	28,0	26,0
	Rejeito %	6,4	4,7	* 4,5	4,0	3,1	2,7	2,0
	Alcali-Residual g/1	1,4	2,0	* 2,4	2,2	3,3	6,1	8,6

se da Copaíba, com a maior marca e as pastas da Hévea, Virola e Jacareúba com os menores índices.

A melhor reação ao Estouro foi apresentada pela pasta obtida do "rolete" da Virola e a menor foi conseguida da pasta resultante do "rolo-resto" da Muiratinga.

Das pastas das espécies a que apresentou maior nível de resistência às Dobras duplas foi a derivada do "rolete" de Virola e a

pior, o das pastas extraídas dos resíduos de Muiratinga.

Em relação à Permeabilidade ao ar, a madeira, de cuja pasta derivou papéis mais porosos, nas condições estabelecidas do refino foi a do Caucho, enquanto que a pasta que apresentou menor susceptibilidade de ser permeável ao ar, foi a originária do "rolo-resto" de Virola. A mesma seqüência foi observada para as demais características de superfície e textura.

ALVEJAMENTO DAS PASTAS CRUAS

A metodologia empregada nos alvejamentos das pastas cruas à Soda foi equivalente à utilizada no processo Soda/Enxofre. Os resultados dos ensaios são mostrados nos Quadros 20, 21 e 22.

De uma forma geral, nota-se que as pastas cruas oriundas do processo somente à Soda são mais duras e em conseqüência, demandaram um maior percentual de alvejantes para atingir alvura acima de 80 graus Photovolt. Entretanto, das pastas dos diferentes "rolos-res-

tos", as que consumiram maior e menor percentual de reagentes foram respectivamente a Copaíba e o Caucho.

Considerando os resultados dos alvejamentos dos três diferentes processos, observa-se que as pastas resultantes do "rolo-resto" da Jacareúba apresentou no processo C.E.H.H., superioridade em relação às demais polpas, a qual, no entanto, não chegou a ser alarmante, uma vez que a menor alvura neste processo deveu-se às pastas do "rolete" de Caucho, que atingiu a cifra de 38 graus Photovolt. Esta superioridade da pasta originária

QUADRO 17 — Condições e resultados dos cozimentos exploratórios à Soda das madeiras dos "rolos-restos"

Condições:

NaOH/Madeira Seca . . . . .	17%	18%	19%	20%	21%	22%	23%
Diluição . . . . .	3,3:1						
Pressão . . . . .	7 — 8 kg/cm <sup>2</sup>						
Tempo de Impregnação . . . . .	120 min.						
Tempo de Patamar . . . . .	90 min.						
Temperatura de Patamar . . . . .	170° C						

Madeira "rolos-restos"		RESULTADOS						
		17%	18%	19%	20%	21%	22%	23%
Hévea	Rendimento %	40,0	43,0	41,0	42,0	41,0	40,0	* 40,0
Jacareúba		47,0	44,0	44,0	43,0	48,0	43,0	* 37,0
Muiratinga		39,0	43,0	43,0	42,0	46,0	42,0	* 41,0
Virola		42,0	47,0	46,0	46,0	45,0	* 45,0	45,0
Hévea	N.º Kappa	27,0	24,0	23,0	21,0	20,0	19,0	* 17,0
Jacareúba		35,0	34,0	33,0	33,0	30,0	29,0	* 28,0
Muiratinga		33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	33,0	* 32,0
Virola		30,0	30,0	28,0	25,0	25,0	* 21,0	19,0
Hévea	Rejeito %	4,0	2,0	2,4	1,0	1,0	1,0	* 1,0
Jacareúba		3,7	3,0	1,7	1,8	2,2	1,3	* 0,9
Muiratinga		13,2	5,5	4,0	2,0	1,5	0,9	* 0,5
Virola		6,1	2,2	2,4	1,1	1,6	* 0,7	0,6
Hévea	Álcali-Residual g/1	2,2	2,6	3,7	4,1	6,1	7,5	* 9,6
Jacareúba		0,8	1,2	1,2	1,6	2,4	3,7	* 4,5
Muiratinga		0,4	0,8	0,8	0,8	2,0	3,3	* 4,1
Virola		1,6	2,8	4,1	5,3	6,1	* 7,0	10,3

QUADRO 18 — Condições e resultados dos cozimentos padrão à Soda das madeiras dos "rolos-restos"

Condições:						
NaOH/madeira seca . . . . .	24%	26%	23%	23%	23%	22%
Diluição . . . . .	3,3:1					
Pressão . . . . .	7 — 8 Kg/cm <sup>2</sup>					
Tempo de impregnação . . . . .	120 min.					
Tempo de patamar . . . . .	90 min.					
Temperatura de patamar . . . . .	170° C					

Resultados	Madeiras — "rolos-restos"					
	Caucho 24%	Copaíba 26%	Hévea 23%	Jacareúba 23%	Muiratinga 23%	Virola 22%
Rendimento %	38,0	33,0	39,0	36,0	35,0	44,0
N.º Kappa	19,0	34,0	23,0	29,0	28,0	23,0
Rejeito %	0,3	1,1	0,6	0,7	0,5	0,5
Alcali-residual g/l	1,6	9,7	7,3	9,4	2,2	3,3
Viscosidade-Tappi cp	53,2	37,9	29,0	45,9	27,3	30,1

da Jacareúba foi mantida em média nos processos de 5 (cinco) e 6 (seis) fases, visto que, no procedimento C.E.D.E.D., ela situou-se a 2 (dois) graus a menos do que a da pasta de maior alvura e no processo C.E.H.D.E.D., a celulose obtida da Jacareúba revelou também a melhor alvura.

Análise semelhante efetuada para reversão ou estabilidade da alvura mostra que a pasta oriunda da Copaíba apresentou uma propensão significativa para retroação da alvura, enquanto que, a celulose que revelou alvura mais estável, originou-se do "rolete" de Virola. Esta situação foi verificada nos três procedimentos alvejantes.

Em relação às viscosidades, estas seguiram a observância do número Kappa, com as pastas mais ou menos degradadas variando em função deste indicador.

Naturalmente, dos processos da base de dióxido resultaram celulose com cadeias menos danificadas.

#### CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DAS PASTAS ALVEJADAS

As pastas alvejadas do processo à Soda, cuja refinagem, produção de folhas de ensaios, climatização e testes físico-mecânicos foram processados da mesma forma que no tratamento Soda/Enxofre, revelaram, de acordo com os dados inseridos no Quadro 23, que as pastas dele resultante são mais resistentes do que as celuloses derivadas do processo Soda/Enxofre. Isto, que à primeira vista, parece ser uma anomalia, porque as pastas "Kraft" são normalmente mais resistentes do que as pastas somente à Soda, tem a sua explicação na menor deslignificação das pastas à Soda, cujos números Kappa foram sempre superiores aos da celulose fabricadas através do processo à Soda do procedimento "Kraft".

Em relação às resistências, as considerações são equivalentes às das pastas alvejadas do processo Soda/Enxofre, com as celuloses oriundas dos procedimentos alvejantes de 6

QUADRO 19 — Características das pastas cruas dos cozimentos padrão à Soda das madeiras dos "rolos-restos", resultados interpolados a 45°SR, moagem na Holandesa, Jokro e no Bauer

Equipamento	Madeira	Auto-ruptura m	Rasgo g por 100g/m <sup>2</sup>	Estouro kg/cm <sup>2</sup> 100g/m <sup>2</sup>	Dobras- duplas n.º	Porosidade seg/100 c.c.	Lisura seg/50 c.c.	Maciez seg/100 c.c.	Alongamento %
Holandesa	Caucho	3.124	40	0,1	3	15	29	41	1,0
	Copaíba	3.083	44	0,0	3	17	27	44	1,2
	Hévea	3.304	36	0,0	3	34	29	51	1,1
	Jacareúba	3.217	35	0,0	4	64	35	44	1,1
	Muiratinga	3.421	38	0,0	3	21	25	46	0,9
	Virola	3.898	27	0,0	4	172	27	38	1,0
Jokro	Caucho	5.236	77	1,6	22	9	28	38	1,4
	Copaíba	5.684	68	2,1	37	29	26	37	1,7
	Hévea	6.144	50	1,7	27	Extremamente Impermeável	24	33	1,5
	Jacareúba	6.271	25	2,4	23	63	45	40	1,9
	Muiratinga	5.560	59	1,3	12	25	26	39	1,3
	Virola	7.107	72	3,4	336	Extremamente Impermeável	39	37	1,6
Bauer	Caucho	6.125	89	2,0	63	48	20	42	1,4
	Copaíba	6.269	97	2,3	144	58	30	44	1,6
	Hévea	5.810	58	1,9	60	127	40	42	1,5
	Jacareúba	6.566	83	3,6	415	361	40	42	1,8
	Muiratinga	5.269	61	1,6	22	43	28	44	1,3
	Virola	7.624	66	4,2	487	Extremamente Impermeável	48	38	1,5

QUADRO 20 — Resultados dos branqueamentos (Cl - NaOH - ClONa - ClONa) das pastas cruas dos cozimentos à Soda das madeiras dos “rolos-restos”

Madeira	Cloração Cloro Consumido %	Sodação		1.ª Fase: ClONa		2.ª Fase: ClONa		Photovolt Alvura das Pastas	Estabilidade da Alvura %	Viscosidade TAPPI cp
		NaOH Int. %	NaOH Cons. %	Cloro Int. %	Cloro Cons. %	Cloro Int. %	Cloro Cons. %			
Caucho	2,8	2,4	2,3	2,3	2,0	0,8	0,4	83	78	16,6
Copaíba	6,2	2,1	1,8	2,3	1,7	0,7	0,4	88	72	14,8
Hévea	3,6	2,0	1,7	2,1	2,0	0,7	0,4	89	89	14,3
Jacareúba	4,4	2,2	1,9	2,8	1,9	0,9	0,3	90	89	17,6
Muiratinga	3,6	2,2	1,8	3,4	2,7	1,1	0,4	87	91	13,0
Virola	3,3	2,1	1,6	2,4	1,7	0,8	0,3	89	92	21,0

QUADRO 21 — Resultados dos branqueamentos (Cl - NaOH - ClO<sub>2</sub> - NaOH - ClO<sub>2</sub>) das pastas cruas dos cozimentos à Soda das madeiras dos “rolos-restos”

Madeira	Cloração Cloro Consumido %	Sodação		3.ª Fase: ClO <sub>2</sub>		4.ª Fase NaOH		5.ª Fase: ClO <sub>2</sub>		Photovolt Alvura das Pastas	Estabilidade da Alvura	Viscosidade TAPPI cp
		NaOH Int. %	NaOH Cons. %	Cloro Int. %	Cloro Cons. %	NaOH Int. %	NaOH Cons. %	Cloro Int. %	Cloro Cons. %			
Caucho	2,8	2,4	2,3	2,3	2,3	0,5	0,3	0,8	0,8	89	70	23,0
Copaíba	6,2	2,1	1,8	2,3	2,3	0,5	0,3	0,7	0,6	85	69	24,5
Hévea	3,6	2,0	1,7	2,1	2,1	0,5	0,4	0,7	0,6	92	92	18,4
Jacareúba	4,4	2,2	1,9	2,8	2,8	0,5	0,3	0,9	0,9	90	92	31,2
Muiratinga	3,6	2,2	1,8	3,4	3,4	0,5	0,4	1,1	1,1	87	90	20,7
Virola	3,3	2,1	1,6	2,4	2,4	0,5	0,3	0,8	0,8	89	93	35,9

QUADRO 22 — Resultados dos branqueamentos (Cl - NaOH - ClONa - ClO<sub>2</sub> - NaOH - ClO<sub>2</sub>) das pastas cruas dos cozimentos à Soda das madeiras dos “rolos-restos”

Madeira	Cloração Cloro Consumido %	Sodação		3.ª Fase: ClONa		4.ª Fase: ClO <sub>2</sub>		5.ª Fase: NaOH		6.ª Fase: ClO <sub>2</sub>		Photovolt Alvura das Pastas	Estabilidade da Alvura	Viscosidade TAPPI cp.
		NaOH Int. %	NaOH Cons. %	Cloro Int. %	Cloro Cons. %	Cloro Int. %	Cloro Cons. %	NaOH Int. %	NaOH Cons. %	Cloro Int. %	Cloro Cons. %			
Caucho	2,8	2,4	2,3	1,6	1,6	1,1	1,1	0,5	0,3	0,4	0,4	89	71	21,8
Copaíba	6,2	2,1	1,8	1,4	1,4	1,2	1,2	0,5	0,2	0,4	0,4	87	68	22,4
Hévea	3,6	2,0	1,7	0,7	0,7	1,7	1,7	0,5	0,4	0,4	0,4	90	90	23,9
Jacareúba	4,4	2,2	1,9	0,9	0,8	2,3	2,2	0,5	0,3	0,6	0,5	90	90	33,0
Muiratinga	3,6	2,2	1,8	1,1	1,1	2,8	2,7	0,5	0,3	0,7	0,6	90	90	19,9
Virola	3,3	2,1	1,6	0,8	0,7	1,9	1,9	0,5	0,3	0,5	0,4	90	91	35,1

QUADRO 23 — Características das pastas alveja das dos cozimentos padrão à Soda das madeiras dos “rolos-restos”, resultados interpolados a 45°SR — Moagem no Bauer

Madeiras “rolos-restos”	Processo de Alvejamento	Auto-ruptura m	Rasgo g por 100 g/m <sup>2</sup>	Estouro kg/cm <sup>2</sup> 100 g/m <sup>2</sup>	Dobras-du-plas n.º	Porosidade seg/100 c.c.	Lisura seg/50 c.c.	Maciez seg/100 c.c.	Alongamento %
Caucho	CEHH	5.603	79	1,5	29	228	31	42	1,3
	CEDED	7.021	77	3,2	185	166	35	39	1,7
	CEHDED	6.925	77	3,1	102	Extremamente Impermeável	37	36	1,7
Copaíba	CEHH	6.151	63	1,9	50	189	29	39	1,5
	CEDED	6.830	78	2,9	144	63	33	42	1,7
	CEHDED	6.357	70	2,7	8	228	34	41	1,7
Hévea	CEHH	5.005	54	1,6	17	Extremamente Impermeável	38	40	1,7
	CEDED	6.506	59	2,5	82	Extremamente Impermeável	31	39	1,7
	CEHDED	6.463	57	2,3	104	Extremamente Impermeável	34	37	1,6
Jacareúba	CEHH	6.222	70	2,3	68	149	32	35	1,6
	CEDED	7.434	25	3,5	266	156	35	37	1,9
	CEHDED	6.805	92	3,3	295	161	36	37	2,3
Muiratinga	CEHH	5.663	58	1,4	11	103	30	40	1,2
	CEDED	5.773	58	2,1	29	269	33	43	1,4
	CEHDED	5.850	63	2,4	51	546	39	39	1,6
Virola	CEHH	6.238	62	2,7	100	Extremamente Impermeável	46	35	1,4
	CEDED	6.212	75	2,4	179	Extremamente Impermeável	41	35	1,4
	CEHDED	6.869	80	3,0	239	575	29	31	1,5

(seis) e 5 (cinco) fases apresentando mais solidez do que a celulose branqueada em 4 (quatro) fases, assim como, as resistências das diferentes pastas variam em função das respectivas viscosidades.

#### PASTA QUÍMICA SULFATO-ENSAIOS EXPLORATÓRIOS

A descrição do licor branco, empregado nos processos de cozimentos "Kraft", feita por Clayton, 1969, relata ser o licor composto de uma mistura de Hidróxido e Sulfeto de Sódio, na proporção molar aproximadamente de  $5\text{NaOH} + 2\text{Na}_2\text{S}$ , com pH entre 13,5 a 14. Menciona este autor que nas cocções experimentais, a preparação do licor branco consiste em dissolver quantidades requeridas de Soda Cáustica pura e Sulfeto de Sódio. Lembra Clayton, (Ibidem), por outro lado, que nas operações industriais, onde o licor é obtido no sistema de recuperação, outros "ânions" estão presentes e, dentre estes, o mais importante é o Carbonato, o qual aparece como fruto de uma caustificação incompleta, ou ainda, da absorção de  $\text{CO}_2$  da atmosfera.

Em face do exposto, na preparação do licor de cozimento para os ensaios de fabricação de pastas químicas ao Sulfato, adotou-se o procedimento (Kintech, s/d) que consiste em preparar o licor, de uma mistura de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (Carbonato de Sódio),  $\text{Na}_2\text{S}$  (Sulfato de Sódio) e  $\text{NaOH}$  (Hidróxido de Sódio), nas seguintes proporções:

- a. 60%  $\pm$  1  $\text{NaOH}$  com  $\text{Na}_2\text{O}$
- b. 25%  $\pm$  1 Sulfidez como  $\text{Na}_2\text{O}$
- c. 15%  $\pm$  1  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  com  $\text{Na}_2\text{O}$

Na definição das condições padrão de tratamento, adotaram-se os mesmos critérios e metodologia empregados nos processos à Soda e Soda/Enxofre. Os resultados destes ensaios são mostrados no Quadro 24.

De relance, nota-se que há possibilidade de tratamento dos "rolos-restos" através do processo Sulfato, mesmo considerando o fato de as quantidades de álcali ativo exigidas para a deslignificação serem superiores aos normalmente alocados nas folhosas brasileiras, que são empregadas na fabricação de celulose.

Entretanto, se compararmos com as melhores papelerias de crescimento rápido de-

tectada pela FAO, 1975, no mundo, observa-se que o álcali ativo requerido, para ter-se uma deslignificação, com uma taxa não gravosa de rejeito, não chega a ser excessivo. E o exemplo que demonstra esta assertiva é o nível de álcali ativo de 21,9% para um Kappa de 15, exigido pelo *Eucalyptus amygdalina* (Sym. *Eucalyptus salicifolia*), da Tasmânia e Austrália citados pela FAO (Ibidem), enquanto que, nos casos das pastas oriundas dos "rolos-restos" das fábricas de compensados do Estado do Amazonas, estes percentuais variaram desde 17% para os "roletes" mais fáceis de tratar, a 22% para os mais difíceis. Deve ser levado em consideração que, nos tratamentos exploratórios, os cozimentos foram efetuados em tubos aquecidos a vapor, com 10 (dez) graus centígrados a menos de temperatura existente no seu interior em relação às registradas no termômetro do cozinhador, o que reflete negativamente no grau de deslignificação das pastas.

#### ENSAIOS DEFINITIVOS

Os resultados dos ensaios são mostrados no Quadro 25.

Analisando, comparativamente os resultados dos cozimentos, em relação aos "rolos-restos" que lhes deram origem, nota-se que em rendimento, as pastas conseguidas, a partir do "rolete" de Caucho, foram as que apresentaram melhor performance, ficando o rendimento mais baixo para as pastas oriundas do "rolete" de Jacareúba. Em termos médios, os rendimentos das pastas situaram-se em torno de 40%, o que caracteriza um baixo rendimento.

Em relação aos números Kappa, a variação foi de 13 a 19, com média de 16. Deve ser observado que as pastas, cujos números Kappa se situaram no intervalo de 13 a 15, apresentaram sintomas degradativos, uma vez que, é prática corrente aceitarem-se como pastas bem deslignificadas, aquelas em que os números Kappa se mantenham na faixa de 16 a 23.

Os rejeitos de depuração apresentaram-se normais, e nos padrões normalmente aceitos, com o maior percentual de 1,1% e o menor



de 0,7%, com as pastas de "rolos-restos", mostrando na totalidade uma taxa média de rejeito da ordem de 0,9%.

O consumo efetivo de álcali, inferido através do resultado do álcali-residual mostra que os maiores consumos foram caracterizados pelos "roletes" oriundos das espécies ricas em gomas e sílica; o mesmo não foi observado para o "rolete" de Copaíba abundante em óleo resina. Esta anomalia, talvez seja explicada pelo maior percentual de álcali ativo empregado na designação desta espécie.

Em termos aritméticos, o maior consumo foi do "rolete" de Caucho, com 90,72%, o menor do "rolo-resto" de Hévea com 60,70% e de forma média para todos os "roletes" o percentual de álcali consumido, foi da ordem de 79,36%.

A viscosidade evidencia os respectivos graus de degradação da celulose. Como as pastas foram originárias de espécies diferen-

tes, tornou-se difícil fazer uma análise interpretativo-comparativa dos resultados. Entretanto, as viscosidades apresentaram algumas indistincões bem características das pastas que lhes deram origem. Assim é que, celuloses com um menor grau de lignina residual mostraram-se menos degradadas do que as que apresentaram maior grau de lignina residual.

Confrontando os resultados dos 3 (três) processos, verificou-se que os rendimentos dos processos à base de compostos de Enxofre, mostraram-se superiores, em média, aos do processo à Soda. Por outro lado, as pastas derivadas dos procedimentos sulfúreos foram menos duras do que a do processo somente a Hidróxido de Sódio. A mesma análise foi aplicada para a viscosidade, onde a celulose do processo Soda/Enxofre estava, na maioria das vezes, menos degradada do que as pastas do procedimento à Soda, o que já não ocorreu pa-

QUADRO 25 — Condições e resultados dos cozimentos padrão ao Sulfato das madeiras dos "rolos-restos"

Resultados	Madeira — "rolos-restos"					
	Caucho 17%	Copaíba 19%	Hévea 17%	Jacareúba 22%	Muiratinga 22%	Virola 19%
Rendimento %	46,0	38,0	40,0	38,0	38,0	42,0
N.º Kappa	19,0	18,0	14,0	13,0	15,0	16,0
Rejeito %	0,7	0,7	0,9	0,8	1,1	0,8
Alcali-residual em Na <sub>2</sub> O g/l	2,5	9,4	8,9	8,3	3,8	5,1
Viscosidade cp	49,8	36,5	39,7	22,1	26,2	23,0

Condições:

Álcali-ativo . . . . .	17% 19% 17% 22% 22% 19%
Diluição . . . . .	3,3:1
Pressão . . . . .	7 - 8 kg/cm <sup>3</sup>
Tempo de impregnação . . . . .	120 min.
Tempo de patamar . . . . .	90 min.
Temperatura de patamar . . . . .	170 °C

ra o processo Sulfato, porque a degradatividade das cadeias dos carboidratos foi neste processo, maior do que a do procedimento a Soda Cáustica.

#### CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DAS PASTAS CRUAS

As características mecânicas das pastas cruas, providas do processo Sulfato clássico, mostradas no Quadro 26, apresentaram melhor resistência do que as oriundas dos cozimentos somente à Soda ou à Soda/Enxofre.

Comparando entre si as pastas, a que mostrou melhor resistência à Tração, foi a originária do "rolo-resto" do Caucho e a menor, a produzida do "rolo-resto" de Virola. Considerando os três equipamentos, os valores da Auto-Ruptura, em termos médios, para a totalidade das pastas foram 3.148 m, 5.796 m e 5.636 m para as celuloses refinadas respectivamente na **Holandesa**, **Jokro** e **Bauer**. Análise semelhante, realizada sobre a resistência ao Rasgo, evidencia que a maior resistibilidade foi apresentada também para a celulose derivada do "rolo-resto" do Caucho e a menor igualmente para o "rolo-resto" de Virola. No promédio, para todas as pastas, a cifra do índice de Rasgo nos três refinadores assim foi verificada: **Holandesa** = 33, **Jokro** = 64 e **Bauer** = 73. Observando a resistência ao Estouro sob o mesmo enfoque, viu-se que foi, ainda, a pasta do Caucho que apresentou a maior resistência nesta característica e a menor deveu-se à celulose da Virola. No conjunto, as pastas mostraram, em valores médio, ordens de 0,06 na **Holandesa**, 2,11 no **Jokro** e no moinho **Bauer**, 2,00.

Os números de Dobras-duplas seguiram a mesma seqüência verificada para a resistência ao Estouro, com a pasta do Caucho apresentando a melhor resistência e a celulose de Virola a mais baixa. Para todas as pastas, as cifras médias nos três refinadores assim se situaram: **Holandesa** = 3, **Jokro** = 72, **Bauer** = 74.

A Permeabilidade ao ar, Lisura, Maciez e Alongamento seguiram, em relação às origens das pastas, o mesmo comportamento observado para as demais características analisadas.

#### ALVEJAMENTO DAS PASTAS CRUAS

O consumo de reagentes, nos alvejamentos mostrados nos Quadros 27, 28 e 29 das pastas cozidas ao Sulfato, foram inferiores aos dos tratamentos Soda/Enxofre e à Soda, em razão da melhor deslignificação nas pastas fabricadas, a partir do tratamento "Kraft" clássico.

Considerando os resultados e realizando análise comparativa entre as pastas fabricadas pelos processos Soda, Soda/Enxofre e Sulfato submetidas aos mesmos procedimentos de branqueamentos, nota-se que em relação às Alvuras, as diferenças existentes não foram relevantes, o que é perfeitamente explicado pela forma estequiométrica de como foram processadas as introduções das diferentes substâncias alvejantes. Entretanto, em relação às estabilidades das alvuras, em média, as pastas produzidas, a partir do processo Sulfato e seu decorrente, mostraram-se mais estáveis do que as celuloses originárias do processo à Soda, o que é normal e largamente divulgado na literatura. Quanto à Viscosidade, as pastas com menor quebra na cadeia macromolecular foram as fabricadas valendo-se dos processos Soda/Enxofre e Sulfato.

Entre as pastas produzidas dos diferentes "rolos restos", através do processo Sulfato, a que demandou maiores quantidades de agentes alvejantes foi a originária do "rolo-resto" do Caucho e a com menor consumo foi a fabricada do "rolete" de Jacareúba.

No que diz respeito aos resultados dos alvejamentos das celuloses cruas, estes variaram, de acordo com os processos de branqueamento empregados. Desta forma, a maior alvura no processo C.E.H.H. foi da pasta provida do "rolete" de Virola. Das massas alvejadas pelo procedimento C.E.D.E.D., a que apresentou melhor brancura foi a oriunda do "rolo-resto" da Muiratinga. No processo C.E.H.D.E.D., as polpas que melhor desempenho tiveram em relação a este resultado foram as obtidas dos roletes de Caucho e Hévea respectivamente. Em relação à alvura mais baixa, a pasta de Copaíba representou este parâmetro nos 3 (três) processos de branqueamento.

QUADRO 26 — Características das pastas cruas dos cozimentos padrão ao Sulfato das madeiras dos "rolos-restos". Resultados interpolados a 45°SR, moagem na Holandesa, Jokro e Bauer

Madeiras "rolos-restos"	Equipamento	Auto-ruptura m	Rasgo g por 100 g/m <sup>2</sup>	Estouro kg/cm <sup>2</sup> 100 g/m <sup>2</sup>	Dobras-duplas n.º	Porosidade seg/100 c.c.	Lisura seg/50 c.c.	Maciez seg/100 c.c.	Alongamento %
Caucho	Holandesa	4.348	52	0,4	7	51	31	38	1,1
Copaíba		2.979	44	0,0	2	16	18	53	1,2
Hévea		2.934	36	0,0	3	34	15	52	1,2
Jacareúba		2.982	36	0,0	3	12	18	49	0,8
Muiratinga		2.996	38	0,0	2	18	15	46	0,9
Virola		2.653	33	0,0	2	11	14	43	0,9
Caucho	Jokro	8.039	88	4,1	323	28	35	38	1,8
Copaíba		5.738	71	2,0	44	28	24	38	1,6
Hévea		6.010	55	2,5	35	295	22	35	1,6
Jacareúba		5.149	71	1,9	14	25	21	38	1,6
Muiratinga		5.543	56	1,6	10	22	18	37	1,3
Virola		4.299	46	0,6	6	23	18	38	1,0
Caucho	Bauer	7.226	97	3,4	287	33	29	38	1,7
Copaíba		5.646	83	2,3	63	44	28	47	1,7
Hévea		4.906	64	1,6	27	80	22	40	1,6
Jacareúba		5.504	77	2,2	43	50	16	46	1,7
Muiratinga		5.422	65	1,5	16	53	16	45	1,3
Virola		5.115	52	1,1	11	56	20	42	1,3

QUADRO 27 — Resultados dos branqueamentos (Cl - NaOH - ClONa - ClONa) das pastas cruas dos cozimentos ao Sulfato das madeiras dos “rolos-restos”

Madeiras “rolos-restos”	Cloração Cloro Consumido %	Sodação		1.ª Fase: ClONa		2.ª Fase: ClONa		Photovolt Alvura das Pastas	Estabilidade da Alvura %	Viscosidade TAPPI cp
		NaOH Int. %	NaOH Cons. %	Cloro Int. %	Cloro Cons. %	Cloro Int. %	Cloro Cons. %			
Caucho	3,4	1,9	1,6	1,3	1,3	0,4	0,3	87	95	30,10
Copaíba	2,8	1,9	1,6	1,5	1,4	0,5	0,3	85	97	20,10
Hévea	2,2	1,8	1,3	1,3	1,3	0,4	0,2	89	96	26,20
Jacareúba	1,2	1,8	1,6	1,8	1,6	0,6	0,2	87	97	12,40
Muiratinga	1,9	1,8	1,3	2,1	2,0	0,7	0,3	87	98	15,80
Virola	2,0	1,8	1,5	1,9	1,8	0,6	0,2	90	97	10,40

QUADRO 28 — Resultados dos branqueamentos (Cl - NaOH - ClO<sub>2</sub> - NaOH - ClO<sub>2</sub>) das pastas dos cozimentos ao Sulfato das madeiras dos “rolos-restos”

Madeiras “rolos-restos”	Cloração Cloro Consumido	Sodação		3.ª Fase: ClO <sub>2</sub>		4.ª Fase: NaOH		5.ª Fase: ClO <sub>2</sub>		Photovolt Alvura das Pastas	Estabilidade da Alvura	Viscosidade TAPPI cp.
		NaOH Int. %	NaOH Cons. %	Cloro Int. %	Cloro Cons. %	NaOH Int. %	NaOH Cons. %	Cloro Int. %	Cloro Cons. %			
Caucho	3,4	1,9	1,6	1,3	1,3	0,5	0,3	0,4	0,4	87	96	35,10
Copaíba	2,8	1,9	1,6	1,5	1,3	0,5	0,3	0,5	0,5	84	97	23,30
Hévea	2,2	1,8	1,2	1,3	1,3	0,5	0,3	0,4	0,4	87	96	32,30
Jacareúba	1,2	1,8	1,6	1,8	1,8	0,5	0,4	0,6	0,6	87	97	17,60
Muiratinga	1,9	1,8	1,3	2,1	2,1	0,5	0,3	0,7	0,6	90	97	22,70
Virola	2,0	1,8	1,5	1,9	1,9	0,5	0,3	0,6	0,6	89	97	20,40

QUADRO 29 — Resultados dos branqueamentos (Cl - NaOH - ClONa - ClO<sub>2</sub> - NaOH - ClO<sub>2</sub>) das pastas cruas dos cozimentos ao Sulfato das madeiras dos “rolos-restos”

Madeiras “rolos-res- tos”	Cloração Cloro Consumido	Sodação		3.ª Fase: ClONa		4.ª Fase: ClO <sub>2</sub>		5.ª Fase: NaOH		6.ª Fase: ClO <sub>2</sub>		Photovolt Alvura das Pastas	Estabilidade da Alvura	Viscosidade TAPPI cp.
		NaOH Int. %	NaOH Cons. %	Cloro Int. %	Cloro Cons. %	Cloro Int. %	Cloro Cons. %	NaOH Int. %	NaOH Cons. %	Cloro Int. %	Cloro Cons. %			
Caucho	3,4	1,9	1,6	1,0	0,9	0,6	0,6	0,5	0,3	0,2	0,1	90	95	33,50
Copaíba	2,8	1,9	1,6	1,3	1,3	0,4	0,4	0,5	0,2	0,1	0,1	86	97	25,0
Hévea	2,2	1,8	1,2	1,0	1,0	0,6	0,6	0,5	0,3	0,2	0,1	90	96	35,70
Jacareúba	1,2	1,8	1,5	0,9	0,9	1,2	1,1	0,5	0,3	0,4	0,3	87	97	17,0
Muiratinga	1,9	1,8	1,3	0,8	0,8	1,5	1,4	0,5	0,3	0,5	0,4	89	97	22,40
Virola	2,0	1,8	1,5	0,6	0,5	1,5	1,5	0,5	0,2	0,5	0,4	89	97	23,30

Em relação à reversão, os resultados, em média, na maioria das vezes, foram equivalentes para todas as pastas alvejadas nos processos de branqueamento utilizados.

Quanto à viscosidade, o maior e menor índice alcançados, foram respectivamente, para as pastas originárias dos "roletes" de Hévea e Jacareúba.

#### CARACTERÍSTICAS DAS PASTAS ALVEJADAS ORIGINÁRIAS DO PROCESSO SULFATO

As características mecânicas das pastas alvejadas oriundas do processo Sulfato, indicadas no Quadro 30, demonstram serem estas pastas mais resistentes, do que as fabricadas pelos processos a Soda/Enxofre e somente à Soda. As resistências das pastas alvejadas pelo processo "Kraft" seguiram, de um modo geral, o mesmo comportamento dos observados nas pastas cruas, com um leve decréscimo nas características mecânicas, nas celulosas alvejadas pelo processo de quatro fases.

#### FABRICAÇÃO DE PASTAS SEMIQUÍMICA AO SULFITO NEUTRO (N.S.S.C.)

As pastas ao Sulfito Neutro são geralmente empregadas para produtos que não requeiram alta resistência ao Rasgo e às Dobras-duplas. Para a sua utilização, faz-se necessária a combinação com outras celulosas, dependendo, naturalmente, das especificações e do uso final a que se destina. A grande maioria das pastas N.S.S.C. fabricadas no mundo destina-se à manufatura de papel miolo para emprego em papelão corrugado. Em decorrência desta característica, testaram-se os "roletes" frente a este processo clássico de fabricação de pasta semiquímica.

Os resultados dos ensaios de fabricação são mostrados no Quadro 31 e demonstram que nas condições estabelecidas, podem-se obter pastas semiquímicas dos "roletes" com rendimento variando entre 62% a 74%, sendo o maior rendimento originário do "rolete" do Caucho e o menor do "rolo-resto" da Hévea. Os números Kappa situaram-se muito próxi-

mos, caracterizando uma desdesignificação parcial quase que uniforme, mesmo em se tratando de materiais lenhosos diferentes.

Comparando os resultados obtidos, com os conseguidos por Petroff *et al.*, 1968 sobre *Eucalyptus* 12 ABL do Congo, tratado em condições similares, nota-se que, em relação ao rendimento, somente as pastas originárias do "rolete" da Hévea foi inferior ao encontrado por Petroff *et al.* (Ibid.), no estudo de fabricação de pasta semiquímica N.S.S.C., daquele híbrido de *Eucalyptus*.

#### CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DAS PASTAS CRUAS

As características mecânicas das pastas cruas dos cozimentos Monossulfitos, apresentadas no Quadro 32, revelam de uma forma abrangente, que as resistências mecânicas dos papéis fabricados a partir dessas pastas, não se diferenciaram das obtidas por Petroff *et al.* (Ibid.), com o *Eucalyptus* 12 ABL do Congo. Comparativamente, entre as celulosas derivadas dos diferentes "roletes", a que apresentou melhores índices, foi a originária do "rolo-resto" da Hévea. Vale realçar, que nenhuma das polpas mostraram característica de resistência baixa, que evidenciasse serem as mesmas de inferior qualidade.

#### ALVEJAMENTO DAS PASTAS CRUAS

Seguindo o exemplo de Petroff *et al.* (Ibid.) as pastas cruas, do procedimento ao Monossulfito, foram alvejadas pelo processo C.E.H.H., empregando metodologia equivalente à utilizada nos branqueamentos das pastas alcalinas. Os efeitos destes ensaios estão caracterizados no Quadro 33.

Comparando estes resultados com os dos branqueamentos realizados sobre as pastas ao monossulfito do *Eucalyptus robusta*, introduzidos em Madagascar, citados pelos pesquisadores franceses mencionados, verifica-se que os índices de consumo de cloro, em termos médios, foram equivalentes. Entretanto, confrontando individualmente a demanda de alvejante para branquear as pastas de cada "rolete", com os da Mirtaceae tomada da Literatura, no-

QUADRO 30 — Características das pastas alvejadas dos cozimentos padrão ao Sulfato das madeiras dos “rolos-restos”, resultados interpolados a 45°SR — Moagem no Bauer

Madeiras “rolos-restos”	Processo de Alvejamento	Auto-ruptura m	Rasgo g por 100 g/m <sup>2</sup>	Estouro kg/cm <sup>2</sup> 100 g/m <sup>2</sup>	Dobras-duplas n.º	Porosidade seg/100 c.c.	Lisura seg/50 c.c.	Maciez seg/100 c.c.	Alongamento %
Caucho	CEHH	6.249	103	3,0	250	151	27	40	1,7
	CEDED	6.597	106	3,1	356	200	27	38	1,7
	CEHDED	6.936	114	3,2	381	109	31	36	1,6
Copaíba	CEHH	5.765	76	2,8	77	222	33	40	1,8
	CEDED	5.837	81	2,9	115	151	37	37	1,9
	CEHDED	6.507	81	3,0	107	216	30	41	2,2
Hévea	CEHH	5.564	61	2,7	57	348	28	41	1,6
	CEDED	5.510	61	1,9	65	Extremamente Impermeável	27	39	1,6
	CEHDED	5.882	55	2,5	64	Extremamente Impermeável	26	39	1,8
Jacareúba	CEHH	5.367	68	2,1	22	49	26	40	1,8
	CEDED	5.949	70	2,4	48	74	24	43	2,1
	CEHDED	5.765	73	2,5	55	91	33	45	2,0
Muiratinga	CEHH	5.462	50	1,5	12	223	26	45	1,5
	CEDED	5.330	60	2,0	24	424	36	45	1,6
	CEHDED	5.557	63	2,0	34	283	39	40	1,6
Virola	CEHH	4.510	46	1,0	6	269	29	43	1,3
	CEDED	5.062	54	1,3	12	308	28	40	1,5
	CEHDED	5.383	54	1,5	15	208	36	43	1,5

QUADRO 31 — Resultados dos cozimentos Monossulfito ( $\text{SO}_3\text{Na}_2$  -  $\text{CO}_3\text{Na}_2$ ) das madeiras dos “rolos-restos”

Resultados	Madeiras — “rolos-restos”					
	Caucho	Copaíba	Hévea	Jacareúba	Muiratinga	Virola
Condições:						
$\text{SO}_3\text{Na}_2$ . . . . .	24%					
$\text{CO}_3\text{Na}_2$ . . . . .	8%					
Diluição . . . . .	4,5:1					
Pressão . . . . .	7 - 8 · Kg/cm <sup>2</sup>					
Tempo para atingir à temperatura de patamar n.º 1 . . . . .	55 min. 110° C					
Patamar n.º 1 . . . . .	1 h - 110° C					
Tempo para atingir à temperatura de patamar n.º 2 . . . . .	65 min. a 165° C					
Patamar n.º 2 . . . . .	3 h - 165° C					
Rendimento %	74,0	60,0	62,0	65,0	64,0	70,0
N.º Kappa	63,0	63,0	62,0	63,0	62,0	62,0
$\text{Na}_2\text{SO}_3$ g/l	27,4	25,8	25,6	22,7	27,9	22,1
Alcalinidade total expressa em $\text{Na}_2\text{CO}_3$ g/l	7,8	8,2	4,8	6,0	6,7	4,3
Ph do Licor	9,2	10,2	10,4	10,0	10,0	10,4

ta-se que as pastas fabricadas do “rolete” de Caucho, Copaíba, Muiratinga apresentam maiores índices, enquanto que, para as polpas derivadas dos “rolos-restos” da Hévea, Jacareúba e Virola, os índices foram inferiores.

No que diz respeito à alvura, à estabilidade e à viscosidade, os resultados obtidos das pastas alvejadas ao Sulfito Neutro dos “role-tes” foram maiores do que os conseguidos por Petroff *et al.* (Ibid.). Entretanto, o que merece atenção foi o índice de altas alvuras alcançadas. A sua explicação decorre da grande quantidade de agente alvejante empregado, o que inviabiliza, na forma como foi ensaiada a sua aplicação prática.

#### CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DAS PASTAS ALVEJADAS

As características mecânicas das pastas alvejadas, firmadas no Quadro 34, demonstram

que, em decorrência do volume considerável de substâncias oxidantes empregadas na efetivação do branqueamento, houve uma quebra substancial nas resistências, chegando em algumas características, à ordem de 100%, como se pode notar nos valores apresentados das pastas cruas e alvejadas do “rolo-resto” da Hévea. Mesmo considerando esta vulnerabilidade, motivada pela drasticidade do branqueamento, as resistências das pastas alvejadas não chegam a ser deploráveis.

#### FABRICAÇÃO E CARACTERÍSTICA DOS CARTÕES ONDULADOS

Porções das pastas de alto rendimento ao Sulfito Neutro foram refinadas em moinho Bauer, a uma consistência de 0,2%, até 60°SR e formadas folhas com gramatura de 150 g/m<sup>2</sup>. Utilizando-se um “Concora Medium Fluter” Série 1330, com 10 caneluras, obtiveram se cor-

QUADRO 32 — Características das pastas cruas dos cozimentos Monsulfito dos “rolos-restos” resultados interpolados a 45°SR — Moagem no Bauer

Madeira “rolos-restos	Auto-ruptura m	Rasgo g por 100g/m <sup>2</sup>	Estouro Kg/cm <sup>2</sup> 100g/m <sup>2</sup>	Dobras-duplas n.º	Porosidade Seg/100 c.c.	Lisura Seg/50 c.c.	Maciez Seg/100 c.c.	Alongamento %
Caucho	5.960	68	2,1	50	59	16	35	1,2
Copaíba	5.091	67	2,0	51	56	23	38	1,3
Hévea	6.601	63	3,0	280	276	16	28	1,5
Jacareúba	5.828	77	2,1	43	41	25	40	1,3
Muiratinga	5.477	63	1,5	35	44	14	29	1,1
Virola	5.323	51	1,7	27	151	17	28	1,1

pos-de-prova com dimensão 15,24 x 1,27 cm e sobre estes materiais foram realizadas mensurações sobre a Espessura, Rigidez e Esmagamento, cujos resultados são evidenciados no Quadro 35.

Os valores do Concora, especialmente o teste de Esmagamento, revelaram-se baixos quando confrontados com os que são normalmente veiculados na literatura americana, em razão, em grande parte, da distinção metodológica empregada nos ensaios, como pode ser notado, comparando, a grosso modo, os resultados obtidos por Becker & Caldwell, 1974, com madeiras da Amazônia equatoriana, em relação aos verificados com as pastas ao Sulfito Neutro oriundas dos "roletes".

Se analisarmos, por outro lado, os resultados obtidos do teste Concora com os valores que são mencionados na literatura francesa, especialmente os oriundos dos trabalhos do Centre Technique Forestier Tropical, (s/d), cuja metodologia é equivalente à por nós utilizada, observa-se que os resultados não são díspares.

As características dos cartões ondulados, associados às demais resistências das pastas ao Sulfito Neutro, tornam este processo exequível no tratamento dos "rolos-restos" das fábricas de compensados do Estado do Amazonas e evidenciam ser os "roletes" uma matéria prima potencial, que eventualmente poderia ser utilizada, como pasta de alto rendimento, destinada especificamente à produção de miolo de papelão corrugado.

#### CONCLUSÕES

O aproveitamento dos resíduos, da indústria florestal de conversão mecânica, vem sendo cada vez mais utilizado pela indústria mundial de pasta.

Políticas desenvolvimentistas e protecionistas brasileiras proporcionaram o aparecimento, no Estado do Amazonas, de indústrias florestais em maior escala, representadas por fábricas de compensados e laminados. Estas atividades industriais originaram resíduos que, no momento, têm poucas aplicações sendo, na maioria das vezes, abandonados em terre-

nos baldios, nas margens dos rios e igarapés, ou queimados a céu aberto nos pátios das fábricas.

As amostras de "roletes" pesquisados revelaram-se uniformes, sem nenhuma evidência de ataques por agentes xilófagos.

Os cavacos que apresentaram os melhores níveis, nos ensaios de classificação, foram os obtidos da picagem dos "roletes" de Caucho e Jacareúba.

Estudos estatísticos, realizados sobre o comprimento e a espessura dos cavacos, tomando como base a Teoria de Akhtaruzzman & Virkola, 1979 a, b e c, demonstraram que as variações destas dimensões críticas nos cavacos originários dos "rolos-restos", situaram-se na mesma faixa dos estabelecidos por aqueles pesquisadores em seus experimentos.

A composição química dos "roletes" é caracterizada pelo elevado teor de cinzas.

Os teores de materiais extraídos com solução de Hidróxido de Sódio a 1% situaram-se nos níveis dos que são normalmente encontrados para as madeiras tropicais, com exceção do "rolete" da Copaíba, cuja taxa de material extraído pelo solvente orgânico foi superior, pelo fato de ser esta espécie produtora de óleo-resina.

Os materiais solúveis em água quente, bem como os teores de lignina, pentosana e celulose foram satisfatórios e equivalentes a outros materiais lenhosos tropicais.

As características micrométricas das fibras dos "rolos-restos" não diferem das que são normalmente observadas nas folhosas tropicais de reflorestamento com fins papeleiros.

Existe evidência de que os papéis resultantes das pastas dos "rolos-restos" são mais resistentes ao Rasgo do que à Tração, Estouro e Dobras-duplas, em razão dos valores apresentados pelos índices de enfiamento e coeficiente de flexibilidade.

Os ensaios exploratórios de fabricação de pastas químicas confirmam ser possível obter pastas deslignificadas, sem taxas de rejeitos proibitivas.

As pastas, que mostraram melhores resultados nos tratamentos químicos definitivos, fo-

QUADRO 33 — Resultados dos branqueamentos (Cl - NaOH - ClONa - ClONa) das pastas cruas dos comimentos Monosulfito dos "rolos-restos"

Madeira "rolos-restos"	Cloração Cloro Consumido %	Sodação		1.ª Fase - ClONa		2.ª Fase - ClONa		Photovolt Alvura das Pastas	Estabilidade de Alvura	Viscosidade TAPPI cp.
		NaOH Int. %	NaOH Cons. %	Cloro Int. %	Cloro Cons. %	Cloro Int. %	Cloro Cons. %			
Caucho	31,0	12,5	11,0	2,5	1,6	0,5	0,2	92	95	17,6
Copaíba	28,0	11,0	10,0	2,5	2,4	0,5	0,2	90	100	22,4
Hévea	17,0	7,0	6,1	2,5	2,0	0,5	0,1	90	96	31,5
Jacareúba	23,0	12,0	12,0	2,5	2,1	0,5	0,2	91	97	21,8
Muiratinga	29,0	9,0	7,4	2,5	2,1	0,5	0,2	90	97	27,6
Virola	20,0	6,0	5,0	2,5	2,0	0,5	0,1	90	97	17,0

QUADRO 34 — Características das pastas alvejadas dos cozimentos Monosulfito dos “rolos-restos”, resultados interpolados a 45° SR — Moagem no Bauer. — Processo de Alveamento CEHH

Madeiras “rolos-restos”	Auto-ruptura m	Rasgo g por 100g/m <sup>2</sup>	Estouro Kg/cm <sup>2</sup> 100g/m <sup>2</sup>	Dobras-du- plas n.º	Porosidade seg/100 c.c.	Lisura seg/50 c.c.	Maciez seg/100 c.c.	Alongamento %
Caucho	4.150	31	0,0	4	40	24	32	1,0
Copaíba	4.890	50	1,5	10	227	34	33	1,5
Hévea	6.620	57	3,3	144	Extremamente Impermeável	26	31	1,7
Jacareúba	4.843	44	1,2	8	152	31	32	1,4
Muiratinga	5.367	49	1,8	17	194	28	30	1,4
Virola	6.382	48	2,1	23	Extremamente Impermeável	35	37	1,5

**QUADRO 35 — Características do Cartão corrugado das pastas cruas dos cozimentos Monosulfito dos "rolos-restos", resultados interpolados a 60° SR - Moagem no Bauer**

Madeiras "rolos-restos"	Espessura mm	Rigidez Kgf	Esmagamento Kgf/cm <sup>2</sup>
Caucho	0,247	38,196	1,867
Copaíba	0,220	30,775	1,617
Hévea	0,192	34,500	1,934
Jacareúba	0,237	32,488	1,603
Muiratinga	0,230	29,772	1,750
Vírola	0,211	32,604	1,911

ram as oriundas do "rolete" de Vírola, nos processos Soda, Soda/Enxofre e as fabricadas do "rolo-resto" de Caucho no rendimento Sulfato. A celulose que apresentou menor rendimento, nos três processos de fabricação, foi a obtida do "rolo-resto" de Copaíba.

As polpas cruas derivadas dos "rolos-restos" das fábricas de compensados do Estado do Amazonas, podem ser alvejadas, sem maiores conseqüências, pelos processos C.E.H.H., C.E.H.D.E.D., C.E.D.E.D. e as celuloses alveadas resultantes, são passíveis de ser utilizadas na fabricação de papéis brancos.

As pastas fabricadas pelo processo Sulfato consumiram menos reagentes do que as obtidas do processo Soda e Soda/Enxofre.

O consumo de reagentes, nos alveamentos, variaram em função do n.º Kappa de cada pasta.

O processo de alveamento C.E.D.E.D. é menos degradativo do que os procedimentos C.E.H.D.E.D. e C.E.H.H.

As pastas alveadas do processo Sulfato mostraram alvuras mais estáveis do que as dos demais procedimentos de fabricação.

As polpas que consumiram maior e menor quantidades de reagentes, em média, foram as da Copaíba e Caucho, respectivamente.

As pastas alveadas da Jacareúba foram as que apresentaram as melhores alvuras.

As características mecânicas das pastas cruas e alveadas dos "rolos-restos" foram equivalentes às das inúmeras folhosas aconse-

lhadas como essência papeleira de reflorestamento.

As resistências físico-mecânicas variaram tanto entre as espécies quanto entre os equipamentos.

Os papéis alvejados das pastas pelo processo C.E.D.E.D. mostraram-se mais resistentes do que os oriundos dos processos de branqueamento de seis e quatro fases.

As resistências dos papéis das pastas branqueadas através do procedimento C.E.H.D.E.D. foram superiores às dos papéis das pastas alveadas à base de Hipoclorito.

O processo ao Sulfito Neutro pode ser utilizado no tratamento dos "rolos-restos", para obtenção de pastas semiquímicas, apresentando rendimentos satisfatórios.

O consumo de cloro no branqueamento da pasta semiquímica é equivalente ao do *Eucalyptus robusta*, mencionado por pesquisadores franceses.

As resistências mecânicas dos papéis fabricados, a partir das pastas semiquímicas, cruas e alveadas dos "roletes", não se diferenciam das que são mencionadas na literatura.

Houve uma queda substancial, nas resistências dos papéis alvejados, dado o volume considerável de substâncias oxidantes, empregadas na efetivação do alveamento.

Os valores do "concora", especialmente o teste de Esmagamento, foram baixos, quando comparados com os veiculados na literatura americana, mas satisfatórios, quando confrontados com os resultados de pesquisadores franceses.

Os resultados finais da pesquisa evidenciam a possibilidade de os "rolos-restos" virem a ser transformados em celulose, com realce especial para pasta de alto rendimento ao Sulfito Neutro.

#### SUMMARY

This paper presents information obtained during the course of laboratory trials in which the residual core of veneer logs were considered for pulpwood.

The importance of developing the plywood industry in Amazonas and the consequences thereof, are initially analysed. A brief diagnosis is made of the trend by use

of sawmill wastes the pulp and paper industry, and the performance of the Amazonas plywood industry is subsequently examined.

Further description and analysis considers: 1) wood (i. e., sampling procedures, chipping, classification, chemical composition, and specific gravity of the various woods; 2) Fiber anatomical features; 3) Cooking processes used to obtain pulp (soda and soda-sulfur, breft, as well as high yield neutral sulphite); 4) Bleaching procedures employed in the treatment of raw pulps, and comparison of the whitening response of the various processes; 5) Evaluation of raw and bleached pulps made from the different samples, as well as their mechanical characteristics vis-à-vis the particular manufacturing process employed.

It is finally concluded that the conversion into pulp of the residual core from veneer logs is feasible. The pulp produced using the NSSC process was found to be satisfactory for the production of corrugated medium.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

##### AMERICAN PAPER INSTITUTE

- 1971 — Wood pulp statistics (op cit) Wayman, Morris — Informacion tecnica sobre materias primas y fabricacion de pasta y papel. In: FAO. **Guia para planificar empresas y fabricas de pasta y papel.** Roma. p. 250

##### AKHTARUZZAMAN, A.F.M. & VIRKOLA, N.E.

- 1979a— Influence of chip dimensions in kraft pulping. Part I. Mechanism of movement of chemicals into chips. **Paperi Ja Puu. Paper Och Trä, 61 (9):** 578-580.
- 1979b— Influence of chip dimensions in kraft pulping. Part II. Present state and scope of the study. **Paperi Ja Puu. Paper Och Trä, 61 (10):** 629-634.
- 1979c— Influence of chip dimensions in kraft pulping. Part III. Effect on delignification and a mathematical model for predicting the pulping parameters. **Paperi Ja Puu. Paper Och Trä, 61 (11):** 373-758.

##### BARRICHELO, L.E.G. & BRITO, J.O.

- 1979 — Aproveitamento de madeiras de florestas naturais do Estado de Santa Catarina para a produção de celulose. **O Papel, 50:** 49-50, jan.

##### BECKER, E.S. & CALDWELL, H.G.

- 1974 — An evaluation of NSSC and kraft pulping of Ecuadorian hardwoods for corrugating medium. **Tappi, 57 (12):** 117-9.

##### CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL. DIVISION DE CELLULOSE

- s/d — **Fabrication de pates a haut rendement a partir de bois feuillus d'Afrique Tropicale.** v. 4, 30p.

##### CLARK, J. d'A.

- 1978 — Bonding of cellulose surfaces. In: **Pulp Technology and treatment for paper.** California, Miller Freeman, 1978. cap. 7, p. 145-159.

##### CLAYTON, D.N.

- 1969 — The chemistry of alkaline pulping. In: **The pulping of wood.** 2a. ed. New York, McGraw-Hill Book, 1969, v. 1, p. 347-348.

##### FOELKEL, C.E.B.; ZVINAKEVICIUS, C.; ANDRADE, J.O.M.; SIQUEIRA, L.R.O. & KATO, J.

- 1977 — Ensaio em laboratórios para se otimizar a seqüência CE<sub>1</sub> HD<sub>1</sub> E<sub>2</sub> D<sub>2</sub> no branqueamento de celulose kraft de eucalipto. In: **Congresso Brasileiro de Celulose e Papel de Eucalipto, 1.º,** São Paulo, p. 5-17.

##### FAO

- 1975 — **Pulping and papermaking properties of fast-growing plantation wood species.** 457p.

##### KIMTECH, L.T.D.

- s/d — **Pulping instructions K-C for INPA.** Manaus, 10p.

##### LANGENHEIM, J.U.

- s/d — **Draft of chapter from under exploited tropical legumes.** (Mimeog.)

##### PANDOLFO, C.

- 1978 — **A floresta amazônica brasileira: enfoque econômico-ecológico.** Belém, SUDAM, 118p.

##### PETROFF, G.; DOAT, J. & TISSOT, M.

- 1968 — **Caracteristiques papeteries de quelques essences tropicales de reboisement.**

##### SEABRA, L.S.V. & OLIVEIRA, J.F.S.

- 1975 — Algumas correlações entre os extrativos das madeiras de eucaliptos e a quantidade das pastas obtidas pelo sulfato. **Garcia de Hortá, 2 (1):** 29-40.

##### SHIMOKAWA, A.

- 1977 — Japão depende de cavacos de madeira para pasta. **Unasyiva, 29 (115):** 26-27.

##### TISSOT, M.

- 1970 — Le bambu, matière première pour l'industrie papetière indienne, **Revue Bois et Forêts des Tropiques, (129):** 21-45, janvier-février.

##### ZVINAKEVICIUS, C.; FOELKEL, C.E.B.; KATO, J. & FONSECA, M.J. de O.

- 1979 — Seqüências exóticas para branqueamento em múltiplos estágios de celulose kraft de eucalipto. **O Papel, 50:** 33-43, jan.

(Aceito para publicação em 30/09/81)