



IPEF: FILOSOFIA DE TRABALHO DE UMA ELITE DE EMPRESAS FLORESTAIS BRASILEIRAS

ISSN 0100-3453

CIRCULAR TÉCNICA Nº 68

SETEMBRO/79

PBP/3.2.2

A UTILIZAÇÃO DA MADEIRA NA PRODUÇÃO DE CELULOSE

Luiz E. G. Barrichelo*
José Otávio Brito*

Dentre os inúmeros produtos obtidos das florestas, a madeira se constitui no mais valioso. Além de ser usada como combustível, é importante matéria-prima para ampla gama de produtos manufaturados, dentre os quais se destaca a celulose para papel e derivados.

O nosso País está entre os vinte maiores produtores de celulose e papel, tendo inclusive condições de, a médio prazo, ocupar as primeiras colocações como abastecedor mundial. Isso porque, a par de excelentes condições de clima e solo para implantação de florestas homogêneas, principalmente de eucalipto e pinheiros, reúne todos os outros fatores básicos para instalação de empresas econômicas e altamente rentáveis.

O Brasil é o maior produtor de celulose e papel da América Latina, tendo produzido em 1978, 1.813.900 t. de celulose e 2.534.400 t. de papel.

O capital social apresentado, em 1978, pela indústria de celulose e papel atingiu o montante de 1,891 bilhões. A capacidade instalada de celulose e papel, em 1978, era da ordem de 8.100 t/dia e 9.500 t/dia, respectivamente, sendo que o Estado de São Paulo representa a principal participação.

2. MATÉRIAS-PRIMAS

Do ponto de vista tecnológico, qualquer matéria-prima fibrosa é passível de ser utilizada na produção de celulose. Porém, quando analisada sob o aspecto econômico uma série de fatores devem ser levados em consideração:

* Professores do Departamento de Silvicultura da ESALQ/USP

- a) percentagem de fibras;
- b) características anatômicas, morfológicas, físicas e químicas;
- c) quantidade disponível em local de fácil acesso;
- d) possibilidade de regeneração a prazos curtos ou médios;
- e) custos relativamente baixo,
- f) existência de mercado para o tipo de celulose a ser produzida, etc.

De uma maneira geral, as matérias-primas vegetais podem ser classificadas como:

- a) Fibras de sementes e frutos. Ex.: línter do algodão, palha de coco, etc.;
- b) Fibras de folhas. Ex.: sisal, fórmio, abacaxi, etc.;
- c) Fibras de madeira de:
 - coníferas. Ex.: pinheiro do Paraná, Pinus, etc;
 - folhosas. Ex.: eucaliptos, espécies nativas, etc;
- d) Fibras de floema de dicotiledôneas herbáceas.
 - Ex.: crotalária, rami, juta, etc;
- e) Fibras vasculares de monocotiledôneas
 - Ex.: palhas de cereais (arroz, trigo, milho, etc), bagaço de cana-de-açúcar, bambu, etc e;
- f) Fibras de estipes. Ex.: coqueiros, palmeiras, etc.

Destas matérias-primas, as mais importantes são as fibras de madeira, tanto de coníferas como folhosas.

O uso de um tipo ou outro de madeira vai depender, além das suas características intrínsecas, do processo de produção de celulose e do seu emprego final.

2.1. Propriedades físicas

As principais propriedades físicas relacionadas com a produção de celulose são: densidade básica, cor, teor de umidade, higroscopicidade e calor específico, sendo a primeira a mais importante.

2.1.1. Densidade básica

A densidade básica da madeira é uma propriedade importante, dadas suas relações com outras características da madeira, rendimentos de processos, velocidade de impregnação da madeira, refinação da celulose, propriedades das celuloses e papéis, etc.

É definida pela relação entre o peso absolutamente seco da amostra que está sendo ensaiada e seu respectivo volume verde ou saturado.

Dentro da árvore, a densidade básica varia no sentido longitudinal (base - topo), bem como no sentido transversal (medula - casca). No sentido longitudinal, os diferentes gêneros ou mesmo diferentes espécies apresentam diversos modelos de variação (lineares, quadráticos, cúbicos, logarítmicos, etc). Na secção transversal, é comum se observar que a densidade da madeira aumenta no sentido medula-casca.

De uma maneira geral, as coníferas apresentam menores densidades que as folhosas, havendo exceções como é o caso do quiri, embaúba, guapuruvu, etc, que, sendo folhosas, apresentam densidades bastante baixas.

Tem-se observado que a densidade básica aumenta com a idade da árvore até um certo ponto, quando praticamente se estabiliza.

O quadro I apresenta alguns valores encontrados para as matérias-primas diversas.

QUADRO 1 – Densidade básica de algumas matérias-primas

Matéria-prima	Idade (anos)	Densidade básica (g/cm³)
Pinheiro do Paraná	25	0,452
<i>Pinus elliottii</i>	8	0,316
	9	0,338
	12	0,344
<i>Pinus taeda</i>	9	0,328
	11	0,347
	12	0,366
<i>Pinus oocarpa</i>	6	0,362
	12	0,412
<i>Eucalyptus saligna</i>	5	0,500
	7	0,582
<i>Eucalyptus propinqua</i>	5	0,526
	7	0,613
Quiri	5	0,220
Guapuruvu	5	0,210
Embaúba	-	0,190

A densidade básica permite estimar-se o peso por estéreo de madeira, o que é importante, principalmente em termos de transporte e armazenamento.

O quadro 2 fornece o peso, em quilogramas, por estéreo de madeira descascada em função da densidade básica e admitindo-se um fator de empilhamento igual a 1,4.

QUADRO 2 – Peso estimado de madeira (kg) por estéreo.

Densidade básica (t/m ³)	Peso (kg) de 1 estéreo	
	Madeira abs. Seca	Madeira com 50% umidade
0,40	286	572
0,42	300	600
0,44	314	628
0,46	328	656
0,48	343	686
0,50	357	714
0,52	371	742
0,54	386	772
0,56	400	800
0,58	414	818
0,60	428	856

Por outro lado, o conhecimento da densidade aliado ao rendimento do processo, em termos de celulose branqueada, permite prever-se a produção, por hectare e por ano, diretamente, em celulose.

O quadro 3 apresenta o peso, em toneladas, de celulose branqueada, por hectare e por ano, em função da densidade básica e do incremento médio anual (estéreo de madeira descascada por hectare e por ano); admitindo-se um fator de empilhamento de 1,4 e um rendimento de 48,0% em celulose branqueada absolutamente seca.

QUADRO 3. Toneladas de celulose branqueada por hectare e por ano.

Densidade básica (t/m ³)	Incremento em madeira descascada st/ha/ano						
	15	20	25	30	35	40	45
0,40	2,02	2,69	3,36	4,03	4,70	5,38	6,05
0,42	2,12	2,82	3,53	4,23	4,94	5,65	6,35
0,44	2,22	2,96	3,70	4,43	5,17	5,91	6,65
0,46	2,32	3,09	3,86	4,64	5,41	6,18	6,96
0,48	2,42	3,22	4,03	4,84	5,64	6,45	7,26
0,50	2,52	3,36	4,20	5,04	5,88	6,72	7,56
0,52	2,62	3,49	4,37	5,24	6,12	6,99	7,86
0,54	2,72	3,63	4,54	5,44	6,35	7,26	8,16
0,56	2,82	3,76	4,70	5,64	5,59	7,53	8,47
0,58	2,92	3,90	4,87	5,85	6,82	7,80	8,77
0,60	3,02	4,03	5,04	6,05	7,06	8,06	9,07

Como recíproca, o consumo de madeira, em metros cúbicos sólidos, para a produção de uma tonelada de celulose ou pasta, está diretamente relacionado com a densidade básica da madeira e rendimento do processo. Conhecendo-se estes parâmetros é possível estimar, com relativa precisão, a necessidade de madeira.

O quadro 4 apresenta os valores em metros cúbicos sólidos de madeira descascada e recém-cortada, necessária para a produção de 1 tonelada absolutamente seca de celulose não branqueada ou pasta. A transformação desses valores para estéreo será conseguida multiplicando-se o valor encontrado pelo fator de empilhamento que oscila entre 1,4 a 1,6 para os eucaliptos.

QUADRO 4. Metros cúbicos sólidos de madeira descascada, recém-cortada, para a produção de 1 tonelada absolutamente seca de celulose não-branqueada ou pasta.

Densidade básica (t/m ³)	RENDIMENTO DO PROCESSO (%)										
	48	49	50	51	52	53	54	55	65	75	85
0,40	5,2	5,1	5,0	4,9	4,8	4,7	4,6	4,5	3,8	3,3	2,9
0,42	5,0	4,9	4,7	4,6	4,6	4,5	4,4	4,3	3,7	3,2	2,8
0,44	4,7	4,6	4,5	4,4	4,3	4,2	4,2	4,1	3,5	3,0	2,7
0,46	4,5	4,4	4,3	4,2	4,1	4,0	4,0	4,0	3,3	2,9	2,6
0,48	4,3	4,2	4,1	4,0	4,0	3,9	3,8	3,7	3,2	2,8	2,4
0,50	4,1	4,0	4,0	3,9	3,8	3,7	3,7	3,6	3,1	2,7	2,4
0,52	4,0	3,8	3,8	3,7	3,7	3,6	3,5	3,4	3,0	2,6	2,3
0,54	3,9	3,7	3,7	3,6	3,5	3,5	3,4	3,3	2,8	2,5	2,2
0,56	3,7	3,6	3,5	3,5	3,4	3,3	3,3	3,2	2,7	2,4	2,1
0,58	3,6	3,5	3,4	3,3	3,3	3,2	3,2	3,1	2,6	2,3	2,0
0,60	3,4	3,4	3,3	3,2	3,2	3,1	3,0	3,0	2,6	2,2	2,0

2.2. Características morfológicas e anatômicas

Se cortarmos transversalmente o tronco de uma árvore, podemos observar, na seção resultante, a presença de três estruturas bem distintas. Partindo-se do interior do tronco para o seu exterior, encontraremos a medula, o lenhyo (cerne e/ou alburno) e a casca.

A medula pode ser notada na parte central do tronco, sendo sua proporção tão reduzida em relação às outras estruturas, que em termos de produção de celulose não tem nenhum significado.

2.2.2. Dimensões das fibras

Do ponto de vista anatômico, são importantes para os estudos de produção de celulose o conhecimento das seguintes dimensões das fibras:

- a) comprimento da fibra (C);
- b) largura da fibra (L);
- c) diâmetro do lúmen (DL) e;
- d) espessura da parede da fibra (E).

Da mesma maneira são importantes as relações das dimensões das fibras entre si, a saber:

- a) índice de enfiamento: C/L;
- b) coeficiente de flexibilidade: (DL/L).100;
- c) fração parede: (2E/L).100 e;
- d) índice de Runkel: 2E/DL.

As correlações das características das fibras e suas influências sobre as propriedades físico-mecânicas da celulose ou papel, têm sido objetos de estudos há muitos anos, existindo uma vasta literatura sobre o assunto.

Em termos de comprimento de fibra, as madeiras são classificadas em:

- a) Madeiras de fibras longas (traqueídeos): provenientes de coníferas e;
- b) Madeiras de fibras curtas: provenientes de folhosas.

2.2.3 Casca

A quantidade de casca presente na madeira é normalmente expressa como percentagem em volume ou em peso.

A utilização da madeira com casca é um assunto controvertido em nosso meio. Inúmeras tentativas têm sido feitas pelas indústrias que produzem celuloses químicas, principalmente, visando a economia de mão-de-obra no descascamento manual. Algumas empresas já vem produzindo celulose com uma certa percentagem de madeira com casca (10 a 50%), para contornar, principalmente, problemas decorrentes da escassez de madeira ou condições desfavoráveis para exploração em certas épocas do ano. A par disto, outras indústrias no país foram projetadas e contruídas para consumirem, exclusivamente, madeira com casca.

A utilização da madeira com uma certa percentagem de casca tem mostrado uma série de inconvenientes ou desvantagens, dependendo do equipamento em uso.

Durante a picagem da madeira, a casca tende a formar lascas compridas que dificultam o peneiramento e o transporte dos cavacos. Estes problemas, todavia, podem ser contornados picando-se a madeira recém-cortada, ou com um breve período de estocagem (2 a 4 meses dependendo da época do ano). Isso requer um eficiente esquema de abastecimento e perfeito controle da madeira armazenada no pátio da indústria.

O uso da madeira com casca aumenta o consumo de reagentes e produz um licor negro mais rico em substâncias orgânicas que podem sobrecarregar o equipamento de recuperação.

Em termos de rendimentos industriais, tem-se observado uma diminuição diretamente relacionada com o aumento da percentagem de casca.

O problema do aumento do teor de rejeitos e sujeira na celulose branqueada tem sido perfeitamente contornado, quando se usa um adequado sistema de depuração. Por outro lado, as alterações da qualidade da celulose, em termos de resistência físico-mecânicos, não tem se mostrado significativas para o caso do eucalipto.

Finalmente, do ponto de vista tecnológico o ideal é trabalhar com a madeira totalmente descascada. Porém, do ponto de vista da economia global da empresa, com indústria e floresta, talvez, a alternativa mais condizente com a realidade seja a utilização da madeira integral, desde que a exportação de nutrientes pela casca não seja fator limitante quanto à fertilidade do solo florestal.

2.3. Composição química

Em princípio, os componentes químicos da madeira podem ser divididos em dois grandes grupos: componentes fundamentais e componentes acidentais.

Componentes fundamentais são compostos orgânicos que aparecem em toda e qualquer madeira e, sem os quais, a mesma perde sua identidade. São usualmente divididos em duas classes: holocelulose e lignina. A holocelulose compreende a celulose, que é o

principal componente da madeira, e as hemiceluloses que podem ser subdivididas em hexosanas e pentosanas.

O principal componente das fibras da madeira é a celulose, enquanto que a lignina ocorre principalmente na lamela média que une as fibras entre si.

Componentes acidentais são compostos orgânicos e inorgânicos não essenciais para a estrutura das paredes celulares e lamela média. Usualmente, podem ser removidos com um solvente apropriado sem afetar a estrutura física da madeira. São agrupados em duas classes: extrativos e compostos minerais.

Do ponto de vista da indústria de celulose, a madeira é geralmente analisada no que diz respeito a:

- a) Solubilidade em água fria e quente, álcool-benzeno, éter etílico, NaOH 1%;
- b) Teores de holocelulose, alfa-celulose e celulose Cross e Bevan;
- c) Teor de lignina;
- d) Teor de pentosanas;
- e) Teor de cinzas, etc.

A composição química, tanto qualitativa como quantitativa, influencia desde o preparo da matéria-prima para a produção de celulose até a qualidade do produto final.

3. PROCESSOS DE PRODUÇÃO DE CELULOSE

Existe uma série enorme de processos em uso, todos viáveis do ponto de vista técnico-econômico. Didaticamente, estes processos podem ser classificados como segue:

- a) processo mecânico;
- b) processos termo-mecânicos, mecano-químicos e termo-mecano-químicos;
- c) processos químicos e;
- d) processos semi-químicos.

Todos estes processos visam transformar a madeira até uma forma desfibrada ou desintegrada sem a remoção da lignina ou com remoção parcial desta. A madeira assim transformada recebe o nome de pasta, polpa ou celulose.

NOTA: o termo “celulose” possui duplo significado:

a) significado químico: polissacarídeo, formado por unidades de D-anidroglicose unidas através de ligações Beta-1,4 que, por hidrólise, produz única e exclusivamente moléculas de glicose.

b) Significado técnico: resíduo resultante da deslignificação parcial ou total da madeira.

3.1. Processo mecânico

Para ser utilizada neste processo, a madeira é inicialmente descascada e desintegrada em aparelhos especiais denominados “grinders”, ou é transformada em cavacos e, em seguida, submetida à ação de moinhos ou refinadores de discos.

Dada a inexistência de qualquer tratamento prévio da madeira, o produto final, denominado pasta mecânica, apresenta a maioria das fibras quebradas e, conseqüentemente, é de baixa qualidade em termos de resistências físico-mecânicas.

As matérias-primas empregadas são, de preferência, coníferas pouco resinosas ou algumas folhosas claras e de densidade média ou baixa.

A grande vantagem do processo é o seu rendimento que gira em torno de 95%.

As principais características da pasta mecânica são: cor clara, boa capacidade de impressão, alta opacidade, alto volume específico aparente e baixo custo.

Seus principais usos são: papel de jornal, papel para livros de segunda, revistas, catálogos, papalão, papéis absorventes (guardanapos, toalhas, etc.).

3.2. Processos termo-mecânicos, mecano-químicos, etc.

Fundamentalmente estes processos são semelhantes ao mecânico. A única diferença reside no fato de se lançar mão de temperatura e/ou impregnação com soluções diluídas de produtos químicos, visando plastificar a lignina da lamela média e, com isso, facilitar a separação das fibras.

Assim, a quantidade de fibras é em parte preservada e, conseqüentemente, as resistências físico-mecânicas das pastas produzidas são superiores a anterior. Por outro lado, a pasta resultante é de cor mais escura.

Os rendimentos dos processos estão entre 80 e 90%, e as matérias-primas empregadas são as mesmas do processo mecânico e algumas outras folhosas mais densas.

De uma maneira geral, as principais características e usos se aproximam de pasta mecânica.

3.3. Processos químicos.

São processos químicos que visam a remoção parcial da lignina existente na lamela média, permitindo a separação ou individualização das fibras.

O produto resultante do processo recebe o nome de celulose, polpa ou pasta celulósica.

A operação do processo destinada à deslignificação da madeira recebe o nome de cozimento ou digestão e é executada em cozinhadores ou digestores.

Dependendo dos agentes usados na deslignificação, os processos são classificados em alcalinos ou ácidos. Dentre os alcalinos, os principais são: processos soda, sulfato e Kraft. Dentre os ácidos: processos sulfito-ácido e bissulfito.

3.3.1. Processos soda, sulfato e kraft.

A obtenção de celulose, através destes processos, é feita em digestores nos quais a madeira, na forma de cavacos, é colocadas em contato com soluções de produtos químicos, durante um certo tempo.

Para facilitar a ação do agente de deslignificação geralmente se empregam altas temperaturas e pressões.

Os processos soda e sulfato são muito semelhantes, estando a diferença fundamental na composição do licor de cozimento. O processo soda utiliza exclusivamente hidróxido de sódio (NaOH), enquanto que o sulfato emprega uma mistura de hidróxido de

sódio (NaOH) e sulfeto de sódio (Na₂S), numa proporção aproximada de 75% do primeiro e 25% do segundo.

Atualmente o processo soda está sendo abandonado em favor do processo sulfato, pelo fato de dar menor rendimento e qualidade inferior à celulose. Todavia, o processo soda ainda é largamente empregado na produção de celulose a partir de palhas, bagaço e outros resíduos agrícolas.

A diferença entre processo sulfato e Kraft reside no fato deste último produzir uma celulose escura, com teor de lignina residual mais elevado, o que o torna anti-econômico por não ser recomendado, tecnicamente, o branqueamento da mesma. As grandes vantagens do processo Kraft sobre o sulfato são: maior rendimento e celulose de excepcionais resistências físico-mecânicas.

Em termos de matérias-primas, os processos sulfato e Kraft se destacam pela sua versatilidade, não havendo praticamente limitação alguma do ponto de vista técnico. No Brasil, o processo sulfato é empregado sobretudo para a produção de celulose sulfato branqueada a partir de folhosas, principalmente, do gênero *Eucalyptus*. Por outro lado, o processo Kraft é utilizado na produção de celulose Kraft não branqueada a partir de coníferas, entre as quais se destacam as do gênero *Araucária* e *Pinus*.

O rendimento destes processos está entre 50 e 60%.

As aplicações das celuloses (branqueadas ou não branqueadas) vão desde papéis altamente resistente para embalagens até papéis finos para escrita e impressão.

3.3.2. Processos sulfito-ácido e bissulfito

A semelhança dos anteriores, são processos químicos, nos quais a participação de energia mecânica para desfibrar os cavacos é mínima ou desprezível.

A diferença fundamental reside no licor de cozimento, que é uma solução de bissulfito de sódio, amônio, cálcio ou magnésio, que pode ou não ter um excesso de anidrido sulfuroso dissolvido. Dependendo do pH de licor o processo é classificado como sulfito-ácido (pH = 1,5 – 2,5) ou bissulfito (pH = 2,5 - 5,5).

A vantagem do processo sulfito sobre o sulfato e Kraft, se baseia no fato de produzir uma celulose não branqueada mais clara e, conseqüentemente, mais facilmente branqueável. Outra vantagem, é que a celulose sulfito é refinada com menor dispêndio de energia mecânica e mais rapidamente.

As grandes desvantagens do processo são: não pode ser aplicado toda e qualquer espécie vegetal, principalmente resinosas, necessita geralmente de maiores períodos de tempo de cozimento e a celulose é menos resistente.

O rendimento do processo está entre 50 e 60% e os usos das celuloses são bastante diversificados, destacando-se na produção de derivados (acetatos, nitratos, rayon, etc), papéis de escrita e impressão.

3.4. Processos Semi-químicos

São processos intermediários aos químicos e mecânicos e, conseqüentemente, requerem um tratamento químico suave, seguido de um tratamento mecânico, visando a separação das fibras.

As principais matérias-primas recomendadas são folhosas e resíduos de serrarias.

O número de processos é bastante grande e, comercialmente, se destacam: processo soda a frio, processo sulfito neutro (NSSC), processo soda a frio, processo sulfito neutro (NSSC), processo kraft-semi-químico e processo bissulfito semi-químico.

4. BRANQUEAMENTO DA CELULOSE

Branquear significa eliminar os compostos não - celulósicos ou transformá-los em outros que refletem a luz branca. É, por conseguinte, um processo de purificação da celulose.

O branqueamento pode ser feito sem ou com deslignificação.

O branqueamento sem deslignificação baseia-se na utilização de agentes seletivos que transformam uma parte dos grupos cromóforos sem, todavia, alterar a lignina. Este método é utilizado para celuloses com alto teor de lignina residual (pasta mecânica, semi-química e químico-mecânica). Em termos práticos, este tipo de branqueamento equivale a um alvejamento. O grande inconveniente é que a cor da celulose resultante possui baixa permanência (reversão da alvura).

O branqueamento com deslignificação permite uma eliminação quase total da lignina residual e compostos cromóforos. É utilizado para celuloses químicas que possuem um teor relativamente baixo de lignina residual.

Os principais produtos químicos utilizados no alvejamento do branqueamento da celulose são cloro gasoso e derivados (hipocloritos, dióxido de cloro), oxigênio, peróxidos (de hidrogênio e sódio), compostos de enxofre (anidrido sulfuroso, sulfitos e bissulfitos, hidrossulfitos), etc.

O branqueamento da celulose pode ser conseguido em um ou mais estágios. O desenvolvimento de processos com vários estágios propicia a obtenção de celuloses com elevada alvura a custos econômicos.

5. PAPEL

Das múltiplas utilizações da celulose, o seu emprego com matéria-prima para a fabricação de papel é o mais importante.

O termo papel é genericamente dado a uma folha formada, seca e acabada em uma máquina, partindo-se de uma suspensão de fibras em água, as quais foram desagregadas, depuradas, refinadas e tiveram ou não a adição de outros componentes, para dar, ao produto final, características de utilização.

Dependendo do tipo de papel, os principais componentes ou aditivos incorporados isolada ou conjuntamente são: caolim, cola de breu, amido, látex, corantes, resinas, etc.

Os principais tipos de papéis produzidos são distribuídos pelas seguintes categorias:

- a) Papéis para impressão: acetinado, bíblia, bufant, jornal, couché, monolúcido, off-set, etc.;
- b) Papéis para escrever: apergaminhado, flor post, registro, super bond, etc.;
- c) Papéis para embalagem: estiva, maculatura, impermeável, kraft, manilha, strong, etc.;
- d) Papéis industriais e outros: carbono, cigarros, crepon, desenho, bibliográfico, higiênico, absorvente e;
- e) Cartões e cartolinas.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO PAULISTA DOS FABRICANTES DE PAPEL E CELULOSE - Relatório estatístico. São Paulo, 1978 - 228 p.

BARRICHELO, L.E.G. & BRITO, J.O. - A madeira de espécies de eucalipto como matéria-prima para a indústria de celulose e papel. Série divulgação. PRODEPEF, Brasília, (13): 1-145, 1976.

BRITT, K. W. - Handbook of pulp paper technology. New York, Reinhold, 1964.

BROWNING, B.L. - The chemistry of wood. New York, Interscience, 1963.

CASEY, J.P. - Pulp and paper: chemistry and chemical technology. New York, Interscience, 1960.

FOELKEL, C.E.B. & BARRICHELO, L.E.G. - Tecnologia de celulose e papel. Piracicaba, ESALQ, 1975. 207p.

RYDHOLM, S.A. - Pulping processes. New York, Interscience, 1965.

Esta publicação é editada pelo Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, convênio Departamento de Silvicultura da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo.

É proibida a reprodução total ou parcial dos artigos publicados nesta circular, sem autorização da comissão editorial.

Periodicidade – irregular

Permuta com publicações florestais

Endereço:

IPEF – Biblioteca
ESALQ-USP
Caixa Postal, 9
Fone: 33-2080
13.400 – Piracicaba – SP
Brasil

Comissão Editorial da publicação do IPEF:

MARIALICE METZKER POGGIANI – Bibliotecária
WALTER SALES JACOB
COMISSÃO DE PESQUISA DO DEPARTAMENTO DE SILVICULTURA –
ESALQ-USP
DR. HILTON THADEU ZARATE DO COUTO
DR. JOÃO WALTER SIMÕES
DR. MÁRIO FERREIRA

Diretoria do IPEF:

Diretor Científico – JOÃO WALTER SIMÕES
Diretor Técnico – HELLÁDIO DO AMARAL MELLO
Diretor Administrativo – NELSO BARBOZA LEITE

Responsável por Divulgação e Integração – IPEF

José Elidney Pinto Junior