



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

ISSN 0100-3453

CIRCULAR TÉCNICA Nº 85

Janeiro/1980

PBP/3

***Pinus caribaea* var. *hondurensis* – PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DA
MADEIRA SOB O PONTO DE VISTA TECNOLÓGICO***

Luiz Ernesto George Barrichelo

Quando se objetiva a utilização de uma dada matéria-prima para a produção de celulose, uma série de propriedades deve ser observada, destacando-se as seguintes: densidade, características anatômicas das fibras, proporções e características dos lenhos e composição química da madeira.

1. DENSIDADE DA MADEIRA

Dentre as várias maneiras de se expressar a densidade da madeira, a mais usual é em termos de densidade básica, que é a relação entre o peso absolutamente seco da amostra e respectivo volume verde ou saturado, segundo a norma M14/70 da ASSOCIAÇÃO TÉCNICA BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL 1970).

Segundo *KOCH* (1972), embora a densidade seja uma medida grosseira refletindo a somatória de numerosas variáveis dentro dos sucessivos anéis de crescimento, ela tem sido mais investigada que qualquer outra propriedade da madeira. Isso tem ocorrido porque a densidade afeta a resistência das peças de madeira e rendimento e qualidade da celulose e papel kraft.

Este fato é reforçado por diversos autores, destacando-se entre ele *NANKOONG et alii* (1968), *HORN* (1974), *KLEPPE* (1970), *ZOBEL & KELLISON* (1971). Especificamente sobre as propriedades da celulose, *VAN BUIJTENEN* (1969) afirma que a

* Primeira parte da revisão bibliográfica da tese apresentada à ESALQ, para obtenção do Título de Livre-Docente.

densidade não possui uma influência direta, pelo fato da mesma ser dependente de uma série de outros fatores relacionados com as propriedades das fibras.

A densidade é, sobretudo, influenciada pelo comprimento e largura dos traqueídeos, proporção de lenhos inicial e tardio, quantidade e constituição dos extrativos, (KOCH, 1972; WAHLGREN & SCHUMAN, 1972).

VAN BUIJTENEN (1964) estudando os fatores anatômicos e morfológicos que influenciam a densidade, observou que a espessura das paredes das fibras do lenho tardio é a característica mais significativa, seguida pela percentagem de lenho inicial e largura das fibras do lenho tardio.

Por outro lado, GODDARD & COLE (1966), trabalhando com progênies selecionadas de *Pinus elliottii*, observaram que a densidade era afetada pela percentagem relativa entre lenho inicial e tardio, espessura da parede celular e diâmetro do lúmen.

Madeiras de *Pinus caribaea* com diferentes densidades foram analisadas por PALMER & TABB (1971) generalizando suas observações, concluíram que, normalmente, se espera que madeira com alta densidade tenha fibras de paredes mais espessas que aquelas de baixa densidade.

MAEGLIN (1976) afirma que a densidade da madeira das coníferas é afetada, principalmente, pela espessura das paredes das fibras e proporção de lenhos inicial e tardio.

Observações discordantes das anteriores citadas são relatadas por LEDIG *et alii* (1975) que, trabalhando com *Pinus rígida*, concluíram que o comprimento de fibra era negativamente correlacionado com a densidade da madeira.

JACKSON & STRICKLAND (1962) e GUTH (1973/74) não encontraram correlação alguma entre comprimento de fibra e densidade.

Com respeito à composição química da madeira, BYRD (1965) encontrou correlação positiva da densidade com o teor de alfa-celulose da madeira e negativa com os teores de hemiceluloses e extrativos.

KOCH (1972) destaca correlações entre densidade e teores de extrativos, enquanto PALMER & GIBBS (1973) afirmam que, com o aumento de densidade, ocorre aumento no teor de alfa-celulose e diminuição no teor de lignina.

Em última análise, a densidade é considerada o melhor índice, simples e seguro, da qualidade da própria madeira (MITCHELL & WHEELER, 1959; PRONING & LASSEN, 1970; FARR, 1973; MAEGLIN, 1976). Ela é um critério útil das características da madeira, de grande interesse tanto para tecnólogos como para engenheiros florestais, segundo HEGER (1974b). Neste particular, BARRICHELO & BRITO (1976) ressaltam que o conhecimento da densidade básica e rendimento do processo permite prever o consumo de madeira por tonelada de celulose a ser produzida e, por conseguinte, a área a ser reflorestada para o abastecimento de uma indústria.

Uma série de vantagens são apresentadas por NAMKOONG *et alii* (1969) para madeiras de maior densidade, destacando-se entre elas, as seguintes:

1. Diminuem o manuseio e áreas de armazenamento;
2. Aumentam o rendimento de descascamento;
3. Aumentam o custo de picagem;
4. Aumentam o rendimento por digestor descontínuo;
5. Aumentam o rendimento por unidade de volume de madeira;
6. Diminuem o tempo de moagem necessário para se atingir um determinado grau de refinação de celulose;
7. Diminuem as resistências à tração e ao arrebatamento da celulose;

8. Aumentam a resistência ao rasgo da celulose;
9. Diminuem o peso específico aparente da folha de celulose.

Dentre as diversas alternativas para classificar a madeira à densidade, uma das mais atuais e completas é a adotada pelo *FOREST PRODUCTS LABORATORY (1973)*, como mostrado a seguir:

Intervalos da densidade (g/cm ³)	Descrição da madeira
< 0,20	Extremamente leve
0,20 – 0,25	Excessivamente leve
0,25 – 0,30	Muito leve
0,30 – 0,36	Leve
0,36 – 0,42	Moderadamente leve
0,42 – 0,50	Moderadamente pesada
0,50 – 0,60	Pesada
0,60 – 0,72	Muito pesada
0,72 – 0,86	Excessivamente pesada
> 0,86	Extremamente pesada

A classificação de uma dada madeira dentro deste critério deve ser feita com relativa cautela, pois, como destaca *KOCH (1972)*, a densidade varia significativamente entre árvores e mesmo dentro da árvore, longitudinalmente com a altura e radialmente entre a medula e a casca.

CHITTENDEN et alii (1967), *PALMER & GIBBS (1972)* e *WORRAL et alii (1977)* encontraram elevadas variações entre árvores, para a madeira de *Pinus caribaea* plantados em Fiji.

Todavia, para coníferas, a preocupação maior tem sido para se analisar as variações que ocorrem dentro das árvores que, normalmente, são mais significativas que entre árvores.

PANSHIN & DE ZEEUW (1970) apresentam os principais modelos de variação longitudinal, que são:

- a. decrescente uniformemente com a altura;
- b. decrescente até o meio do tronco e crescente deste ponto até o topo;
- c. crescente da base para o topo, não obedecendo a um padrão uniforme de variação.

O modelo de variação longitudinal decrescente com a altura tem se mostrado mais real para as espécies do gênero *Pinus*, segundo trabalhos de *HEGER (1974a)*, *WAHLGREN & FASSNACHT (1959)*, *AMARAL et alii (1977)*, *MILLER (1959)*, *SELLERS (1962)*, *JOHNSTONE (1970)* e *PEARSON & GILMORE (1971)*. Para outros gêneros de coníferas, como *Tsuga*, *Picea* e *Abies*, outros modelos de variação tem sido encontrados, conforme trabalhos de *HEGER (1974 a)*, *FARR (1973)*, *HEGER (1974 b)*, *GUTH (1973/74)*.

Quanto à variação radial, *PANSHIN & DE ZEEUW (1970)* afirmam que uma classificação geral pode ser feita dentro de quatro tipos:

Tipo 1. a densidade da madeira aumenta da medula para a casca;

Tipo 2. a densidade da madeira é alta na medula, decresce após os primeiros anos e aumenta em direção à casca;

Tipo 3. a densidade aumenta próxima à medula, permanecendo, a seguir, mais ou menos constante. Algumas vezes decresce nas últimas porções formadas próximas à casca;

Tipo 4. a densidade da madeira diminui da medula para a casca.

Trabalhos de *FERREIRA & FERREIRA (1969)*, *GEARY & MACIA SANABRIA (1973)* mostram que a densidade geralmente aumenta no sentido medula-casca, para as espécies do gênero *Pinus*.

Porém, este aumento não é uniforme, devido os diferentes tipos de lenhos que se sucedem, alternadamente, dentro dos anéis de crescimento.

2. CARACTERÍSTICAS ANATÔMICAS DOS TRAQUEÍDEOS

Quando comparadas com as folhosas, as coníferas se mostram mais uniformes e menos complexas, tendo como elementos estruturais, fundamentalmente, os traqueídeos (*MAEGLIN, 1976*).

O principal objetivo da investigação anatômica, segundo *HUGHES (1971)*, é determinar a relação existente entre as características estruturais da madeira e seu uso. Como exemplo, as dimensões das fibras são indicações importantes das propriedades da celulose e sua adequação na fabricação de um determinado tipo de papel.

Entre as principais dimensões das fibras se destacam o comprimento, a largura, o diâmetro do lúmen e a espessura da parede celular.

Estas quatro dimensões são consideradas fundamentais, destacando-se entre elas, o comprimento, que permite selecionar a madeira dentro de dois grupos conhecidos como “madeiras de fibras curtas”, entre as quais se enquadram a maioria das folhosas, e “madeiras de fibras longas”, características da quase totalidade das coníferas.

A partir das dimensões citadas, foram estabelecidas algumas relações, procurando correlacioná-las com as resistências e demais características da celulose. As principais relações, segundo *FOELKEL (1973)* e *BARRICHELO & BRITO (1976)*, são: índice de enfeltramento, que é a relação entre comprimento e largura da fibra; coeficiente de flexibilidade, relação entre o diâmetro do lúmen e largura da fibra; fração parede, relação entre duas vezes a espessura da parede celular e largura da fibra; e índice de Runkel, relação entre duas vezes a espessura da parede celular e diâmetro do lúmen.

As inter-relações entre as características das fibras e demais parâmetros da madeira, bem como suas influências sobre as características da celulose, serão discutidas mais a frente.

À semelhança de densidade básica, as características das fibras, para cada uma dada espécie, variam dentro e entre árvores.

WHEELER et alii (1966) afirmam que qualquer seleção ou tentativa de modificação, para se obter um produto final específico, deve ser precedida por extensivo conhecimento das relações anatômicas entre e dentro das árvores.

Tomando-se como exemplo o comprimento das fibras, *DUFFIELD (1964)* destaca que o mesmo aumenta da medula para a casca. As coníferas mostram dois modelos de variação nesse sentido: o primeiro, citado por *Dadswell*, em que há um aumento rápido e tendência para um melhor valor constante, o que é uma característica do gênero *Pinus*. Um segundo, citado por *Trendelenburg* e *Mayer-Wegelin*, em que há um aumento paulatino, segundo um polinômio do 2º grau, de modelo $y = a + bx + cx^2$, onde y é o comprimento e x é o número do anel de crescimento, a partir da medula, característica das espécies dos gêneros *Picea* e *Abies*.

3. LENHOS INICIAL E TARDIO

Os lenhos inicial e tardio são também denominados, respectivamente, de madeira primaveril e madeira outonal, a primeira sendo formada durante o crescimento intenso da planta na primavera e verão, e a segunda, durante os períodos do ano de menor atividade vegetativa, que ocorre no outono e inverno.

Segundo o conceito de controle hormonal de *ZIMMERMANN & BROWN (1974)*, os fatores ambientais afetam a formação dos anéis de crescimento, através da auxina produzida durante o período de brotação e alongação das acículas. Fibras de lenho inicial resultam de elevados teores de auxina produzida durante o crescimento intenso da planta. Cessando-se o período de brotação e alongação das acículas, resulta na produção de fibras de lenho tardio.

Devido o fato da estrutura dos anéis de crescimento ser coordenada com a fisiologia da planta, *BOSSHARD & KUCERA (1973)* propuseram os termos “zona inicial” e “zona final”, com o objetivo de refletir o aspecto citado anteriormente, em vez de lenho inicial e tardio, que dá um enfoque cronológico na formação destes distintos tipos de madeira.

4. COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA MADEIRA

Objetivando-se a produção de celulose, a composição química da madeira é encarada em termos de componentes fundamentais e acidentais. Os primeiros são parte integrante das paredes das fibras e lamela média, e importante para caracterizarem a madeira como tal. São considerados componentes fundamentais, a celulose, as hemiceluloses e a lignina. O conjunto da celulose e hemiceluloses compõe a fração total dos polissacarídeos da madeira e é denominada holocelulose. A porção da celulose de maior grau de polimerização e, portanto, de maior peso molecular é chamada de alfa-celulose. É empiricamente conceituada como a fração da celulose que é insolúvel em solução a 17,5% de NaOH a 20°C. Da mesma forma, as frações solúveis são denominadas beta e gama-celulose, a primeira precipitável pela acidificação ou neutralização do meio. As hemicelulose são classificadas de diferentes maneiras, sendo mais difundida dentro da tecnologia da madeira, como pentosanas e hexosanas (*RYDHOLM, 1965*).

Os componentes acidentais não são considerados importantes para a estrutura da madeira, podendo variar quali-quantitativamente entre gêneros e mesmo espécies. Entre estes, os mais importantes são os chamados extrativos, que se constituem naqueles componentes acidentais solúveis em água e solvente orgânicos neutros (*BROWNING, 1963*).

Visando a caracterização do ponto de vista químico, a madeira é analisada através de uma série de ensaios, destacando-se os seguintes teores de celulose (*CROSS & BEVAN*), holocelulose, alfa-celulose, pentosanas, lignina, cinzas, extrativos solúveis em água, álcool-benzeno, éter etílico, diclorometano, etc.

ZOBEL (1961) considera que a composição química, sob certos aspectos, é uma das mais importantes, porém a menos estudada das características da madeira.

Tal fato se explica, pois os estudos pioneiros de química da madeira relacionados com a tecnologia da celulose foram feitos por pesquisadores do hemisfério norte, para os quais as coníferas são as principais matérias-primas. E são justamente para as coníferas que são encontradas as menores variações das propriedades químicas. Daí, segundo

DINWOODIE (1966), o porque da relativa ausência de estudos da composição química na determinação da qualidade da madeira e seus produtos.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, A.C.; FERREIRA, M. & COUTO, H.T.Z. do – Métodos de avaliação da densidade básica da madeira de populações de pinheiros tropicais. *IPEF*, Piracicaba, (15): 47-67, 1977.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL – *Normas de ensaio*. São Paulo, 1970.

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

BOSSHARD, H.H & KUCERA, L. – On initial and end zones of annual rings. *Holz Roh, Warkstoff*, 31(12): 484-6. Apud: *Forestry abstracts*, Oxford, 36(3), 1975.

BROWNING, B.L. – *The chemistry of wood*. New York, John Wiley, 1963. 689p.

BYRD, V.L. – Wood characteristics and kraft paper properties of four selected loblolly pines: part 2 – wood chemical constituents and their relationship to fiber morphology. *Forestry products journal*, Madison, 15(8): 313-20, 1965.

CHITTENDEN, A.E. et alii – The pulping properties of *Pinus caribaea*. *Commonwealth forestry review*, London, 46(1): 22-35. Apud: *Forestry abstracts*, Oxford, 28(4), 1967.

DINWOODIE, J.M. – The influence of anatomical and chemical characteristics of softwood fibers on the properties of sulfate pulp. *TAPPI*, Atlanta, 49(2): 57-67, 1966.

DUFFIELD, J.W. – Tracheid length variation patterns in douglas-fir and selection of extreme variants. *TAPPI*, Atlanta 47(2): 122-8, 1964.

FARR, W.A. – Specific gravit of western hemlock and sitka spruce in southeast Alaska. *Wood science*, Madison, 6(1): 9-13, 1973.

FERREIRA, C.A. & FERREIRA, M. – Estudos preliminares da variação da densidade básica em *Pinus oocarpa*, *P. caribaea*, *P. khasya* e *P. elliottii*. *O solo*, Piracicaba, 61(2): 39-41, 1969.

FOELKEL, C.E.B. – *Unbleached Kraft pulp properties of some of the Brazilian and U.S. Pinus*. Syracuse, 1973. 192p. (Tese-Mestrado-SUNY).

FOREST PRODUCTS LABORATORY – Standard terms for describing wood. *USDA. Forest Service. Forest Products Laboratory research Paper*, Madison, (0171): 1-10, 1973.

- GEARY, T.F. & MACIA SANABRIA, F.R. – Density of the juvenile wood of *Pinus caribaea* var. *hondurensis* grown in subtropical moist and wet life zones of Puerto Rico. *Turrialba*, Turrialba, 23(4): 477-80, 1973.
- GODDARD, R.E. & COLE, D.E. – Variation in wood production of six-year-old progenies of selected slash pines. *TAPPI*, Atlanta, 49(8): 359-62, 1966.
- GUTH, E.B. – Variation in wood characters, both within and between individuals of *Pinus elliottii*. *IDIA*, Buenos Aires, (8): 8-17, 1973/74. Apud: *Forestry abstracts*, Oxford, 37(6), 1976.
- HEGER, L. – Longitudinal variation of specific gravity in stem of spruce, balsam fir, and lodgepole pine. *Canadian journal of forest research*, Ottawa, 4(30): 321-6, 1974.
- HEGER, L. – Relationship between specific gravity and height in the stem of open-and forest-grown balsam fir. *Canadian journal of forest research*, Ottawa, 4(4): 477-81, 1974.
- HORN, R.A. – Morphology of wood pulps fiber from softwood and influence on paper strength. *USDA. Forest Products Laboratory research paper*, Madison, (242): 1-11, 1974.
- HUGHES, H.F. – The wood structure of *Pinus caribaea* Morelet in relation to use characteristics, growth conditions and tree improvement. 1971. In: BURLEY, J. & NIKLES, D.G. *Selection and breeding to improve some tropical conifers*. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1973. p.13-22.
- JACKSON, L.W.E. & STRICKLAND, R.K. – Geographic variation in tracheid length and wood density of loblolly pine. *Research paper Georgia forest research council*, (8): 1-4, 1962. Apud: *Forestry abstracts*, Oxford, 24(4), 1963.
- JOHNSTONE, W.D. – Some variations in specific gravity and moisture content of 100-year-old lodgepole pine trees. *Information report forest research laboratory*, (A-x-29), 1970. Apud: *Forestry abstracts*, Oxford, 32(1), 1971.
- KLEPPE, P.J. – A review: the process of and products from kraft pulping of southern pine. *Forest products journal*, Madison, 20(5): 50-9, 1970.
- KOCH, P. – *Utilization of the southern pines*. Washington, U.S. Department of Agriculture Forest Service, 1972. 734p.
- LEDIG, F.R.; ZOBEL, B.J. & MATHIAS, M.F. – Geoclimatic patterns in specific gravity and tracheid length in wood of pitch pine. *Canadian journal of forest research*, Ottawa, 5(2): 318-29, 1975.
- MAEGLIN, R.R. – Natural variation of tissue proportions and vessel and fiber length in mature northern red oak. *Silvae genetica*, Frankfurt, 25 (3-4): 122-6, 1976.

- MILLER, S.R. – Variation in inherent wood characteristics in slash pine. *CONFERENCE FOREST TREE IMPROVEMENT*, 5, Raleigh, 1959. (97-106). Apud: *Forestry abstracts*, Oxford, 21(3), 1960.
- MITCHELL, H.L & WHEELER, P.R. – Specific gravity a measure of intrinsic wood gravity. *Proceedings Society American Forestry*, (53-), 1959/1960. Apud: *Forestry abstracts*, Oxford, 21(3), 1960.
- NAMKOONG, G.; BAREFOOT, A.C. & HITCHINGS, R.G. – Evaluating control of wood gravity through breeding. *TAPPI*, Atlanta, 52(10): 1935-8, 1969.
- PALMER, E.R. & TABB, C.B. – *Pinus caribaea* Morelet its potencial as pulpwood 1971. In: BURLEY, J. & NIKLES, D.G. *Selection and breeding to improve some tropical conifers*. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1973. p.23-45.
- PALMER, E.R. & GIBBS, J.A. – Pulping characteristics of *Pinus caribaea* from the main growing areas in Finji. 1971. *Tropical Products Institute Report*, London, (27): 1-60, 1972.
- PALMER, E.R. & GIBBS, J.A. – Pulping characteristics of three trees of *Pinus caribaea* with densites grown in Jamaica. *Tropical Products Institute report*, London, (30): 1-24, 1973.
- PANSHIN, A.J. & DE ZEEUW, C. – *Textbook of wood technology*. New York. McGraw-Hill, 1970. 705p.
- PEARSON, R.G. & GILMORE, R.C. – Characterization of the strength of juvenile wood of loblolly pine. (*Pinus taeda*). *Forest Products Journal*, Madison, 21(1): 23-31, 1971.
- PRONIN, D. & LASSEN, L.E. – Evaluating quaking aspen of Wisconsin for a site quality to wood-quality relationship. *USDA. Forest Service. Forest Products Laboratory research paper*, Madison, (141): 1-8, 1970.
- RYDHOLM, S.A. – *Pulping process*. New York, John Wiley, 1965. 1269p.
- SELLERS JR., T. – Factors influencing the wood gravity of plantation-grown slash pine. *Forest Products journal*, Madison, 12(9): 443-6, 1962.
- VAN BUIJTENEN, J.P. – Anatomical factors influencing wood specific gravity of slash pines and the implications for the development of a high-quality pulpwood. *TAPPI*, Atlanta, 47(7): 401-5, 1964.
- VAN BUIJTENEN, J.P. – Controlling wood properties by forest management. *TAPPI*, Atlanta, 52(2): 257-9, 1969.
- WAHLGREN, H.E. & FASSNACHT, D.L. – Estimating the specific gravity from a single increment core. *USDA. Forest Service. Forest Products Laboratory research paper*, Madison, (2146): 1-25, 1959.

- WAHLGREN, H.E. & SCHUMAN, D.R. – Properties of major southern pines. *USDA. Forest Service. Forest Products Laboratory research paper*, Madison, (176): 1-57, 1972.
- WHEELER, E.Y.; ZOBEL, B.J. & WEEKS, D.L. – Tracheid length and diameter variation in the role of loblolly pine. *TAPPI*, Atlanta, S49S(11): 484-90, 1966.
- WORRAL, J. et alii – Properties of some Caribbean pine (kraft) pulps and their relationship to wood specific gravity variables. *Wood fiber*, 8(4): 228-34, 1977. Apud: *Forestry abstracts*, Oxford, 49(3), 1978.
- ZIMMERMANN, M.H. & BROWN, C.L. – *Trees structure and function*. New York, Springer-Verlag, 1974. 336p.
- ZOBEL, B.J. – Inheritance of wood properties in conifers. *Silvae genetica*, Frankfurt, 10(3): 65-96, 1961.
- ZOBEL, B.J. & KELLISON, R.C. – Should be included in a pine tree improvement programme. 1971. In: BURLEY, J. & NIKLES, D.G. – *Selection and breeding to improve some tropical conifers*. Oxford, Commonwealth Forestry Institute, 1973. p.4-12.

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
Prof. Hilton Thadeu Zarate do Couto
Prof. João Walter Simões
Prof. Mário Ferreira

Diretoria do IPEF:

Diretor Científico – Prof. João Walter Simões
Diretor Técnico – Prof. Helládio do Amaral Mello
Diretor Administrativo – Nelson Barbosa Leite

Responsável por Divulgação e Integração – IPEF

José Elidney Pinto Junior