

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

CAMPINAS-SÃO PAULO

BRASIL

*Parecer*

Este exemplar corresponde a redação final de  
tese defendida por Antonio Ludovico Beraldo  
aprovada pela Comissão julgadora em 10 de  
junho de 1987.

Campinas, 10 de junho de 1987

*Maas*  
Presidente da Banca

MÉTODOS COMPUTACIONAIS VISANDO ADAPTAR DADOS

ANATÔMICOS, FÍSICOS E MECÂNICOS DE MADEIRAS

BRASILEIRAS PARA A SUA UTILIZAÇÃO TECNOLÓGICA

Autor: Antonio Ludovico Beraldo

Orientadora: Irenilza Alencar Naas

Tese de Mestrado apresentada à Faculdade de Engenharia  
Agrícola da Universidade Estadual de Campinas

MAIO - 1987  
UNICAMP

## **AGRADECIMENTOS**

**Aos técnicos do CPPF-INPA-MANAUS(AM)**

**Aos técnicos da DIMAD-IPT-SP**

**Aos funcionários da FEAGRI-UNICAMP**

**Aos técnicos do CT-UNICAMP**

**Ao CNPq pelo Auxílio para Custeio**

**A todos que direta ou indiretamente  
contribuíram para que este trabalho  
pudesse ser realizado.**

## OFERECIMENTO

À Maria Amélia, minha esposa.

Aos meus filhos :

Ana Lídia

Ana Luiza

Francisco

## SUMÁRIO

	LISTA DE FIGURAS.....	
	LISTA DE QUADROS.....	
	RESUMO.....	
	SUMMARY.....	
1.	OBJETIVOS DO TRABALHO.....	
2.	INTRODUÇÃO.....	
2.1	A Amazônia.....	
2.2	Comercialização de madeiras amazônicas.....	
2.3	Utilizações da madeira amazônica.....	
2.4	Aspectos gerais da utilização da madeira.....	
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	
3.1	Influências ecológicas nas características da madeira.	
3.2	Elementos constituintes.....	
3.3	Estrutura anatômica das madeiras.....	
3.4	Anatomia da madeira.....	
3.4.1	Secção transversal ou de topo.....	
3.4.2	Identificação de madeiras.....	
3.4.3	Objetivos da identificação de madeiras.....	
3.4.4	Processos de identificação .....	
3.4.5	Denominações comuns de madeiras.....	
3.4.6	Processo de identificação expedita.....	
3.5	Umidade.....	
3.5.1	Ponto de saturação das fibras ao ar.....	
3.5.2	Secagem da madeira.....	
3.5.3	Umidade de equilíbrio da madeira.....	
3.5.4	Medidores de umidade.....	
3.6	Porosidade.....	

3.7	Peso específico.....
3.7.1	Influência do peso específico sobre as características físico mecânicas das madeiras.....
3.7.2	Métodos de determinação do peso específico aparente....
3.8	Deformações na madeira devido à variação de umidade....
3.9	Retratibilidade.....
3.10	Razão entre retração e peso específico.....
3.11	Retração linear.....
3.11.1	Métodos de medida da retração linear.....
3.12	Retração volumétrica.....
3.12.1	Retração parcial.....
3.12.2	Retração total .....
3.12.3	Coefficiente de retratibilidade.....
3.13	Peso específico x resistência.....
3.14	Influência da umidade na compressão paralela às fibras.
3.15	Efeitos simultâneos da umidade e do peso específico na resistência mecânica da madeira.....
3.16	Normas para ensaios com madeiras.....
3.17	Efeito das dimensões dos corpos de prova.....
3.18	Testes não-destrutivos.....
3.19	Ajuste de curvas no estudo de madeiras.....
3.20	Modelos matemáticos.....
4.	MATERIAL E MÉTODOS.....
4.1	Coleta de informações sobre madeiras.....
4.2	Sistema computacional.....
4.2.1	Execução de programas.....
4.2.2	Descrição dos programas.....
4.2.3	Código da madeira.....
4.2.4	Geração de arquivos.....

4.2.5	Descrição dos arquivos principais.....
4.2.6	Descrição dos arquivos secundários.....
4.2.7	Programas de geração e correção de arquivos.....
4.3	Código das madeiras.....
4.4	Coleta das amostras.....
4.5	Ensaio físicos.....
4.5.1	Dados provenientes de outras fontes.....
4.5.2	Variação dimensional em função da umidade.....
4.5.3	Sequência de medições.....
4.5.4	Marcação dos corpos de prova.....
4.5.5	Execução dos ensaios.....
4.5.6	Comparação entre o peso específico verde pelo método Copant e pela medida direta do corpo de prova.....
4.5.7	Cálculos.....
4.6	Geração de arquivos.....
4.6.1	Programa Madestat/bas.....
4.6.2	Arquivo AS.....
4.6.3	Programa Retrax/bas.....
4.7	Compressão paralela em função da umidade.....
4.7.1	Teores de umidade para os ensaios.....
4.7.2	Compressão paralela.....
4.7.3	Curva exponencial.....
4.8	Estudo da compressão paralela às fibras em função da umidade e do peso específico das amostras.....
4.8.1	Obtenção dos dados.....
4.8.2	Modelos matemáticos.....
4.8.3	Coefficientes das retas.....
4.8.4	Programas de regressão múltipla.....
4.9	Ajuste de curvas no estudo da madeira.....

4.10	Ensaaios não-destrutivos.....
4.10.1	Classificadora eletro-mecânica.....
4.10.2	Cálculos.....
4.10.3	Propagador de ondas ("Stress Wave Timer").....
4.10.4	Cálculos.....
4.11	<i>Ensaaios destrutivos</i> .....
4.12	Ensaaios pela Norma Copant.....
4.12.1	Ensaaios realizados.....
4.12.2	Correção nos valores.....
4.12.3	Obtenção da tabela de valores da Norma Copant.....
4.13	Influência simultânea das dimensões dos corpos de prova e da umidade na resistência à compressão paralela.....
4.14	Pesquisa em tabela de características das madeiras.....
4.15	Umidade de equilíbrio da madeira (UEM).....
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....
5.1	Aspectos relacionados à comercialização de madeiras....
5.1.1	Peroba-rosa ( <i>Aspidosperma polyneuron</i> - M.Arg.).....
5.1.2	Candeia ( <i>Moquinea polimorpha</i> D.C.,Comp.).....
5.1.3	Generalizações das espécies.....
5.1.4	Madeiras amazônicas.....
5.2	Nomes de madeiras originárias da Língua Tupi.....
5.3	O uso do computador na identificação anatômica das madeiras e de suas aplicações.....
5.4	Variações climáticas no Estado de São Paulo e umidade de equilíbrio (UEM) em algumas localidades.....
5.5	Características mecânicas das madeiras.....
5.5.1	Modelos obtidos com dados ABNT.....
5.5.1.1	Características mecânicas - ABNT.....

5.5.1.2	Estudo da dependência entre duas solicitações.....
5.5.1.3	Influência do peso específico nas características mecânicas das madeiras.....
5.5.1.4	Estimativa da Resistência mecânica através de valores peso específico a 15% e do MOR.....
5.5.1.5	Discussão.....
5.5.2	Modelos obtidos com dados de acordo com a COPANT.....
5.5.3	Compressão paralela às fibras em função da unidade.....
5.5.4	Resistência à compressão x unidade x peso específico...
5.6	Propriedades físicas das madeiras .....
5.6.1	Características físicas.....
5.6.2	Coefficientes obtidos na regressão.....
5.6.3	Comparação do peso específico verde-COPANT e direto...
5.6.4	Considerações sobre a precisão nos resultados.....
5.7	Ensaio de pequenas amostras isentas de defeitos.....
5.7.1	Resultados obtidos.....
5.7.2	Discussão dos resultados COPANT.....
5.8	Comparação de MOE-flexão por métodos não-destrutivos...
5.8.1	Comparação entre valores teóricos e experimentais.....
5.9	Pesquisa em tabela de características.....
6.	CONCLUSÃO FINAL.....
6.1	Comercialização e denominações de madeiras.....
6.2	Identificação anatômica e aplicações encontradas por terminadas espécies madeireiras.....
6.3	Coleta de corpos de prova para os ensaios.....
6.4	Modelos matemáticos.....
7.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....
8.	APÊNDICES.....



## LISTA DE FIGURAS

FIGURA		Pág
1	Elementos anatômicos da madeira.....	
2	Componentes estruturais da madeira.....	
3	Eixos principais da madeira.....	
4	Elementos anatômicos das folhosas.....	
5	Retrações lineares e volumétricas.....	
6	Inchamentos lineares e volumétricos.....	
7	Correlação entre o peso específico e contrações.....	
8	Medida das deformações lineares.....	
9	Curva de compressão em função da umidade.....	
10	Módulo de elasticidade em função da densidade básica.....	
11	Feixe de retas para o E. citriodora.....	
12	Feixe de retas para o Pinho-do-paraná.....	
13	Flambagem da madeira.....	
14	Fluxograma principal.....	
15	Representação esquemática.....	
16-A	Mogno.....	
16-B	Jatobá.....	
16-C	Copaíba.....	
16-D	Sapucaia.....	
16-E	Jacareúba.....	
16-F	Grevílea.....	
16-G	Jacarandá pardo.....	
16-H	Jacarandá da bahia.....	
16-I	Cumarú.....	
16-J	Pau-rainha.....	

16-L	Guspuruvu.....
16-M	Acapu.....
16-N	Angelim-pedra.....
16-O	Piquiá.....
16-P	Cupiúba.....
17	Esquema das medições por eixo.....
18	Intersecção com o eixo das abscissas.....
19	Tambor ligado.....
20	Tambor desligado a partir do LP.....
21	Classificadora eletromecânica.....
22	Stress Wave Timer.....
23	Pontos experimentais.....
24	Compressão paralela x umidade.....
25	Compressão paralela x umidade.....
26	Feixe de retas para o Cumaru.....
27	Feixe de retas para o Louro-chumbo.....
28	Retração radial X peso específico.....

## LISTA DE QUADROS

QUADRO		Pág
1	Faixas de peso específico para as madeiras.....	
2	Comparação entre contrações volumétricas.....	
3	Influência do local nas características físicas da madeira.	
4	Classificação das madeiras segundo a contração total.....	
5	Classificação da madeira de acordo com a contração.....	
6	Modelos obtidos por FREITAS (1982).....	
7	Modelos obtidos pela SUDAM (1981).....	
8	Modelos obtidos por MARKWARDT (1935).....	
9	Modelos obtidos por HANSEN (1972).....	
10	Relação dos modelos matemáticos testados.....	
11	Características das espécies (Manual).....	
12	Descrição anatômica das espécies (Manual).....	
13	Aplicações de certa espécie (Manual).....	
14	Exemplo de gravação dos registros.....	
15	Relação das espécies estudadas no CPPF- 2x2x30 cm.....	
16	Espécies estudadas no CPPF-INPA : compressão x umidade.....	
17	Relação das espécies de outras fontes.....	
18	Relação das espécies estudadas no INPA.....	
19	Exemplo das medições efetuadas nos corpos de prova.....	
20	Níveis de umidade dos corpos de prova.....	
21	Resultados obtidos para determinada espécie.....	
22	Categorias de regulação da classificadora.....	
23	Relação das madeiras ensaiadas-Norma Copant.....	
24	Correção de valores para 12 % de umidade.....	
25	Variação média nas propriedades de resistência para	

	um aumento ou diminuição de 1 % no teor de umidade.....
26	Denominações regionais de madeiras.....
27	Nomes de madeiras derivadas do Tupi Antigo.....
28	Nomes de madeiras derivadas da Língua Geral.....
29	Resultados obtidos para determinada espécie.....
30	Relação das aplicações possíveis para a espécie.....
31	Relação das espécies que têm certa aplicação.....
32	Exemplo dos modelos ajustados MOE x peso específico 15 %...
33	Teste de significância "F".....
34	Modelos escolhidos e coeficientes de correlação (R).....
35	Correlação entre solicitações mecânicas e a compressão paralela verde ou seca (kgf/cm <sup>2</sup> ).....
36	Correlação entre algumas propriedades mecânicas e a flexão estática (kgf/cm <sup>2</sup> ).....
37	MOR x peso específico-madeiras pesadas.....
38	Resultados obtidos para madeiras pesadas.....
39	Resultados obtidos para madeiras médias.....
40	Resultados obtidos para madeiras leves.....
41	Correlação entre resistência e densidade básica.....
42	Resultados obtidos Copant-Carajás.....
43	Modelos obtidos pelo programa Modelo/Bas.....
44	Modelo obtido pelo programa Curvaip/Bas.....
45	Compressão paralela x umidade-INPA.....
46	Compressão paralela x umidade-CT-UNICAMP.....
47	Resultados obtidos-IPT-ITERS.....
48	Valores de resistência e do CIH.....
49	Coefficientes encontrados para as espécies.....
50	Resultados obtidos para o Cumaru.....
51-A	Modelo : $MOR = A + B \cdot \log h + C \cdot esp + D \cdot esp \cdot \log h$ .....

51-B	Modelo : MOR = A + B.log h + C.esp.log h.....
51-C	Modelo : MOR = A + B.log h + C.esp.....
51-D	Modelo : MOR = A + B.esp + C.esp.log h.....
51-E	Modelo : MOR = B + M.esp.log h.....
52	Resultados obtidos para a madeira Cupiúba.....
53-A	Resultados para as madeiras 1 até 8.....
53-B	Resultados para as madeiras 9 até 16.....
53-C	Resultados para as madeiras 17 até 26.....
53-D	Resultados para as madeiras 27 até 38.....
53-E	Resultados para as madeiras 42 até 49.....
54	Coefficientes obtidos para a Cupiúba.....
55	Características teóricas da Cupiúba.....
56	Comparação entre medida direta e Copant.....
57	Resultados obtidos para a Jacareúba-Copant.....
58	Resultados de compressão paralela e flexão estática.....
59	Resultados de compressão perp., cisalhamento e dureza.....
60-A	Comparação dos valores obtidos para a compressão paralela e flexão estática, com dados de literatura.....
60-B	Comparação dos valores obtidos para compressão perpend. cisalhamento e dureza Janka com dados de literatura.....
61	Modelos obtidos para Stress Wave Timer.....
62	Modelos obtidos para a Classificadora Eletromecânica.....
63	Modelo linear adotado.....
64-A	Relação das espécies testadas na CL.....
64-B	Relação das espécies testadas na SW.....
65-A	Características das espécies (IPT).....
65-B	Características das espécies 175, 71 e 44.....
65-C	Espécies que têm 15 % do valor do MOE da Peroba1.....
65-D	Espécies que possuem solicitação ± 15 %.....

## RESUMO

O objetivo principal do presente trabalho, é de contribuir para um estudo dinâmico das características físicas e mecânicas madeiras brasileiras. Alguns aspectos relacionados com a denominação vulgar das madeiras, além da verificação da penetração atual de espécies amazônicas, na região de Campinas, também foram abordados.

O estudo anatômico das espécies madeiras mereceu consideração a parte, pela informatização do MANUAL DE IDENTIFICAÇÃO, de autoria de MAINIERI et alii.

Para algumas espécies amazônicas estudadas no CPPF-IBR foi verificada a influência da umidade na compressão paralela às fibras; para 14 espécies se estudou a influência simultânea da umidade e do peso específico na mesma solicitação, analisada através de compressão múltipla.

Os dados publicados por Institutos de Pesquisas possibilitaram uma análise das possíveis dependências entre as solicitações principalmente em relação ao peso específico.

Para os dados obtidos pelas normas ABNT e COPANT verificou-se que o modelo alométrico linear ( $Y=A.(X+B)$ ) apresentou o melhor ajuste, para a maioria das solicitações mecânicas, encontrando coeficientes de correlação (R) entre 0,79 e 0,97.

## SUMMARY

The main objective of this work is to contribute for a dynamic study of the physical and mechanical characteristics of Brazilian woods. Some aspects related to the common denominations of woods, and the commercial use of Amazonian species in Campinas gion, also have been attached.

MAINIERI et alii (1983) manual's of the anatomic identification of wood species was programmed for computer use.

For some Amazonian species studied in the CPPF-INPA it verified the influence of the moisture content in parallel compression test of fibers. For fourteen of this species it was verified simultaneous influence of the specific weight and the moisture content in the multiple regression.

Using the data published by various Research Institute was analysed the possible relationships between different solicitations, mainly with the specific weight. The allometric model ( $Y=A.(X^B)$ ), which related the mechanical solicitations with the specific weight, showed the best fit with correlation coefficient between 0,79 and 0,97 for the ABNT and COPANT Standard.

## 1. OBJETIVOS DO TRABALHO

No estudo tecnológico da madeira estão relacionadas as grandes áreas de conhecimento: identificação anatômica, caracterização físico-mecânica, preservação e secagem. Os profissionais envolvidos em pesquisa nessas áreas têm formações diferentes técnicas, ocorrendo porém, uma grande inter-relação entre eles nos laboratórios de pesquisas.

Nos meios acadêmicos, no entanto, torna-se muito difícil estudo completo das características físicas e mecânicas das espécies madeireiras, devido a determinados fatores, tais como: a impossibilidade de se efetuar amostragens de acordo com as recomendações das normas de ensaio, e deficiência de equipamentos apropriados para execução dos ensaios.

O presente trabalho tem por objetivos :

- 1.1 Informatização do Manual de Identificação das Principais Madeiras Comerciais Brasileiras, de autoria de MAINIERI et alii(1)
- 1.2 Caracterização física e mecânica de espécies amazônicas
  - 1.2.1 Deformação dimensional em função da umidade
  - 1.2.2 Compressão paralela às fibras em função da umidade
  - 1.2.3 Compressão paralela às fibras em função da umidade e peso específico .
- 1.3 Obtenção de modelos matemáticos com os dados publicados por Institutos de Pesquisa, para o ajuste de curvas.



## 2 . INTRODUÇÃO

O Brasil, de um modo geral, ainda não figura no cenário mundial como um grande consumidor de madeiras, principalmente para estruturas, sendo a extração madeireira feita de forma inadequada.

### 2.1 A AMAZÔNIA

A Amazônia é a região do mundo, com maior disponibilidade de diversos tipos de madeiras destinadas a um grande número de aplicações, tais como : indústria de papel, produção de lâminas, produção de carvão e álcool, construção em geral, peças decorativas, corantes e resinas.

A exploração de forma predatória, como é efetuada atualmente tem contribuído para que algumas espécies, tais como : Mogno, Candeia e Pau-rosa, comecem a sofrer a ameaça de extinção.

A falta de conhecimentos tecnológicos sobre grande parte das espécies madeireiras da Amazônia, torna-se o principal obstáculo para, por exemplo, se iniciar a construção de casas de madeira de qualidade industrial, onde se pudesse utilizar espécies diferentes, porém com características físico-mecânicas similares.

Em 1971 a Amazônia dispunha da terça parte das reservas madeiras mundiais e apresentava uma taxa de desmatamento ao redor de 300.000 hectares ao ano, de acordo com LOUREIRO et alii (1975).

Podem ser enumerados quatro fatores principais no desmatamento acelerado da floresta amazônica : empreendimentos agropecuários, mineração, usinas hidroelétricas e indústria madeireira.

O efeito do último deles poderia ser minimizado através de um melhor conhecimento tecnológico das diversas espécies amazônicas, pois as espécies mais conhecidas hoje em dia ocorrem em áreas extremamente grandes, o que implica num enorme desperdício.

outras espécies, tecnicamente adequadas para os mais diversos fins.

De acordo com LOUREIRO et alii (1979), a cobertura florestal da Amazônia é estimada em 260 milhões de hectares, sendo que 90% constituídos de matas de terra firme.

Nas matas de terra firme se concentra grande número de espécies madeireiras, de peso específico elevado, as quais têm exploração incipiente, dentre outras : Jatobá, Maçaranduba e Angelim.

Nas matas de várzea ocorrem espécies mais leves, conseqüentemente com maior possibilidade de transporte fluvial, favorecendo o extrativismo, dentre outras : Ucuúba, Andiroba, Jacareúba, Cedrina, Açacu, Quaruba e Quarubarana.

Apesar da grande variabilidade de espécies encontradas, redor de 1700, somente algumas apresentam possibilidades econômicas na atualidade.

## 2.2 ASPECTOS RELATIVOS À COMERCIALIZAÇÃO DE MADEIRAS AMAZÔNICAS

De acordo com BERGER et alii (1980), o Cumaru não vem sendo utilizado no mercado devido à existência de madeiras similares procedem da Bahia, especialmente para uso em coberturas e a pranchas mais baixos. No mercado paulista as espécies: Jatobá, Copaíba, Cumaru, Maçaranduba, Tatajuba, Muiracatiara e Angelim, não têm tradição que torna difícil a comercialização de grandes volumes a curto prazo.

## 2.3 UTILIZAÇÕES DA MADEIRA AMAZÔNICA

Um dos fatores limitantes para o reduzido conhecimento das possibilidades madeireiras da Amazônia é, ainda, a falta de informações tecnológicas comparativas entre as espécies amazônicas, com

deiras de conceito já formado nos centros consumidores.

Essas espécies, com pretensões de concorrer no mercado deireiro, devem ser agrupadas em espécies de características físicas mecânicas similares, como forma de viabilizar a exploração racional da floresta, com o abate daquelas que atingiram a maturidade.

Além de um melhor conhecimento das espécies amazônicas, faz necessária a reposição do material arbóreo, para se evitar o que do passado que, por exemplo, causaram na Amazônia praticamente a extinção do Pau-rosa, segundo PAULA (1983).

Idêntico destino encontrou na mata Atlântica a árvore símbolo do nosso País - o Pau-brasil, dizimada devido ao alto valor econômico encontrado por seus extrativos.

Nos dias de hoje, algumas espécies começam a ser olhadas com preocupação, pelas autoridades governamentais, espécies como o Pau-rosa, que encabeça a lista das mais requeridas pela indústria de móveis finos.

A Castanheira encontra-se protegida por lei, por apresentar maior valor pelos frutos produzidos do que pela madeira em si. Isso não impede, no entanto, que ela passasse a ser comercializada recentemente na região de Campinas.

A extração desenfreada e sem a devida reposição de espécies tais como: Peroba-rosa, Cedro, Imbuia e Pinho-do-paraná, causou, além de uma elevação acentuada nos preços dessas madeiras, a extinção das mesmas na região sul do Brasil.

O Brasil começa a figurar como importador de madeiras, principalmente para suprir o mercado tradicionalmente consumidor de Pau-rosa, segundo FREITAS (1982).

Nota-se hoje que, mesmo não tendo uma flora tão exuberante quanto à Amazônica, não foram feitas na região Sul tentativas f

de se obter madeiras alternativas às anteriores, para uso em construções. Provavelmente dentre o grande número de espécies de eucalipto existentes no Brasil, ocorrerão algumas aptas para construções, dormentes e outros fins.

NIEDERAUER (1982) afirma que a utilização do eucalipto dormente teria consequências transcendentais na poupança de reservas naturais.

AMATTO (1982) afirma ser um desperdício a utilização de postes de concreto, para linhas de sub-transmissão ou distribuição de energia elétrica, dentro de reservas naturais ou exóticas.

Na Amazônia provavelmente ocorrerão muitas espécies com características similares às da Peroba-rosa, devendo caber aos Institutos de Pesquisa e ao Governo Federal, a divulgação dessas espécies alternativas.

Segundo PAULA (1983), os modismos por determinadas espécies como as do gênero Qualea (Quaruba) são fatores primordiais para a ocorrência de um rápido esgotamento, inclusive na Amazônia, devido ao uso intensivo para compensados.

#### 2.4 ASPECTOS GERAIS DA UTILIZAÇÃO DA MADEIRA

De acordo com BAULENAS (1959), madeira é o nome genérico que se dá à substância lenhosa que forma o corpo das árvores, a qual encontra aplicação em trabalhos de carpintaria, ebanisteria, construções civis e outros fins.

Sendo um dos materiais mais utilizados principalmente em construções rurais, tanto na forma natural (roliça ou lavrada), na forma de madeira transformada, a madeira se apresenta como um material renovável e disponível.

Devido à facilidade de emprego é grande a utilização de madeiras em construções rurais, principalmente na forma de mou

ripões, vigamentos e tesouras.

Poder-se-ia dizer, parodiando LAVOISIER, que da madeira se perde e tudo se transforma.

De algumas espécies são utilizadas as cascas em indústria de curtume (Angico, Barbatimão), de outras se utilizam as folhas (Eucalyptus citriodora), ou extrativos para a indústria de perfumaria (Pau-rosa).

Até mesmo as partes que não encontram utilização estrutural ou estética, podem ser transformadas, após o devido processamento em madeiras compensadas e aglomeradas.

Nessas formas secundárias de utilização da madeira, além de se empregar diversas espécies, podem ser contornados dois problemas inerentes às madeiras : deformações dimensionais e preservação. A utilização tradicional da madeira é a de geradora de energia direta, na forma de lenha, ou transformada em carvão e metanol.

A quantidade de resíduos acumulados em serrarias da Amazônia ocupa uma grande área imobilizada, sendo que um sistema de briquetagem, com a conseqüente produção de briquetes com o pó-de-serra, poderia ser desenvolvido para tornar mais rentável economicamente o desdobramento das toras.

De acordo com PEREIRA (1937), pouca atenção tem sido dada às madeiras mais leves, que são abandonadas, quando muitas delas tivessem suas propriedades conhecidas, encontrariam um mercado consumidor imediato.

Dentre as grandes vantagens de emprego de madeira em construções rurais destaca-se a trabalhabilidade, ou seja, a facilidade na utilização do material. De posse de equipamentos rudimentares o agricultor pode encontrar diversas aplicações com madeiras : ripões, vigamentos, estacas, coberturas, tesouras, etc. Devido à falta

conhecimento dos agricultores acerca do emprego adequado das madeiras, ocorrem então comportamentos prejudiciais ao bom desempenho desse nobre material.

Observa-se em construções rudimentares, com madeira rolante a permanência da casca da árvore, que é o principal local de postura de ovos de insetos, e principalmente madeiras com teor de umidade incompatível com o ambiente.

A preservação de madeiras, quando muito, se resume à pintura superficial com óleo-queimado, sendo que, por não ser aplicado regularmente, a penetração do líquido é extremamente deficiente.

Combinando-se esses fatores negativos, aliados à falta de tradição da população rural brasileira em utilizar madeiras em construções, torna-se muito reduzido o número de habitações de madeira. FREITAS (1982) afirma; inclusive, que a madeira não é considerada como um material de construção no interior de São Paulo.

Observa-se que nas habitações mais simples, o uso de madeiras tais como, Jacareúba, encontra grande emprego em cidades do interior da Amazônia, tais como, Manacapuru (AM).

Nesse tipo de construção tão comum entre a população de baixo poder aquisitivo, apesar da disponibilidade de técnicas razoáveis de construção com madeira, existem outros problemas, decorrentes da falta de higiene nas habitações e do uso da cobertura com fibrocimento, inadequada para a região amazônica.

No estudo das madeiras devem ser levados em consideração grande série de fatores, desde aspectos ecológicos até aqueles relacionados com a coleta e dimensão das amostras.

#### 3.1 INFLUÊNCIAS ECOLÓGICAS NAS CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA

Dentre os materiais de construção, a madeira é um dos únicos nos quais o homem não pode interferir, tanto na composição de elementos primordiais, como na disposição anatômica dos mesmos.

Se um aço de construção tem sua resistência modificada por aumento no teor de carbono; um concreto tem melhorada suas propriedades de resistência através de uma dosagem adequada, a madeira, sua vez, mostra uma grande variabilidade perante as solicitações sico-mecânicas, por se tratar de um material biológico.

NAAS (1978) afirma que a madeira pode ser considerada um material ortótropo, ou seja, um material com três planos de elasticidade mutuamente ortogonais.

O cálculo de estruturas de madeira é feito através de adaptações e correções nos processos válidos para material homogêneo isotrópico.

VAN DER SLOOTEN et alii (1976) apontam diversos fatores responsáveis pela variabilidade da madeira : a espécie em estudo, o local de extração da árvore, a posição que a amostra ocupava na árvore e o número de espécies ensaiadas.

STOJANOFF (1958), citado por BRASIL e FERREIRA (1971), acrescenta que há variação no peso específico de uma espécie, com relação à posição geográfica do local de crescimento.

No Brasil, foram introduzidas mais de 100 espécies distintas, do gênero *Eucalyptus*, as quais apresentam, segundo FRI (1982), um desenvolvimento muito mais rápido do que na Austrália seu país de origem.

CAMPOS (1982) afirma que os incrementos anuais, em metros cúbicos de madeira de Eucalipto por hectare por ano, chegam a quatro vezes maiores que os incrementos anuais obtidos na Austrália.

Segundo CONSOLMAGNO e BURKE (1967), o Kiri - árvore tradicional do Japão, demora cerca de 20 anos para alcançar seu desenvolvimento total, ao passo que, no Brasil, por encontrar condições ambientais de luminosidade e umidade, aos 6 anos as árvores podem ser abatidas.

Provavelmente, a compactação entre os tecidos lenhosos das espécies exóticas, em seus países de origem e no Brasil, não deve ser a mesma.

Por outro lado, PAULA (1983) afirma que o crescimento acelerado de uma espécie, se por um lado é condição interessante para a indústria de celulose, por outro lado é um fator negativo, quando se pensa utilizar a madeira para fins estruturais e energéticos.

Para essas aplicações importantes é mais interessante o aumento de biomassa ao invés de volume.

Segundo alguns autores, para algumas espécies o peso específico é função inversa da taxa de crescimento e da fertilidade do solo. Para outras espécies, no entanto, existe uma proporcionalidade direta entre o crescimento e o peso específico.

De acordo com PEREIRA (1937), o peso específico é variável para uma mesma espécie vegetal dentro de limites estreitos. O teor de fertilidade do solo, e seu teor de umidade beneficiam a árvore e seu crescimento, conferindo aos elementos celulares maior volume e



espessura das paredes.

A disposição anatômica dos tecidos lenhosos entre duas espécies que se desenvolveram em condições opostas, em termos de compactação do solo e de disponibilidade de água, provavelmente será diferente.

Em outros termos, para a mesma quantidade de anéis de crescimento, a que tiver menor diâmetro, provavelmente, será mais densa.

De acordo com EAMES e MAC DANIELS (1947), a largura dos anéis de crescimento é afetada por súbitas mudanças nas condições de desenvolvimento das árvores, sendo que os anéis de crescimento representam um registro de algumas fases no crescimento das árvores.

Para as espécies tropicais, no entanto, torna-se muito difícil a distinção entre os chamados anéis de crescimento, principalmente na Amazônia, onde não há uma diferença clara entre estações chuvosas ou não.

Ocorrem, portanto, indefinições entre os anéis de crescimento nas espécies brasileiras, exatamente o contrário do que ocorre nas espécies dos países de climas temperados.

ESAU (1961) afirma que as quantidades relativas do lenho de primavera e estival são influenciadas pelas condições ambientais por diferenças específicas, tais como, por exemplo, lenho de reação.

As condições adversas de crescimento podem aumentar a proporção relativa de lenho estival em um pinheiro, podendo diminuir em um carvalho.

### 3.2 ELEMENTOS CONSTITUINTES

Quando se efetua um corte transversal do tronco de uma árvore, podem ser observados seus elementos constituintes, tais como apresentados na FIG. 1.

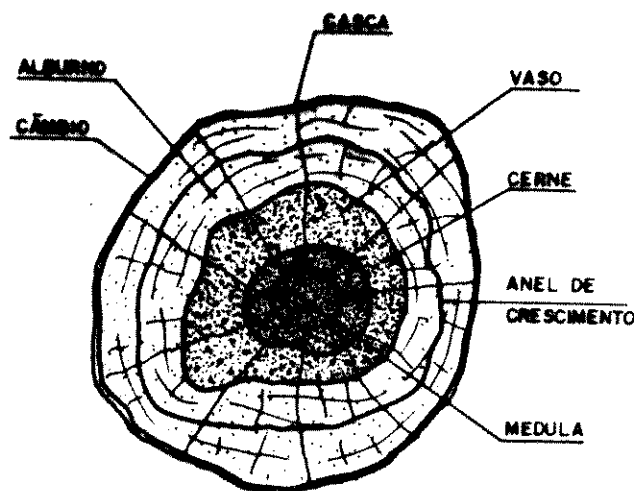


FIG. 1 Elementos anômicos da madeira .

A parte da madeira situada próxima ao centro constitui o cerne (duramen, corazón, heartwood), a madeira melhor; a que se encontra entre o cerne e a casca denomina-se alburno (albura, falsa madeira, sapwood). Em algumas espécies, devido às características anômicas, o cerne e o alburno são indistintos.

BAULENAS(1978) afirma que o alburno tem pouca resistência biológica e a seiva que ele contém, por ser formada de substâncias açucaradas, possibilita o ataque de fungos e insetos.

A retirada total do alburno, no entanto, não é uma prática recomendável, pois além de ocorrer uma acentuada perda de material lenhoso, elimina-se com ele a região da madeira que, por sua porosidade, é a parte que recebe tratamento preservativo.

De acordo com PETRUCCI(1978), o cerne da maioria das espécies

ras não recebe produtos químicos, porque contém grande concentração de extrativos. A deposição desses extrativos nos vazios da madeira produz um aglomerante natural denominado oleo-resina.

SILVESTER (1967) afirma que a substância complexa denominada lignina, ainda não de toda quimicamente conhecida, tem as funções providenciar a resistência à compressão e enrijecimento das paredes celulares, aglutinando os tecidos lenhosos.

FREITAS (1982) afirma que a combinação da celulose com lignina, que apresentam elevadas resistências a, respectivamente tração e compressão, possibilita uma resistência à tração, em relação ao peso, mais alta do que alguns tipos de aço.

Segundo ESAU (1961), a formação do cerne envolve a remoção de material de reserva ou a sua conversão em substâncias de reserva com a morte eventual dos protoplastos dos elementos parenquimáticos do lenho.

De acordo com CHIMELO (1986), em algumas Angiospermas pode ocorrer a formação de tilas nos vasos, obstruindo total ou parcialmente o lúmen dos mesmos e propiciando uma permeabilidade muito baixa às soluções preservativas.

Em algumas espécies, as substâncias contidas no cerne são responsáveis pelas seguintes características: cor, odor e resistência natural às intempéries e aos xilófagos (durabilidade).

A resistência natural é uma propriedade muito importante principalmente em construções de madeiras expostas ao tempo, como: mourões, ripões, carrocerias e estruturas de implementos agrícolas. Nessas utilizações de madeira, quando a mesma não é preservada, nota-se após alguns anos uma coloração acinzentada, típica de madeira em processo de envelhecimento.

Algumas espécies aparentemente envelhecidas, no entanto,

tais como : Cabreúva, Aroeira e Candeia, se forem raspadas superficialmente, provavelmente irão apresentar tecidos de cores vivas, notando o perfeito estado em que se encontram. A resistência natural é uma característica intrínseca às espécies, dependendo basicamente da quantidade e do tipo de extrativos contidos.

A medula - região inicial de crescimento das árvores, com o tempo, parece com o defeito, constituindo-se posteriormente num defeito que em árvores abatidas, principalmente nas mais antigas, necessita de maiores cuidados quando se efetua o desdobramento da tora.

O câmbio (mudança) tem a propriedade de formar por um lado a madeira e, por outro lado, a capa interior do sistema cortical chamada liber, de modo que unicamente nessa região vital, segundo BAULENAS (1959) , a árvore aumenta de diâmetro.

GALANTE (1953) afirma que as células que se afastam evoluem lentamente e vão se diferenciando, transformando-se umas em vasos e outras em fibras, completando a formação anatômica do tronco a fim de que este cumpra sua função de sustentação e alimentação.

De acordo com MITTAK (1974), por terem os raios lenhosos dupla missão de conduzir a seiva e armazenar substâncias de reserva, seu desenvolvimento é muito intenso e paralelo à formação do lenho, ocasionando o aparecimento de superfícies de menor resistência.

Essas regiões de falhas ou de menor aderência nas madeiras facilitam a formação de rachas, e são também responsáveis pela baixa resistência à tração na direção perpendicular às fibras, além de facilitar o aparecimento de fendas durante a secagem.

Para SILVESTER (1967), quando se consideram as propriedades mecânicas de um material, deve-se ter um conhecimento elementar de sua estrutura e composição.

A madeira é um material complexo e é usualmente mais visível

joso fazer-se um estudo geral das características de desenvolvimento das árvores, para se entender as razões para certos fenômenos, que estudar o arranjo molecular da estrutura do material em mais detalhes.

### 3.3 ESTRUTURA ANATOMICA DAS MADEIRAS

Ao se estudar a estrutura das madeiras é necessário diferenciar-se entre a estrutura de madeiras resinosas e folhosas, justificando certas diferenças que se tornam evidentes quando se discutem fatores que afetam a resistência.

No Brasil ocorrem apenas duas espécies nativas de resinosas (coníferas) : Pinho-do-paraná e Pinheirinho-bravo, sendo que a primeira delas é intensamente usada para os mais diversos fins.

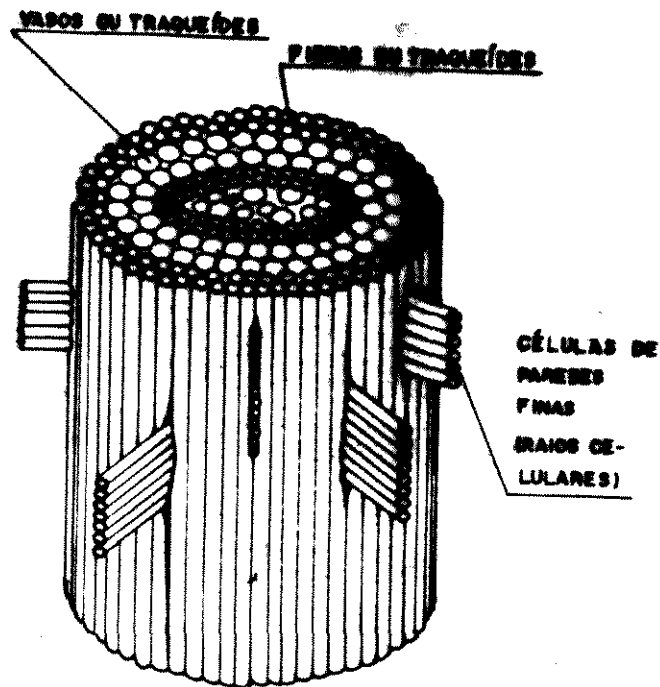
Atualmente existem no País espécies exóticas de coníferas do gênero *Pinus*, pertencente às seguintes espécies: *elliottii*, *durensis*, *bahamensis* e *caribea*, com as variedades *taeda* e *occidentalis*.

A cor clara da madeira, realçada pelos nós mais escuros, se mostrando uma excelente alternativa para a indústria de móveis pesados, ao passo que, devido ao grande comprimento das fibras, a madeira de *Pinus* spp é de grande importância na fabricação de papel de alta qualidade.

As folhosas são compostas de células relativamente pequenas chamadas fibras, e outras muito maiores, chamadas vasos, orientadas na direção do eixo principal da madeira.

A principal função dos vasos é permitir a condução da seiva e o das fibras é de fornecer resistência estrutural.

De um modo geral, em termos descritivos, pode-se dizer que as resinosas e as folhosas são muito similares em seus principais componentes estruturais (FIG. 2).



FONTE : SILVESTER (1967)

FIG.2 Componentes estruturais da madeira.

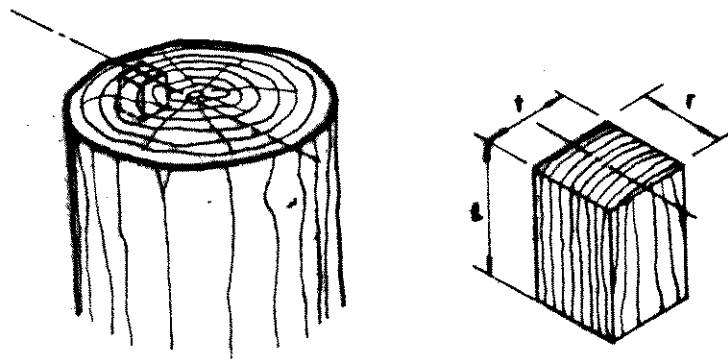
As coníferas, de um modo geral, são inferiores, em termos de resistência, às folhosas, porém, algumas espécies tais como : Pinus de-Riga, "Douglas-Fir", "Southern Pine" e "Spruce" apresentam um comportamento mecânico similar a diversas espécies de folhosas consideradas resistentes.

### 3.4 ANATOMIA DA MADEIRA

Por anatomia da madeira, de acordo com CHIMELO (1986), tende-se o ramo da ciência botânica que procura conhecer o arranjo estrutural dos diversos elementos constituintes do lenho.

#### 3.4.1 SECCÃO TRANSVERSAL OU DE TOPO

Quando se efetua o corte perpendicular em relação ao eixo de um tronco, podem ser observadas três faces nas quais ocorrem comportamentos diferenciados em relação às solicitações físicas e mecânicas (FIG 3).



FONTE : SILVESTER (1967)

FIG. 3 Eixos principais da madeira.

#### 3.4.2 IDENTIFICAÇÃO DE MADEIRAS

De acordo com PEREIRA (1933), o método de identificação taxonômica, na prática corrente de extração madeireira, torna-se ineficaz; a coleta e o preparo do material botânico necessário ao exame dos especialistas, exigem certos procedimentos que não podem ser exigidos dos trabalhadores, geralmente de grau de instrução insuficiente. Por outro lado, o referido autor propõe a identificação pela microestrutura, operando sobre uma amostra do próprio lenho independentemente de qualquer outra característica da tora, constituindo este o método de identificação para o comércio e a indústria.

### 3.4.3 OBJETIVOS DA IDENTIFICAÇÃO DE MADEIRAS

De acordo com CHIMELO E ALFONSO (1985), os objetivos principais para a correta identificação das madeiras são:

- a) Identificar corretamente a espécie dentro do Reino Vegetal, através do estudo comparativo da estrutura anatômica do lenho;
- b) Constituir uma base para quaisquer estudos tecnológicos com madeiras, auxiliando na interpretação dos mesmos;
- c) Assegurar a comercialização das madeiras, tanto no comércio interno como internacional, evitando-se a substituição da madeira espécies não-indicadas, enganos e mesmo fraudes.

### 3.4.4 PROCESSOS DE IDENTIFICAÇÃO

Os processos de identificação de madeiras se dividem em

- a) Processo macroscópico - Para fins comerciais, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas adota o método simplificado, pela observação direta do material lenhoso, com o auxílio de uma lupa de foco (conta-fios) que tem a capacidade de ampliar dez vezes a amostra
- b) Processo microscópico - São efetuados cortes dos três principais das amostras através de micrótomo, necessitando algumas amostras de um preparo inicial, por exemplo, um cozimento. Posteriormente, após a coloração das amostras apropriadas, podem ser observados os tecidos constituintes, e até mesmo a quantidade e mensuração de alguns elementos.



### 3.4.5 DENOMINAÇÕES COMUNS DAS MADEIRAS

#### 3.4.5.1 COMERCIAL OU VULGAR

De acordo com PEREIRA (1933), a denominação vulgar é mente arbitrária, apenas se apoiando na aparência de alguns elementos do vegetal, tais como: configuração da casca e das folhas, modo apresentado pelas fibras, cor, cheiro, e sabor do lenho. Há ainda repetições de um mesmo nome para diversas espécies pertencentes a diversos gêneros.

#### 3.4.5.2 INDÍGENA

Os indígenas associaram o nome de determinadas árvores às suas propriedades específicas, tais como cor e sabor.

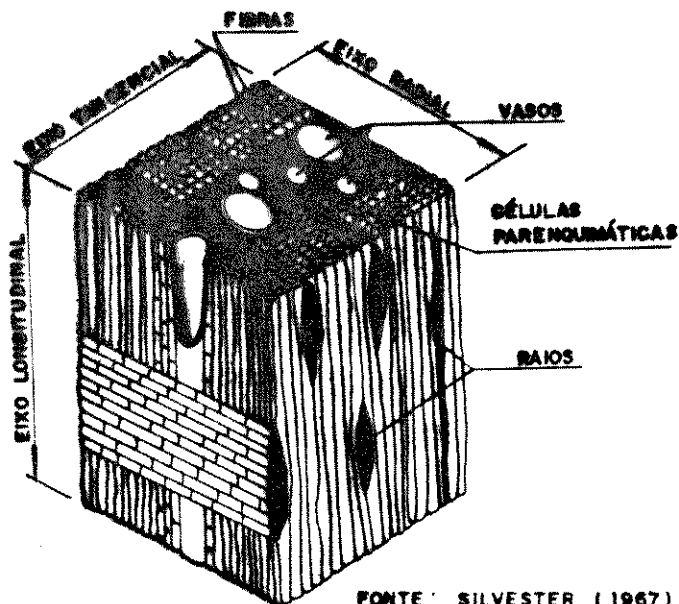
PETRUCCI (1978) apresenta o significado dos nomes paroba, Araçá, Bicuíba e Guarantã. Os nomes significam, respectivamente, casca amarga, a que tem olhos, casca-pó e madeira-dura-sonca.

#### 3.4.6 PROCESSO DE IDENTIFICAÇÃO EXPEDITA

A identificação de madeiras nacionais constitui um aspecto de real importância, principalmente em nosso meio, onde é ainda incompleta a literatura especializada nesse assunto. Devido à ocorrência de grande variedade de espécies arbóreas no Brasil, torna-se extrema importância a identificação das espécies de forma sistemática. Um grande número dessas espécies que são praticamente desconhecidas nos Estados do Sul, é procedente de região Amazônica, uma denominação puramente regional. O IPT adotou em seu procedimento convencional de identificação de madeiras, métodos científicos que visam uma classificação expedita, porém sem perda de qualidade dos resultados obtidos.

### 3.4.6.1 OBSERVAÇÃO MACROSCÓPICAS DAS AMOSTRAS

As amostras a serem identificadas devem ser cortadas transversalmente com uma lâmina afiada, devido à possibilidade de se gerar a obstrução dos poros durante o ato de serrar a amostra, o que poderá provocar uma diminuição na nitidez da região a ser observada. Para se obter regiões bem nítidas, para fins de observação ou produção de fotografias, as amostras devem ser cortadas, utilizando micrótomo, e polidas em pedra de amolar. Dentre as regiões observadas nas amostras, destaca-se o parênquima, que, de acordo com CHILLO e ALFONSO (1985), é constituído por células curtas de paredes finas, geralmente mais claras que a parte fibrosa do lenho. Constitui um tecido de reserva de diversas substâncias, algumas das quais de funções desconhecidas, podendo ser considerado quase que a "impressão digital" de cada madeira (FIG 4).



FONTE: SILVESTER (1967)

FIG.4 Elementos anatómicos das folhosas.

Os parênquimas observados na secção transversal das madeiras dividem-se, de acordo com os autores citados, em : paratracheal e apotraqueal. As denominações são relativas à associação ou não, dos parênquimas com os vasos (poros).

### 3.4.6.2 CHAVE DE IDENTIFICAÇÃO

No IPT existem cerca de 18000 amostras de madeiras, percentes a 3000 espécies, 600 gêneros e 120 famílias. Porém, poucas delas tem no momento aceitação comercial, sendo que MAINIERI et (1983) apresentaram o estudo anatômico de 268 espécies madeiras comercializáveis. A identificação de madeiras utilizando-se a chave dicotômica leva em conta que, após percorrer uma série de caminhos lógicos distintos, obtém-se determinada madeira.

Essa madeira, se fizer parte das 268 espécies citadas acima, dependendo da perícia do examinador, poderá ou não ser obtida final das respostas às solicitações.

#### 3.4.6.2.1 DESCRIÇÃO DA CHAVE DE IDENTIFICAÇÃO

Os mesmos autores utilizaram, a chave de identificação posta de itens sequenciais, cada um com duas opções, denominadas a e b, excludentes. Cada item, quando não for terminal, subdividirá-se em outros dois itens, também excludentes, conforme pode ser visto no esquema abaixo.

#### 3.4.6.2.2 ESQUEMA DE UTILIZAÇÃO DA CHAVE DE IDENTIFICAÇÃO

- 1.a Estrutura estratificada .....2
- 1.b Estrutura não-estratificada.....3
  
- 3.a Poros predominantemente solitários,  
cerne amarelo.....GUATAMBU, PITI  
(Aspidosperma\_camporum)
- 3.b Poros solitários e múltiplos.....4

### 3.5 UMIDADE

A madeira verde contém uma quantidade considerável de água, parte mantida nas paredes celulares e parte nas cavidades celulares como água livre (gravitacional).

De acordo com IWAKIRI (1982), quando a madeira é submetida à secagem, a maior parte da água livre é evaporada antes que as paredes celulares percam a umidade.

Para SILVA (1975), a água de impregnação, retida pelas paredes celulares, começa a evaporar-se um pouco antes da madeira perder completamente sua água livre, contida nas cavidades celulares.

O teor de umidade da madeira, para árvores recém-cortada, é muito variável e, segundo diversos pesquisadores, situa-se na faixa de 30% a 200% (base seca), dependendo do peso específico, das características anatômicas da espécie e da época do ano.

PETRUCCI (1978) afirma que nos meses sem "r" (inverno), no Brasil, ocorre uma diminuição no metabolismo das árvores, com redução da produção de seiva e diminuição na umidade da árvore.

As madeiras assim obtidas apresentam a tendência de maior durabilidade por conterem menor quantidade de água, podendo sofrer por uma secagem menos problemática. De acordo com BROWN (1975), a água de adesão influencia muitas propriedades físico-mecânicas da madeira, ao passo que a água livre não tem efeito importante, com exceção do fenômeno denominado colapso.

Para GALANTE (1953), a umidade que possuem as madeiras depende de vários fatores, tais como :

- 1º) as madeiras duras por sua própria natureza, de formação compacta e de poros pequenos, são menos higroscópicas que as brandas e, portanto, mais estáveis.
- 2º) No alburno a umidade é maior que no cerne.

- 3º) As condições ecológicas têm papel importante no teor de umidade.
- 4º) A época do abate também influi, sendo que espécies abatidas na primavera apresentam 10% a mais de umidade que as abatidas no inverno.
- 5º) A umidade da madeira recém-abatida varia de 20 a 60 % (bs).

BROWN (1974) afirma que a diferença de umidade da madeira verde entre o cerne e o alburno é usualmente menor nas madeiras duras; no alburno ocorre variação de 33% a 60% de umidade e no cerne de 25% a 33%.

SILVA (1974) afirma que árvores que se desenvolveram em locais muito úmidos possuirão maior teor de umidade que aquelas cujo desenvolvimento foi efetuado em locais secos, apesar de que as espécies porosas possam apresentar umidade elevada, mesmo em locais secos.

Para MITTAK (1974), a umidade da madeira depende de todas as suas propriedades: maior ou menor aptidão para a execução de projetos; poder calorífico; geração de gás; rendimento e qualidade da celulose e resistência ao ataque de fungos.

### 3.5.1 PONTO DE SATURAÇÃO DAS FIBRAS AO AR

A condição existente para que toda água livre seja removida enquanto que as paredes celulares estão saturadas, é conhecida como ponto de saturação ao ar (PSA) ou ponto de saturação das fibras (PSF). O PSA varia, segundo diversos autores, de 20 a 35%, dependendo da espécie e de suas características.

OLIVEIRA (1981) afirma que madeiras com maior quantidade de extrativos possuem menores valores de PSA. Variações de umidade abaixo do PSA melhoram as características das madeiras, segundo diversos autores, sendo que apenas a resistência ao choque e o cisalhamento são afetados.

mento podem sofrer uma pequena redução com a secagem.

TRENDELENBURG (1931), citado por KOLLMANN e CÔTÉ JR (19) mostra que o PSA varia com a estrutura anatômica e a composição química da madeira.

De acordo com BAULENAS (1959), a madeira seca ao ar adq em termos gerais, uma resistência que é quase o dobro daquela da deira verde. Para NEUBAUER e WALKER (1961), enquanto a resistê normalmente aumenta com a secagem, por outro lado, aparecem poss lidades maiores da ocorrência de defeitos, os quais propiciarão diminuição na resistência final.

Para SILVA (1975), a influência da umidade ainda não foi apreciada e parece que a resiliência independe dela, visto que, sar do aumento da umidade implicar numa diminuição da resistên por outro lado propicia uma maior capacidade de deformação.

Para HANSEN (1972), a tenacidade (choque dinâmico) ou re tência ao impacto decrescem para a madeira seca devido à incapac de da mesma em curvar-se tanto quanto a madeira verde.

SILVESTER (1967) afirma que a redução da resistência ao que pode ser relacionada com o fato da água contida nas cavid celulares, bem como a umidade existente nos tecidos da made exercerem um efeito protetor.

Quando a água for removida, a capacidade de absorçãc energia pela madeira reduz-se também.

Na prática rural mais comum, esse comportamento da mac pode ser observado em dias de vacinação do gado.

Os animais são "travados" através de varas recém-cort (verdes), uma vez que um caibro seco e resistente estáticamente, não ter a mesma capacidade de deformação, seria rompido facilis pelo impacto do corpo dos animais.

### 3.5.2 SECAGEM DA MADEIRA

VITAL e COLLON (1974) afirmam que a secagem contribui para aumento do número de espécies que podem ser utilizadas para diferentes finalidades, para o aumento do uso da madeira em competição com outros materiais de construção, além de garantir uma melhor qualidade de material para o consumidor.

OLIVEIRA (1981) afirma que, mais importante do que secar madeira para diminuir o peso transportado, é secá-la para que o teor de umidade seja compatível com o do meio no qual será empregada.

### 3.5.3 UMIDADE DE EQUILÍBRIO DA MADEIRA

BROWN (1974) define a umidade de equilíbrio da madeira (UEM) como o conteúdo de umidade que uma peça de madeira irá assumir quando colocada numa dada pressão de vapor ou umidade relativa a uma dada temperatura.

Para MITTAK (1974), a umidade relativa do ar exerce uma influência do que a temperatura do ar na UEM.

GALVÃO (1975) afirma ser possível a estimativa da UEM sob diferentes condições ambientais, quando se dispõe de dados de umidade relativa e temperatura da região.

SKAAR (1972) acrescenta ainda que na UEM exercem influência: a espécie da madeira, a quantidade e o tipo de extrativos, a forma de exposição, tensões mecânicas e radiação.

Para regiões temperadas não ocorre muita variação na UEM para diversas espécies, com exceção daquelas que contenham elevado teor de extrativos, nas quais a UEM tende a ser menor.

SIMPSON (1971), citado por GALVÃO (1975), propõe a seguinte equação para estimar a umidade de equilíbrio da madeira (UEM):

$$UEM = \frac{K1.K2.H}{1+K1.K2.H} + \frac{K2.H}{1-K2.H} \cdot \frac{1800}{W} \quad (1), \text{onde:}$$

$$K1 = 3,73 + 0,03642T - 0,000154T^2 \quad (2)$$

$$K2 = 0,6740 + 0,001053T - 0,000001714T^2 \quad (3)$$

$$W = 216,9 + 0,0196 T + 0,005720T^2 \quad (4), \text{ sendo}$$

T = Temperatura em °F

H = Umidade relativa (%)

### 3.5.4 MEDIDORES DE UMIDADE

As normas de ensaio recomendam teores de umidade próximos 12% (ASTM-COPANT) ou 15% (AFNOR-ABNT) para o estudo de resistência mecânica das madeiras secas ao ar.

Para amostras a serem ensaiadas, os técnicos necessitam verificar quais madeiras se encontram com teores de umidade próximos aos propostos pelas normas.

Essa operação, por envolver grande número de amostras e se tratar de um diagnóstico do teor de umidade, é feita com aparelhos de leitura direta - os medidores de umidade.

Segundo KOLLMANN e CÔTÉ JR (1968), se a umidade da madeira inferior ao PSA ocorre uma linearidade entre logaritmo da resistência elétrica e o conteúdo de umidade.

A maioria dos aparelhos opera com razoável confiança na faixa de 7% a 25% de umidade.

Para SILVESTER (1967), a faixa recomendável é de 7% a 15% e a calibração varia com a espécie, dispondo alguns aparelhos de curvas específicas para cada espécie.



BROWN (1974) cita como fatores de influência nos resultados a espécie, peso específico, distribuição de umidade, espessura material, temperatura, acabamento, direção das fibras, umidade relativa, número de medidas realizadas e fatores operacionais subjuntos.

No Laboratório do Centro de Pesquisa de Produtos Florestais (CPPF), pertencente ao INPA, são efetuados ensaios pela norma PANT, onde se estabelece como de 12% a categoria de madeira "seca".

Na câmara de aclimação ficam depositadas grande número amostras para ensaios, muitos dos quais realizados em vigas de timbre estrutural.

Torna-se, então, extremamente necessário a utilização de aparelhos de leitura direta, para uma perfeita racionalização dos estudos tecnológicos da madeira.

### 3.6 POROSIDADE (PO)

A estrutura da madeira é essencialmente porosa; a maior quantidade de água que a madeira pode conter depende do seu volume de vazios, isto é, do espaço não ocupado pela substância lenhosa:

$$PO = (1 - (PA/PR)) \cdot 100 \% \quad (5) \quad , \quad \text{onde}$$

PA = Peso específico aparente a 0 %

PR = Peso específico real (1,54 g/cm<sup>3</sup>)

HELLMEISTER (1982) propõe a expressão :

$$PO = (1 - (PA/1,53)) \cdot 100\% \quad (6)$$

por ter encontrado o valor 1,53 g/cm<sup>3</sup> para o peso específico de corpos de prova de Pinho-do-paraná, após o processo de superaquecimento.

Essa característica é muito importante para se estimar o tempo necessário para a saturação da madeira, para testes de madeiras verdes, e também serve como um indicador aproximado para as possibilidades da madeira em sofrer tratamento preservativo.

PEREIRA (1937) afirma que a aplicação de tratamentos preservativos contra o apodrecimento, e outros tratamentos de proteção contra o fogo, exigem um mínimo de permeabilidade das madeiras, propriedade que se encontrará em maior escala nos lenhos de poros grandes, raios largos e células parenquimáticas e fibras com as cavidades.

### 3.7 PESO ESPECÍFICO

A razão entre o peso de uma amostra de madeira e o volume por ela ocupado, na mesma condição de umidade, é denominada peso específico aparente.

Segundo RIOLLOT (1972), para uma mesma espécie o peso específico pode variar de acordo com :

- a) procedência : montanha, plano, floresta ou árvore isolada
- b) Setor da árvore : cerne, alburno ou galho

O peso específico real da matéria fibrosa e celulósica, excluindo os vazios, é de 1,54 g/cm<sup>3</sup>, segundo diversos autores, para todas as espécies.

TRENDELENBURG (1931), citado por KOLMANN e CÔTÉ JR (1958) propõe um valor aproximado de 1,50 g/cm<sup>3</sup>.

O que torna as madeiras diferentes, em termos de peso específico, é a quantidade de fibras por unidade de área.

De acordo com PEREIRA (1937), a compactidade do tecido fibroso, a pequena quantidade de poros ou vasos, a quase ausência de

rênquima e uma forte lenhificação das paredes celulares, são características das madeiras pesadas. Por outro lado, um tecido parenquimático abundante, poros numerosos ou de grande diâmetro, pequena porcentagem de fibras e estas com grandes cavidades, indicam baixo peso específico (QUADRO 1).

QUADRO 1- Faixas de peso específico para as madeiras .

Muito Leves (ML)	$PE \leq 0,50$
Leves (L)	$0,50 < PE \leq 0,65$
Semipesadas (SP)	$0,65 < PE \leq 0,80$
Pesadas (P)	$0,80 < PE \leq 1$
Muito pesadas (MP)	$PE > 1$

Fonte : PETRUCCI (1978)

Segundo IWAKIRI (1982), os poros e as cavidades, que variam em número e dimensões, podem modificar o valor do peso específico aparente, pela possibilidade de estarem preenchidas por ar, água, seiva e resina.

De acordo com HANSEN (1972) todas as madeiras teriam o mesmo peso específico, se não fossem a acomodação, a dimensão e as diferentes espessuras das paredes das células.

RIOLLOT (1972) afirma que o peso específico pode ser determinado para madeiras com as seguintes condições de umidade :

- a) Seca ao ar
- b) Anidra
- c) Secas em teores propostos por normas

O IPT utiliza o peso específico a 15% de umidade , ao passo que, outros laboratórios nacionais que seguem a Norma COPANT, utilizam

zam o peso específico a 12% . Duas outras formas de expressar o específico também são utilizadas :

- a) madeira verde ou saturada
- b) densidade básica -(DB)

A primeira delas é de grande importância para se prever os de transportes, e a segunda, para se prever o rendimento de lulose por volume verde.

As espécies com maior densidade básica (DB) , por produzir mais energia em forma de calor, são as mais indicadas para a produção de energia, além de apresentarem resistência mecânica mais elevada.

IHNE (1940) afirma que, para as madeiras, por terem volumes variáveis com o teor de umidade, é necessário referir-se a teores de umidade foram feitas as medidas do peso específico.

Segundo IWAKIRI (1982), o peso específico depende do solo, do clima, da posição da árvore na floresta, e mesmo da região da qual de onde foi retirada a amostra.

### 3.7.1 INFLUÊNCIAS DO PESO ESPECÍFICO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS FÍSICO - MECÂNICAS DAS MADEIRAS

Para madeiras de grã direita e isenta de defeitos, ou sem a influência de fatores negativos, o peso específico é um elemento indicativo da qualidade da madeira para fins estruturais.

Para MITTAK (1974) as madeiras do cerne e do alburno resistências mecânica equivalentes, quando relacionadas com seus pesos específicos aparentes (cota de qualidade).

Para outros autores, no entanto, nem sempre o peso específico é um indicador seguro da resistência da madeira, uma vez que conjunto de ações, tais como : desenvolvimento anormal; características anormais como lenho de reação; presença de grande quantidade de resina, implicam em elevação de peso específico, porém não implicam em aumento da resistência.

CHIMELO (1986) afirma que, dentre madeiras que tenha mesmo peso específico, serão mais frágeis aquelas que apresentem maior proporção de parênquima radial (raios).

Para NIEDERAUER (1982), o peso específico, juntamente com a dureza, dizem bem da distribuição das fibras, caracterizando a presença pela resistência aos efeitos mecânicos, podendo ser utilizada esta propriedade para efeito comparativo.

De acordo com CHIMELO (1986), o peso específico é tão importante no acabamento de peças de madeira, pois as madeiras de baixo peso específico apresentam, após serradas, superfícies lisas, ao passo que, as de peso específico elevado implicam em elevado consumo de energia motriz e acentuado desgaste nas ferramentas de corte.

### 3.7.2 MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DE PESO ESPECÍFICO APARENTE

a) Expedito : Pode ser feita uma estimativa de peso específico madeiras mais leves que a água, de acordo com HELLMEISTER (19) calculando-se a razão entre a porção de uma barra de madeira submersa em água e altura total da mesma.

b) IPT : Utiliza-se o Método Brasileiro: MB-26, que prescreve a tenção do peso específico pela razão entre o peso de uma amostra de madeira e o volume deslocado pela mesma, quando imersa em mercúrio.

c) INPA : Utiliza-se a Norma COPANT: R-461, que prescreve formas diferenciadas para a obtenção do peso específico, de acordo com o tamanho de unidade das amostras.

c1 - Madeira Verde - Mede-se o volume por deslocamento efetuado pela amostra de madeira submersa em água.

c2 - Madeira Seca - Idem ao anterior, porém as amostras previamente envolvidas por camadas de parafina.

d) Laboratório de Madeiras e Estruturas da Madeira ( LAMEN) : Obtém-se o volume da amostra através do produto das dimensões médias dos eixos principais, através instrumentos de precisão.

Segundo HELLMEISTER (1982), é mais prático, apresentando resultados menos discutíveis, o processo da medida direta do corpo de prova bem aparelhado, com paquímetro ou micrômetro.

O autor efetuou ensaios de 274 corpos de prova de dimensões nominais 2x2x3(cm), provenientes de 3 árvores de Eucalipto citricarpa, tendo obtido o modelo linear:

$$VE = 4,57 + 0,62 VM \quad (7), \text{ onde}$$

VE = volume por imersão em Hg (cm<sup>3</sup>)

VM = volume por medida direta (cm<sup>3</sup>)

Conclui dizendo ser mais racional a determinação das medidas de corpos de prova aparelhados, utilizando-se paquímetro, presen-

do-se ser menos real a determinação do volume por deslocamento de mercúrio.

A penetração de pequenas gotas de mercúrio, em orifícios rachadura das amostras, pode alterar o volume do corpo de prova. Ainda necessários efetuar-se: a medição de temperatura para se corrigir a densidade do mercúrio e descontar a reação da parte imersa da agulha - ao redor de 0,20 g (IPT), da reação observada. Por outro lado, a utilização de parafina envolvendo os corpos de prova, provoca o aparecimento de pequenas bolhas de ar que provocarão aumento de volume aparente da amostra.

### 3.8 DEFORMAÇÕES NA MADEIRA DEVIDO A VARIACÃO DE UMIDADE

BAULENAS (1959) define como contração da madeira, a diferença que em seu volume experimenta a madeira, quando se torna seca.

Uma série de fatores são responsáveis pela heterogeneidade nos resultados : a espécie considerada, a idade da mesma, o meio em que se desenvolveu, a forma de secagem empregada e, principalmente a direção a ser considerada.

A diferença observada na deformação da madeira em relação aos eixos, segundo PEREIRA (1937), deve-se ao fato de que, devido à sua própria constituição, as paredes celulares contraem-se pouco na direção de seu maior comprimento. Uma tábua tirada radialmente com os raios medulares dispostos paralelamente à sua largura, e quando a contração se manifesta, age no sentido oposto, impedindo uma grande deformação.

A retração volumétrica, segundo KOLMANN e CÔTÉ JR (1959) pode ser aproximada por :

$$RV = RR + RT - RT \cdot RR \quad (8)$$

Para outros autores a retração volumétrica é dada por :

$$RV = RR + RT + RA \quad (9)$$

Para KOLLMANN e CÔTE JR (1968), a relação entre a retr tangencial e a radial pode ser dada por :

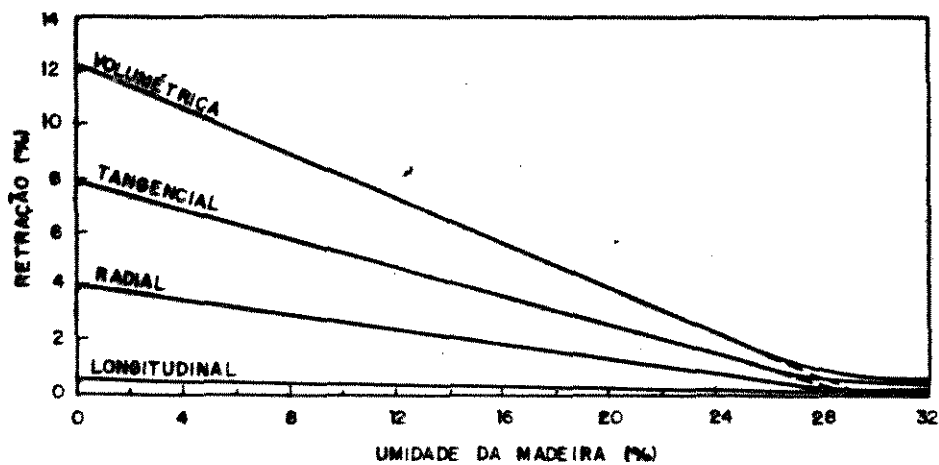
$$RT = 1,65 \cdot RR \quad (10)$$

Para o mesmo autor a retração axial pode ser estimada por

$$RA = RT/23 \quad (11)$$

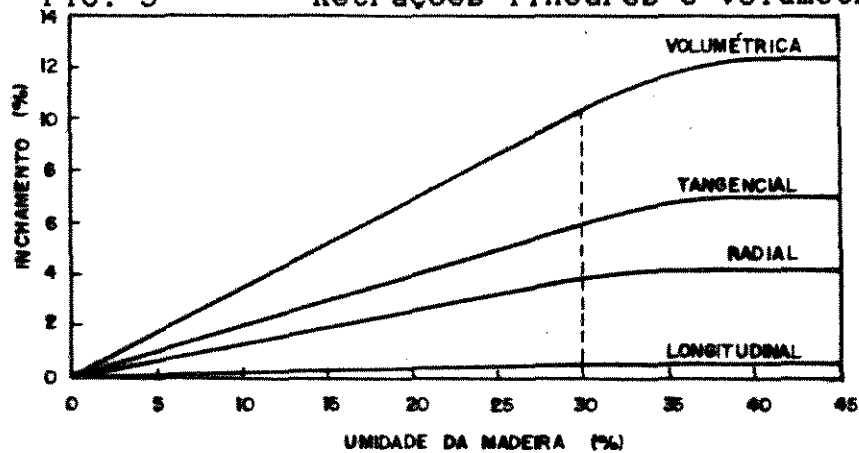
PECK (1928), citado por KOLLMAN e CÔTE JR (1968), afirma a retração volumétrica depende linearmente da umidade entre 22 e (verde), e a condição de madeira seca em estufa.

GALVÃO E JANKOWSKY (1985) representam as deformações função da umidade, através de feixe de retas (FIG. 5 e 6).



FONTE: GALVÃO E JANKOWSKY (1985)

FIG. 5 Retrações lineares e volumétricas.



FONTE: GALVÃO E JANKOWSKY (1985)

FIG. 6 Inchamentos lineares e volumétricos.



De acordo com SKAAR (1972), a contração volumétrica é geralmente menor que a soma das três contrações dimensionais.

Para o autor a expressão exata dada por GREENWILL (19 para uma amostra prismática, é :

$$SV = 100[1 - (1 - 0,01 SL) \cdot (1 - 0,01 SR) \cdot (1 - 0,01 ST)] \quad (12)$$

Onde as contrações lineares SL, SR e ST são dadas em %.

Considerando-se  $SL = 0$ , a expressão fica

$$SV = SR + ST - 0,01 \cdot SR \cdot ST \quad (13)$$

ou

$$SV = SR + ST \quad (14)$$

O erro obtido, ao substituir a expressão (12) pela expressão (14), depende da razão  $ST/SR$  (QUADRO 2).

QUADRO 2- Comparação entre contrações volumétricas.

Equação 12

Aprox Eq 14	T/R = 1.0	T/R = 2.0	T/R = 3.0
0	0	0	0
3	2.98	2.98	2.98
6	5.91	5.92	5.93
9	8.80	8.82	8.5
12	11.64	11.68	11.73
15	14.44	14.50	14.58

NEWLIN (1919), citado por KOLLMAN e CÔTÉ JR (1968), most importância da "specific gravity" em relação à deformação. Segundo autor, a deformação pode ser estimada por :

$$DEF = 28 \cdot SG (\%) \quad (15)$$

MITTAK (1974) afirma que as madeiras mais pesadas se

traem mais através da grã na direção tangencial ou radial que mais leves.

Para NEUBAUER e WALKER (1961) no entanto, a madeira denominada Redwood é conhecida por ter uma retração relativamente baixa de verde a seca, na direção radial, porém retrai-se mais que outras madeiras, na direção axial.

Para BAULENAS (1959), quanto maior a homogeneidade na estrutura da madeira, são menores as deformações por contração. Segundo MITTAK (1974), tecnicamente a contração da madeira abaixo do PSA é diretamente proporcional à quantidade de água perdida.

### 3.9 RETRATIBILIDADE

De acordo com RIOLLOT (1972), a retratibilidade é a propriedade que possuem as madeiras de diminuírem seu volume de acordo com a diminuição do teor de umidade.

Abaixo do PSA, que se situa em geral, ao redor de 30% para a maioria das espécies, à medida que a madeira começa a secar, o volume diminui, ocorrendo a retração.

Observa-se que abaixo desse teor de umidade, entre 25 e 30%, denominado PSA (que depende da espécie), começa a ocorrer proporcionalidade entre a porcentagem de umidade e as mudanças dimensionais.

Segundo HELLMEISTER (1982), a diminuição ou aumento da quantidade de água de impregnação provoca aproximação ou afastamento das cadeias de celulose e ou das microfibrilas, e a variação correspondente das dimensões da madeira é usualmente designada como retração ou inchamento. O cálculo adotado no Brasil e na França não acompanha o cálculo de retração e inchamento usuais em outros países:

$$Rn1 = ((Dn - D0)/Dn) .100 \quad (16) \quad Rn2 = ((Dn - D0)/D0) .100 \quad (17)$$

Na fórmula 17, no denominador aparece  $D_0$ , que é menor  $D_n$ , ou seja, o valor obtido para a retração passa a ser maior. Isso conduz a valores de retratibilidades mais elevados do que se foi calculados pela fórmula 16, o que pode desfavorecer comercialmente nossas essências quando comparadas com espécies de outros países.

Segundo IHNE (1940), mesmo para uma essência determinada o coeficiente de retração volumétrica é variável de acordo com o local de desenvolvimento da espécie (QUADRO 3).

QUADRO 3-Influência do local nas caract. físicas da madeira.

Essência	Origem	PSA (%)	R.V.T. (%)	Coef. Ret (%)
Chêne pédonculé	Allier	51	16,5	0,32
	Vosges	57	12,4	0,22
Hêtre	Sarthe	54	19,2	0,36
	Allier	36	20,5	0,58
Frêne	Aisne	55	18,4	0,34
	Côte-d'Or	34	19,3	0,30

Fonte: IHNE(1940)

### 3.10 RAZÃO ENTRE RETRAÇÃO E PESO ESPECÍFICO

KOEHLER (1924), citado por AIHNE (1940), mostrou certas relações entre o peso específico da madeira no estado anidro e sua tração total. O relacionamento encontrado foi :

$$K_i = RT/PO \quad (18), \text{ onde :}$$

RT = retração total

PO = peso específico a 0%

K<sub>i</sub> = constante para o eixo de simetria

As constantes denominadas K<sub>i</sub> foram :

K<sub>r</sub> = 9,5

K<sub>t</sub> = 17

e K<sub>v</sub> = 28

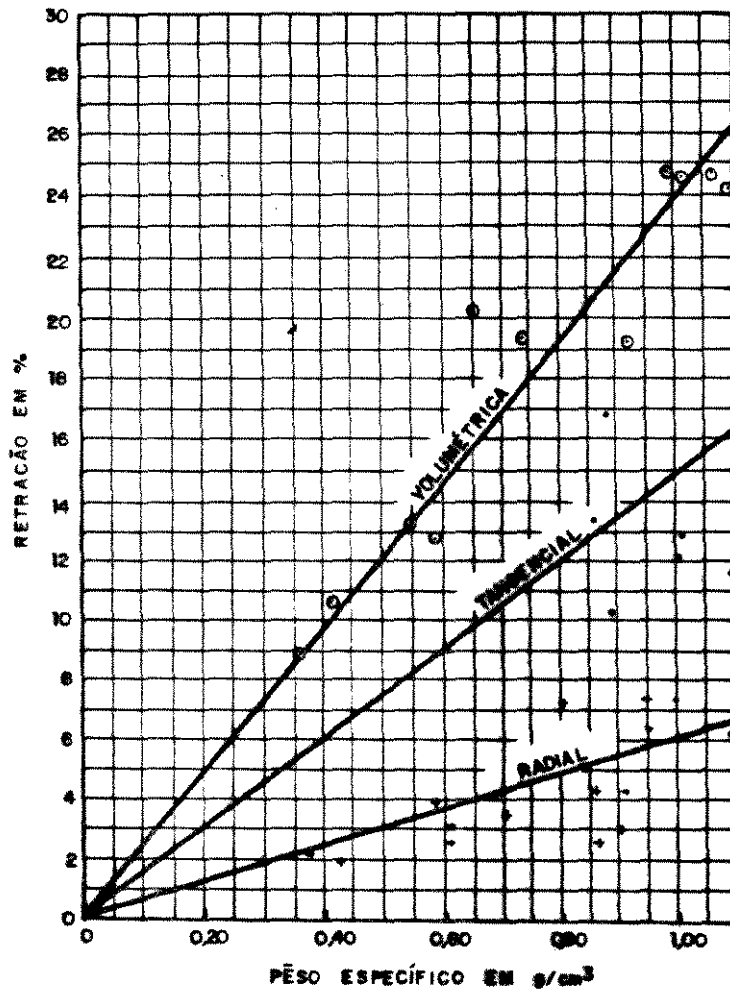
(radial)

(tangencial)

(volumétrica)

O autor conclui que as razões obtidas não passam de valores aproximados, mas podem trazer informações de tal modo que as que tenham maiores pesos específicos serão aquelas que irão sofrer maiores deformações.

Segundo SILVA (1975), o modo pelo qual ocorrem a retração e o inchamento dependem de vários fatores : espécie de madeira, fase de crescimento, estrutura e direção anatômica considerada. Este autor apresenta uma tentativa de correlação entre peso específico e deformações dimensionais (FIG. 7).



FONTE : SILVA (1975)

FIG. 7 Correlação entre peso específico e contração

### 3.11 RETRAÇÃO LINEAR

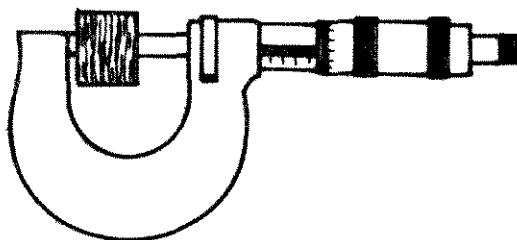
Segundo RIOLLOT (1972), retração linear é a variação das dimensões lineares da madeira, de maior importância nas madeiras duras do que nas leves. A retração axial é geralmente desprezível, tendo uma certa importância apenas nas folhosas duras.

Segundo este autor, a retração pode ser considerada como função linear do conteúdo de umidade entre 30% (início de retração) e 0% (retração máxima).

#### 3.11.1 MÉTODOS DE MEDIDA DA RETRAÇÃO LINEAR

De acordo com HELLMEISTER (1982), a determinação da retração da madeira é de importância primordial para a utilização industrial e na construção civil.

O Método Brasileiro -26 prescreve o estudo das deformações lineares nas amostras, com a utilização de micrômetro, para medir as deformações ocorridas entre pregos colocados nas direções principais das amostras de madeira (FIG. 8).



FONTE : MB-26 (1940)

FIG. 8 Medida das deformações lineares.

### 3.12 RETRAÇÃO VOLUMÉTRICA

A retração volumétrica pode ser parcial ou total.

### 3.12.1 RETRAÇÃO PARCIAL

A retração parcial; linear ou volumétrica, é a razão obtida entre a diferença dimensional, nos estados anidro e seco ao ar, e a dimensão obtida no estado anidro.

$$VP = ((VH - VA)/VA) \cdot 100\% \quad (19)$$

### 3.12.2 RETRAÇÃO TOTAL

A retração total é a variação porcentual da medida entre o estado de saturação e o estado anidro, pela medida no estado anidro.

$$VT = ((VS - VA)/VA) \cdot 100\% \quad (20)$$

Esses valores são variáveis para as espécies, indo desde o valor mínimo (radial) até um valor máximo (volumétrico) sendo a formação axial desprezível (QUADRO 4).

#### QUADRO 4 CLASSIFICAÇÃO DAS MADEIRAS SEGUNDO A CONTRAÇÃO TOTAL

CATEGORIA	RADIAL	TANG.	VOLUM.
Muito Baixa (MB)	<1.5	<3.0	<4.5
Baixa (B)	1.5-2.5	3.0-5.0	4.5-7.5
Média (M)	2.6-4.5	5.1-9.0	7.6-13.5
Alta (A)	4.6-6.5	9.1-13.0	13.6-19.5
Muito Alta (MA)	>6.5	>13.0	>19.5

Fonte: SUDAM - IPT-1981

### 3.12.3 COEFICIENTE DE RESTRATIBILIDADE

A capacidade de contração pode ser avaliada pelo coeficiente

te de retratibilidade, que exprime a variação de contração volumétrica, para uma variação porcentual unitária na umidade. (QUADRO

$$V = VP/H \quad (21), \quad VP = ((VH-VA)/VA).100\% \quad (22), \quad H = ((PH-PA)/PA) \quad ($$

QUADRO 5 Classificação da madeira de acordo com a contração.

Categoria	coef. de contração	VT
	volumétrica(%)	contr vol total(%)
madeiras de contr. fraca	0.15-0.35	5-10
madeiras de contr. média	0.35-0.55	10-15
madeiras de contr. forte	0.55-1	15-20

Fonte: GONZALES (1978)

Para IHNE (1940), o coeficiente de retração volumétrica mede a aptidão da madeira em ser utilizada em ambientes onde ela terá que estar sujeita à variação de volume; quanto menor o valor de  $V$ , mais estável será a madeira; quanto menor a retração volumétrica, maior estabilidade dimensional terá uma peça de madeira.

### 3.13 PESO ESPECÍFICO x RESISTÊNCIA

Segundo FREITAS (1982), a resistência mecânica da madeira está ligada ao peso específico e à umidade da madeira.

Como o valor do peso específico das paredes celulares é ao redor de  $1,5 \text{ g/cm}^3$ , o que varia é o índice de vazios. Portanto, se há menos volume real de material em um dado volume aparente, a resistência mecânica será menor.

De um modo geral, segundo o autor, a expressão que relaciona a resistência com o peso específico (QUADRO 6), pode ser dada por



$$R = K.(PE)^N \quad (24), \text{ onde :}$$

R = resistência estimada (kgf/cm<sup>2</sup>)

PE= Peso específico (g/cm<sup>3</sup>) a 15% de umidade

K = depende da condição de umidade da madeira (verde ou seca a 15%)

N = depende do tipo de solicitação

QUADRO 6 Modelos obtidos por FREITAS (1982)

ESTADO	SECA		VERDE	
	K	N	K	N
SOLICITAÇÃO				
FLEXÃO	1800	1.25	1230	1.25
COMPRESSÃO //	850	1.00	470	1.00
COMPRESSÃO ⊥ -LP	320	2.25	210	2.25

A SUDAM- IPT (1981) utilizou, como previsão de resistência de madeiras (QUADRO 7), fórmulas igualmente relacionadas como o peso específico, sendo que os modelos utilizados propostos foram livres, ou seja, tinham a forma :

$$R = A + B . PE \quad (25), \text{ onde}$$

A e B = coeficientes relativos à solicitação

R = Resistência teórica (kgf/cm<sup>2</sup>)

PE= Peso específico (g/cm<sup>3</sup>) a 15%

MOR = Módulo de ruptura (kgf/cm<sup>2</sup>)

MOE = Módulo de elasticidade (kgf/cm<sup>2</sup>)

QUADRO 7 Modelos obtidos pela SUDAM (1981)

SOLICITAÇÃO	COEFICIENTES	
	B	A
FLEXÃO - - - MOR	1801.6	-205.54
- - - MOE x (1000)	160.6	2.75
COMPR PARALELA - -MOR	981.79	-125.48
CHOQUE	5.66	-1.41
CISALHAMENTO	135.18	4.37
DUREZA JANKA	1047.27	-262.03

MARKWARDT (1935), citado por HELLMEISTER (1982), indicou possibilidade de se avaliar a resistência à compressão paralela através de resultados de peso específico (QUADRO 8). O Forest Products Laboratory (1955) confirmou as suposições de MARKWARDT (1935) obtendo a seguinte dependência entre resistência e peso específico

$$R = A \cdot PE \quad (26), \text{ onde}$$

A = coeficiente relativo à solicitação

PE = Peso específico (g/cm<sup>3</sup>) a 12% de umidade

R = Resistência teórica à compressão paralela (kgf/cm<sup>2</sup>)

QUADRO 8 Modelos obtidos por MARKWARDT (1935)

SOLICITAÇÃO	COEFICIENTE A
LIMITE PROP.	570
MOR	795
MOE	220000

GALANTE (1953) afirmou que a resistência da madeira de mesma espécie ou de um grupo de espécies varia segundo o peso específico e, em alguns casos, segundo o quadrado do peso específico.

HANSEN (1972) afirmou que o peso específico da madeira é índice definitivo de suas propriedades de resistência (QUADRO 9):

$$R = K.G^{\uparrow}N \quad (27) \quad , \quad \text{onde} \quad G = \text{"specific gravity."}$$

QUADRO 9 Modelos obtidos por HANSEN (1972)

CONDIÇÃO		VERDE		12%	
		K	N	K	N
SOLICITAÇÃO					
	LP	715	1.25	750	1.25
FLEX	MOR	1232	1.25	1810	1.25
ESTAT	MOE	165.5	1.00	196.5	1.00
-----					
FLE	LP	1660	1.25	2195	1.25
DINAM	MOE	206	1.00	37	1.00
-----					
	LP	368	1.00	620	1.00
COMPR	MOR	472	1.00	855	1.00
PARAL	MOE	204	1.00	237	1.00
-----					
COMPR	P.LP	211	2.25	325	2.25
-----					
	AXIAL	1700	2.25	2180	2.25
DUREZA	RAD	1535	2.25	1690	2.25
	TANG	1575	2.25	1740	2.25

Obs: Valor de MOE deve ser multiplicado por 1000.

### 3.14 INFLUÊNCIA DA UMIDADE NA COMPRESSÃO PARALELA AS FIBRAS

De acordo com GONZALES (1978), a resistência à compressão varia com a umidade, de acordo com uma lei linear, desde o estado anidro até o ponto de saturação das fibras.

A razão entre a resistência da madeira anidra e saturada é aproximadamente de 10/3, segundo o mesmo autor. Após a saturação do corpo de prova, a resistência permanece constante independentemente do teor de umidade.

De acordo com MONNIN (1929), citado por IHNE (1940) no "Bulletin de La Section Technique de L'Aeronautique Militaire Française", a introdução do coeficiente de correção de umidade torna possível a transformação da resistência encontrada para uma peça, para teores de umidade próximos de 15%, para o valor comparativo da resistência a 15%.

Esse coeficiente pode ser assumido como 4%, para madeiras submetidas à compressão paralela às fibras, e significa que a resistência da madeira aumenta ou diminui 4% em relação à resistência a 15% (R<sub>15</sub>), para uma variação de 1% de umidade em relação à 15%.

$$R_H = R_{15} [(1 \pm 0,04)(H - 15)] \quad (28)$$

Para madeiras com elevado teor de resinas, que mostram comportamento irregular com a umidade, o coeficiente de correção pode chegar a 8%.

Segundo PETRUCCI (1978) a influência da umidade é observada no ensaio de corpos de prova com umidade variando desde a saturação até amostras secas em estufa (FIG. 9).

Para a curva obtida é possível notar-se um trecho aparentemente retilíneo, relativo à faixa de umidade entre 10% e 20%. O autor recomenda o ensaio de 40 corpos de prova (MB-26).

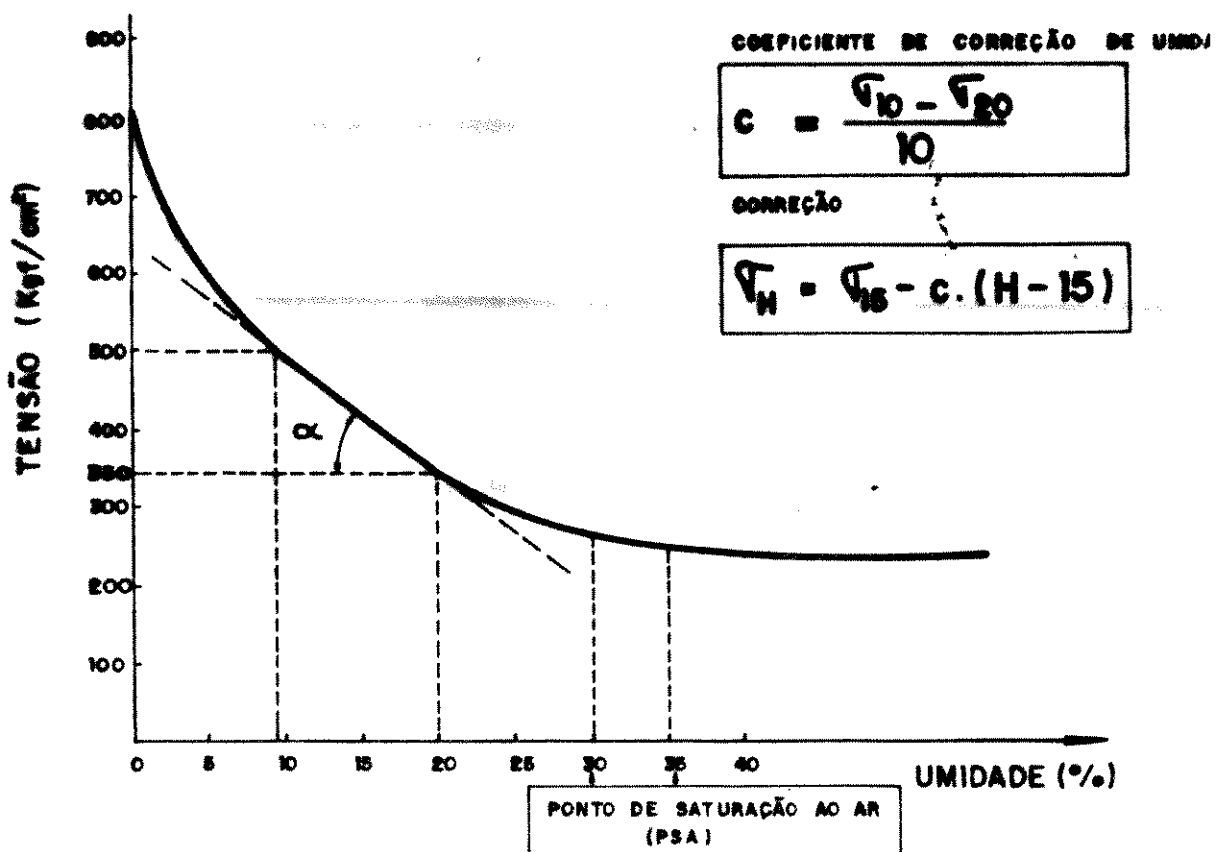


FIG.9 Curva de compressão em função da umidade.

A tangente à curva do trecho assinalado denomina-se coeficiente de correção da umidade, sendo dado pela expressão.

$$C = \frac{\sigma_{10} - \sigma_{20}}{10} \quad (29)$$

O coeficiente permite a correção dos valores de resistência obtidos nos corpos de prova secos ao ar (RH), para valores de resistência na umidade de 15% (R15).

A equação de correção é dada por :

$$R_{15} = R_H + C(H - 15) \quad (30)$$

No IPT se utiliza o coeficiente de influência da umidade (CIH), dado por :

$$CIH = \frac{\sigma_{10} - \sigma_{20}}{\sigma_{15}} \cdot 100\%, \text{ mas } R_{15} = \frac{R_{10} + R_{20}}{2} \text{ e } \frac{\sigma_{10} - \sigma_{20}}{\sigma_{15}} = \frac{R_{10} - R_{20}}{R_{10} + R_{20}}$$

$$\text{Portanto, } CIH = \frac{20 \cdot (R_{10} - R_{20})}{R_{10} + R_{20}} \quad (31)$$

A correção para a tensão de ruptura a 15% de umidade é por:

$$R_{15} = \frac{RH}{1 - 0,01.CIH.(H-15)}$$

WILSON (1932), citado por HELLMEISTER (1982), procurou apresentar matematicamente a relação resistência-umidade, subdividindo a curva resultante em trechos retilíneos, para poder executar correções necessárias nos valores de resistência obtidos.

BOLZA (1963), citado por HELLMEISTER (1982), também utilizou trechos retilíneos porém considerando como intervalos os valores de umidade compreendidos entre 0 e o PSA e acima do PSA.

WILSON (1932), citado por HELLMEISTER (1982), neste caso preferiu a utilização do logaritmo da umidade pois nesse caso o coeficiente de influência da umidade passava a ser o próprio coeficiente angular da reta.

Segundo HELLMEISTER (1982), para diminuir a influência dos erros ocasionais é indicada a análise dos resultados experimentais através da regressão linear.

De acordo com KOLLMANN e CÔTÉ JR (1968), a diminuição da resistência com o aumento da umidade pode ser explicada devido ao fato de que moléculas de água são depositadas entre as micelas, aumentando a distância entre as mesmas, provocando uma redução nas forças atrativas intermicelares e na coesão.

Segundo diversos autores, pode ser considerado retilíneo o trecho correspondente a teores de umidade de 8% a 18%, sendo para madeiras coníferas a intersecção da reta obtida com o eixo das abscissas ocorre no ponto equivalente a 32%.

### 3.15 EFEITOS SIMULTANEOS DA UMIDADE E PESO ESPECÍFICO NA SISTENCIA MECANICA DA MADEIRA

KOLLMANN e CÔTÉ JR (1968) afirmam ser necessária a transformação de valores obtidos para o Módulo de Elasticidade (MOE) a teor de umidade de 12% (ASTM). Para tanto, os autores apresentaram um gráfico onde, no eixo horizontal, são anotados os teores de umidade das amostras, sendo que o MOE à compressão é obtido a partir de uma curva que representa uma determinada densidade básica (FIG. 10).

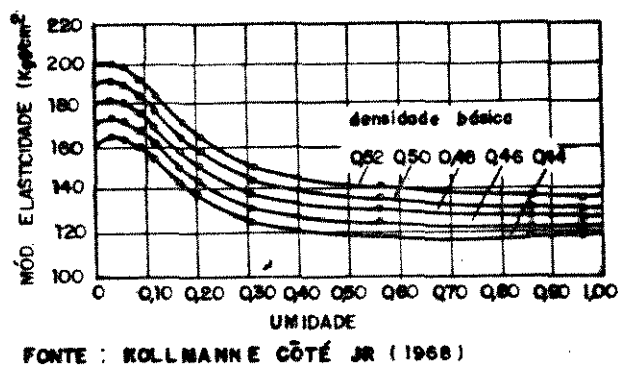


FIG. 10 Módulo de elasticidade em função da densidade básica

De acordo com HELLMEISTER (1982), o estudo de forma separada dos efeitos produzidos na resistência da madeira, pela variação do peso específico e de umidade, não permite sentir a variação da resistência quando os dois parâmetros variam simultaneamente. Portanto, o autor estudou o comportamento de amostras de Pinho-do-paraná de dimensões nominais 2x2x3(cm), para teores de umidade variáveis desde 0% a 25%, e pesos específicos variáveis entre os valores 0,45 g/cm³ até 0,69 g/cm³.

De acordo com FREESE (1964), citado por HELLMEISTER (1982), pode ser ajustada uma função linear para explicar o comportamento da resistência da madeira nesse determinado ensaio.

$$y = A' + B' \cdot x \quad (33)$$

Admitindo-se que  $A'$  e  $B'$  sejam funções de uma terceira variável, denominada por  $z$ , obtém-se:

$$A' = K_1 + K_2.z \quad (34) \quad B' = K_3 + K_4/z \quad (35)$$

Substituindo-se (34) e (35) em (33) tem-se que:

$$y = (K_1 + K_2.z) + (K_3 + K_4/z).x \quad (36)$$

$$y = K_1 + K_2.z + K_3.x + K_4.z.x \quad (37)$$

O comportamento mecânico da madeira tem uma dependência linear em relação ao peso específico, apresentando também uma dependência análoga em relação ao logaritmo natural da umidade.

HELLMEISTER (1982) obteve a seguinte expressão, baseado na expressão (32):

$$R = A + B.p + C \log H + D.p.\log H \quad (38), \text{ onde:}$$

$R$  = resistência a ruptura ( $\text{kgf/cm}^2$ )

$p$  = peso específico ( $\text{g/cm}^3$ )

$H$  = umidade (%)

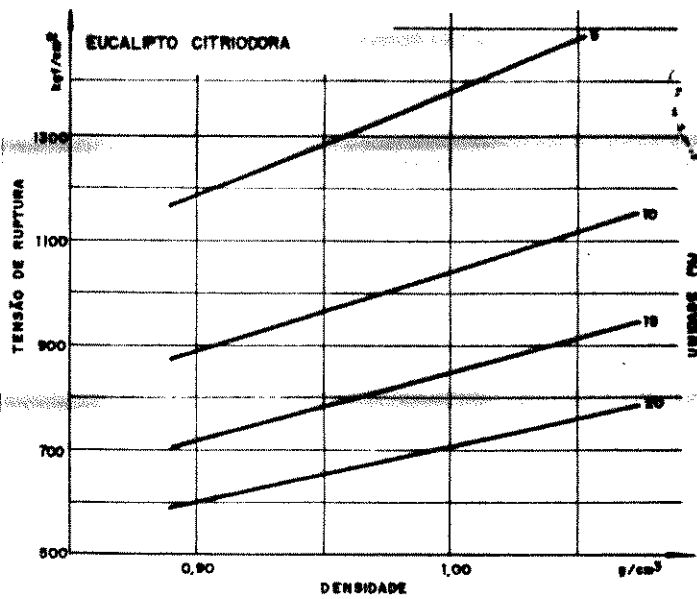
Os coeficientes obtidos para Eucalipto citriodora e Pinus do-paraná foram:

$$R_1 = -476 + 2500.p + 101,3.\log h - 1130.p.\log h$$

$$R_2 = -226 + 2680.p + 264,9.\log h - 1710.p.\log h$$

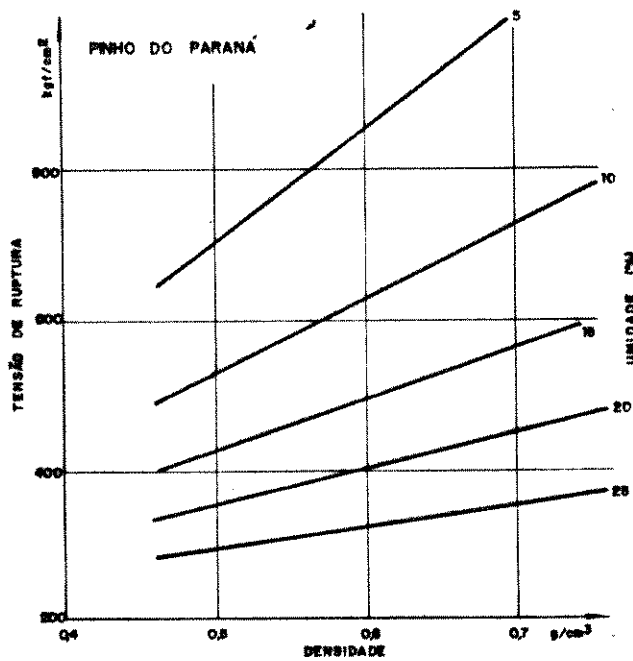
Nas FIG.11 e 12 são representados os feixes de retas obtidas.





FORTE: HELLMEISTER (1982)

FIG. 11 Feixe de retas para E. citriodora



FORTE: HELLMEISTER (1982)

FIG. 12 Feixe de retas para o Pinho-do-paraná.

### 3.16 NORMAS PARA ENSAIOS COM MADEIRAS

De acordo com FRANCO (1985), para escolha racional das madeiras para fins industriais ou construtivos, é necessário um conhecimento preciso das características físico-mecânicas das espécies determinadas através de ensaios normalizados.

Os ensaios necessários para se avaliar as características físico-mecânicas das madeiras, são definidos através de normas específicas. No Brasil, são utilizadas pelos laboratórios de pesquisa duas normas diferentes. Enquanto o IPT adota a Norma da ABNT que derivada de normas francesas (AFNOR) e americanas (ASTM), o INPA Manaus (AM) e o LPF em Brasília (DF), adotam a Norma COPANT que derivada de norma americana (ASTM).

LOPES et alii (1983) afirmam que, várias espécies latino-americanas de regiões tropicais, já foram e têm sido testadas em laboratórios estrangeiros, aplicando-se as Normas da ASTM.

No ACORDO DE CARTAGENA (1976), foi definido que as normas, critérios e metodologia têm como função básica homogeneizar os procedimentos para a execução dos ensaios e avaliação dos resultados, a fim de poder intercambiar os dados obtidos e uniformizar futuras investigações.

Um dos primeiros aspectos abordados pelas normas de ensaios refere-se ao capítulo da amostragem das espécies madeireiras.

As duas Normas citadas prescrevem a amostragem de diversas maneiras para que se possa estimar as características físico-mecânicas das espécies.

Os ensaios, assim prescritos pelas normas, apresentam elevados custos, principalmente de transportes e de mão-de-obra especializada em serraria. Com exceção dos Institutos de Pesquisa de grande porte, que trabalham através de prestação de serviços ou

recursos federais, tornam-se inviáveis pelos motivos acima expostos as pesquisas a serem efetuadas, principalmente nos meios acadêmicos.

O Laboratório de Madeiras e Estruturas em Madeiras (LAME) pertencente ao Departamento de Estruturas da Escola de Engenharia de São Carlos, prepara um projeto de norma que propõe a utilização amostragem ocasional em serrarias, por entender que a mesma é racional que as amostragens tradicionais.

Além de características diferentes de amostragem, outros fatores podem provocar variações nos resultados obtidos, tais como velocidade de carregamento, dimensões do corpo de prova, temperatura do corpo de prova e defeitos existentes na amostra.

### 3.17 EFEITO DAS DIMENSÕES DOS CORPOS DE PROVA

De acordo com HELLMESTER (1982), há tendência natural para corpos de prova menores, isentos de defeitos, apresentarem resistência mais elevada que os de maiores dimensões.

Acrescenta que durante a preparação dos corpos de prova menores é mais fácil evitar a presença de nós, trincas e outros defeitos.

Para PFEILL (1980), devido ao fato das peças pequenas apresentarem defeitos, os resultados obtidos com as mesmas são inferiores que os de peças estruturais, que apresentam em maior ou menor escala, os defeitos usuais das madeiras.

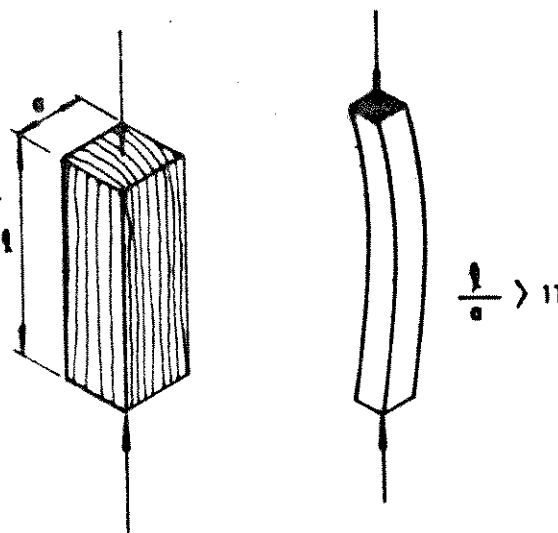
De acordo com SILVA (1975) nos esforços axiais paralelos às fibras, os esforços secundários tendentes a afastar transversalmente as fibras (devido à pequena coesão lateral destas), são contrabalançados pelos esforços de atrito e são tanto maiores quanto menor a distância entre os pratos, o que irá aumentar a tensão final de ruptura.

HELLMEISTER (1982) afirma não ser justificável a utilização de resultados de compressão paralela às fibras em amostras 2 (cm), para se obter tensões admissíveis para peças estruturais.

Para SILVA (1975), nos ensaios de compressão paralela às fibras, os efeitos dos esforços de atrito nas superfícies de contato podem ser minimizados quando a dimensão longitudinal do corpo de prova tiver de 3 a 5 vezes o comprimento da dimensão transversal.

De acordo com HELLMEISTER (1982), nas amostras que guardem razão de 1 para 4, entre as dimensões transversais e longitudinal respectivamente, atenua-se na região central o efeito do atrito nos pratos da prensa (Efeito de SAINT-VENANT).

Para SILVESTER (1967), a razão é de 1 para 11 ou mais pois para valores maiores, provavelmente, a peça irá se romper devido a efeitos acumulados de compressão axial e flambagem (FIG. 13).



FONTE : SILVESTER (1967)

FIG. 13 Flambagem da madeira.

### 3.18 TESTES NÃO-DESTRUTIVOS

A classificação de madeiras para fins estruturais pode ser feita cientificamente, através de métodos mecânicos não-destrutivos utilizando-se principalmente, a classificadora eletromecânica propagador de ondas (stress wave timer).

Esses equipamentos se baseiam na correlação existente entre o módulo de elasticidade à flexão (MOEF) e a resistência da madeira à flexão estática (MORF).

De acordo com IWAKIRI (1982), as vantagens advindas da utilização de métodos não-destrutivos, em relação à classificação usual são: eliminação de fatores subjetivos, maior precisão na determinativa da resistência e menor tempo para a execução dos ensaios. Por outro lado os fatores limitantes para a utilização dos equipamentos em maior escala são: alto custo, dificuldade de manutenção e mão de obra especializada.

KOLLMANN e CÔTÉ JR (1968) afirmam que, peças estruturais de madeira com defeitos, quando são utilizadas em estruturas e apresentam comportamento mecânico inferior ao teórico, o qual se observa em amostras isentas de defeitos.

Uma estrutura que tenha sido montada com peças pré-selecionadas e tendo sido colocadas as melhores peças nos pontos de maior solicitação, apresentará um melhor comportamento do que uma estrutura formada por peças colocadas em posições aleatórias.

Mesmo no canteiro de obras poderá ser efetuada uma seleção rústica das melhores peças, baseadas na flecha do vão central; um teste de flexão, com a viga apoiada em dois cutelos:

$$MOE = (PL^3)/(4fbh^3) \quad (39)$$

Utilizando-se uma carga constante e inferior ao limite

proporcionalidade, por exemplo, um saco de cimento (50 Kg), e tendo-se as dimensões das peças obtém-se:

$$MOE = \frac{[(PL^3)/(4bh^3)]/f}{l} \quad (40)$$

$$MOE = k/[f] \quad (41)$$

Podem ser então obtidas determinadas categorias de resistência de peças que irão ser colocadas adequadamente nas corretas posições nas estruturas.

### 3.19 AJUSTE DE CURVAS NO ESTUDO DE MADEIRAS

O ajuste de curvas para dados experimentais nos estudos sobre madeiras, baseados em procedimentos estatísticos, torna-se uma ferramenta muito importante, para se caracterizar o material.

O peso específico é considerado por diversos autores como uma representação fidedigna das possibilidades das espécies, em relação às diversas solicitações mecânicas. Por ser um ensaio de execução relativamente simples, dispensando-se equipamentos de custos elevados e mão-de-obra especializada, torna-se um parâmetro importante na estimativa das características mecânicas do material.

A partir de resultados publicados pelos Laboratórios de Pesquisas, podem ser feitas correlações entre, por exemplo, o peso específico e diversas solicitações, obtendo-se equações que expliquem a dependência e o grau da mesma, entre as variáveis estudadas.

A Norma Brasileira - NB - 11 "Cálculo e execução de estruturas de madeira" prevê, inclusive como alternativa, a utilização do peso específico aparente para a estimativa das tensões admissíveis de madeiras desconhecidas.

ZULLO JR E ARRUDA (1986) desenvolveram um programa de ajuste de curvas para dados agrônômicos, denominado por MODELO/BAS, o qual poderiam ser testados 17 modelos matemáticos, além de possível a obtenção de cálculos estatísticos (QUADRO 10).

QUADRO 10 Relação dos modelos matemáticos testados

MODELOS DE AJUSTE		
MODELO	EQUACAO	AJUSTE NAO DEFINID
Linear	$Y = A + B \cdot X$	----
Senoidal	$Y = A + B \cdot \text{SEN}(.017453 \cdot X)$	----
Exponencial	$Y = A \cdot \text{EXP}(B \cdot X)$	$Y <= 0$
Reciproca	$Y = A \cdot \text{EXP}(-B/X)$	$Y <= 0, X <= 0$
Hiperbolica	$Y = A \cdot X / (B + X)$	$Y = 0, X = 0, X = -B$
Hiperbolica retangular	$Y = 1 / (A + B \cdot X)$	$Y = 0, X = -A/B$
Monomolecular	$Y = C / (1 - A \cdot \text{EXP}(-B \cdot X))$	$Y >= C$
Logistica	$Y = C / (1 + A \cdot \text{EXP}(-B \cdot X))$	$Y = 0, Y >= C$
Logistica negativa	$Y = C / (1 + (X/A) \cdot B)$	$Y = 0, Y >= C, X <= 0$
Gompertz	$Y = C \cdot \text{EXP}(-A \cdot \text{EXP}(-B \cdot X))$	$Y = 0, C/Y <= 1$
Alometrica linear	$Y = A \cdot (X \cdot B)$	$Y <= 0, X <= 0$
Alometrica curvilinear	$Y = A \cdot (X \cdot (B + C \cdot \text{LOG}(X)))$	$Y <= 0, X <= 0$
Quadratica	$Y = A + B \cdot X + C \cdot (X \cdot X^2)$	----
Cubica	$Y = A + B \cdot X + C \cdot (X \cdot X^2) + D \cdot (X \cdot X^3)$	----
Exponencial quadratica	$Y = A \cdot \text{EXP}(B \cdot X + C \cdot (X \cdot X^2))$	$Y <= 0$
Exponencial cubica	$Y = A \cdot \text{EXP}(B \cdot X + C \cdot (X \cdot X^2) + D \cdot (X \cdot X^3))$	$Y <= 0$
Normal	$Y = A \cdot \text{EXP}(-((X - Z) \cdot X^2) / (B \cdot X^2))$	$Y <= 0$

Para a realização do presente trabalho, em alguns it  
foram realizados ensaios de acordo com as normas usuais, porém,  
outros procurou-se trabalhar com informações publicadas por lab  
tórios de pesquisa, dentre eles: IPT, INPA e LPF.

#### 4.1 COLETA DE INFORMAÇÕES SOBRE MADEIRAS

As listagens dos programas referentes ao Sistema de Ide  
ficação Anatômica encontram-se disponíveis na FEAGRI.

Para o estudo anatômico das madeiras foi adotado o mé  
simplificado de identificação, pela observação direta do tecido  
nhoso, utilizando-se uma lupá de cabo, com capacidade de 10 au  
tos, de marca INTEX.

As amostras foram convenientemente polidas na dir  
transversal, com o auxílio de uma lâmina afiada, para evidenciar  
elementos anatômicos: anéis de crescimento, poros, raios e cél  
parenquimáticas.

Algumas espécies, citadas no MANUAL DE IDENTIFICAÇÃO  
PRINCIPAIS MADEIRAS COMERCIAIS BRASILEIRAS de autoria de MAINIER  
alii (1983), encontravam-se igualmente presentes na FACULDADE DE  
GENHARIA AGRÍCOLA DA UNICAMP (FEAGRI), como parte de uma modesta  
loteca, formada, na medida do possível, por coleta em madeireira  
região de Campinas, de Boa esperança do Sul (SP) e Manaus (AM).

Porém, para diversas outras espécies, relacionadas entr  
268 do MANUAL DE IDENTIFICAÇÃO, apenas foram efetuadas simulações  
identificação com o uso de um microcomputador.



## 4.2 SISTEMA COMPUTACIONAL

A identificação de madeiras utilizando-se a chave de identificação dicotômica proposta por MAINIERI et alii, (1983), leva conta que, após se percorrer uma série de caminhos distintos, pode-se chegar a uma determinada madeira.

Posteriormente, através de comparações com a descrição dicotômica e com fotos ampliadas dos tecidos, os quais fazem parte do MANUAL DE IDENTIFICAÇÃO, poder-se-ia confirmar o resultado correto.

Em caso contrário, o processo deveria ser reiniciado, provavelmente teria ocorrido um erro em determinada passagem.

O procedimento desenvolvido assemelha-se ao comportamento humano para guardar nomes de diversas pessoas.

Na fase inicial, a fixação de características peculiares de cada pessoa, tais como: estatura, cor de cabelos, cor da pele, tipo de cabelo e diversas propriedades inerentes ao indivíduo, são feitas de modo a associar mentalmente ao conjunto de caracteres, um determinado nome para o indivíduo.

Numa fase posterior prevalece a "memorização", na qual os caracteres de cada indivíduo, gravados na "memória principal", são relacionados rapidamente pelo cérebro, a um arquivo de nomes.

Se para todos nós, determinadas pessoas são inconfundíveis, o mesmo ocorre em relação às madeiras, para os estudiosos de características anatômicas.

Foi notado que, ao se usar a chave dicotômica, ocorre um direcionamento para determinadas linhas ou páginas, na dependência da resposta escolhida para determinada pergunta.

Esse procedimento assemelha-se ao comando GOTO (desenvolvido e utilizado em programação de computadores).

Foram então desenvolvidos programas, para tornar mais d

mica a identificação anatômica das espécies, e listar as possíveis aplicações encontradas por elas.

Os programas podem ser divididos em certas categorias: programas de geração de arquivos, programas de alteração de arquivos, programas de execução, tendo sido desenvolvidos em Linguagem BASIC para computadores TRS-80 da RADIO SHACK, compatíveis com o CP-50.

#### 4.2.1 EXECUÇÃO DE PROGRAMAS

A introdução de novas espécies comerciais e de novas aplicações para as madeiras existentes nos arquivos, devem ser previstas no Sistema, sendo então necessários alguns programas específicos.

Os programas de identificação, apesar de não possuírem pressões matemáticas complexas, necessitaram ser sub-divididos que o sistema pudesse ser executado em microcomputadores (FIG. 14).

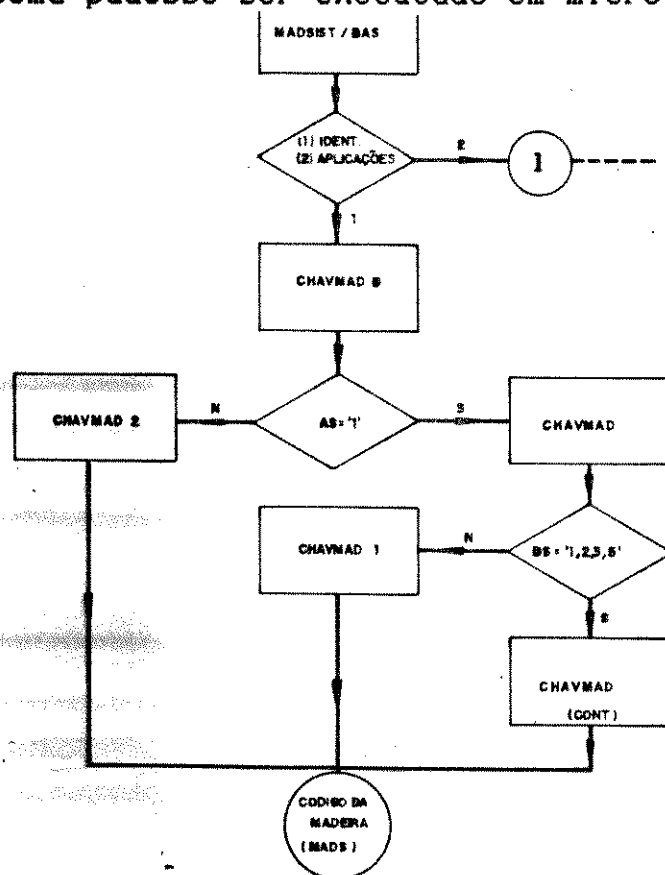


FIG. 14 Fluxograma principal

## 4.2.2 DESCRIÇÃO DOS PROGRAMAS

São apresentados a seguir os programas do Sistema Identificação e os arquivos principais gerados por eles.

### 4.2.2.1 MADSIST/BAS

- Acesso ao Sistema de Identificação ou lista as aplicações possíveis para uma determinada espécie (FIG. 14).

- Saída: (1) Identificação da espécie.

(2) Aplicações de uma espécie.

### 4.2.2.2 CHAVMADO

- Após a escolha da opção "1" no programa anterior, programa "menu" começa a ser executado.

- Saída (vídeo):

"Madeira porosa com parênquima distinto sob lente...

"Madeira porosa com parênq. indist. sob lente ...

"Madeira não porosa.....

? A#

- Após se analisar a amostra de madeira, e se digitados dos três valores possíveis, começam a ser executados os programas

#### 4.2.2.3 CHAVMAD

Esse programa passa a ser executado após, no programa CHAVMADO, ter sido digitado o caracter 1, correspondente a "madeira rosa com parênquima distinto sob lente".

O caracter 1 escolhido não se trata do número 1, e sim, símbolo 1, ou seja, do alfanumérico A\$ que é igual a 1.

Isso se faz necessário devido ao fato de que o código f de uma certa madeira - denominado MAD\$, será a "soma" (junção) todos os caracteres selecionados para se identificar determinada madeira. Como exemplo, se A\$="1" e B\$="5", o valor resultante de C + B\$ será igual a "15" (junção).

O computador apenas efetua uma grande junção dos caracteres, sem efetuar a "adição" entre os valores selecionados.

O programa CHAVMAD inicialmente não podia ser totalmente carregado na memória, sendo necessário subdividi-lo em outros programas, que podiam ser acessados ao se escolher a opção B\$.

- Saída (vídeo):

"Parenq. em disp. concêntrica .....(1)"

"Parenq. alif de ext. losangular.....(2)"

"Parenq. alif simples de ext. linear.....(3)"

"Parenq. predom vasic abund ou vasic escasso...(4)"

"Parenq. confl deriv do parenq vas ou alif

confl em trech longos.....(5)"

"confl em trech curtos.....(6)"

"Parenq. difuso aparent em disp linear.....(7)"

"Parenq. difuso e esparso.....(8)"

?B\$

O programa CHAVMAD continuava a ser executado quando foram selecionados os caracteres 1, 2, 3 ou 5. Em outras palavras, ao final do programa seriam obtidas as madeiras de códigos iniciados 11, 12, 13, 14, ou 15, pois o primeiro dígito corresponde a A#.

#### 4.2.2.4 CHAVMAD 1

Esse programa passa a ser carregado quando se escolhe o valor de igual a 4, 6, 7 ou 8.

Dessa forma, ao final da execução, podem ser obtidas madeiras que iniciam pelos códigos 14, 16, 17 ou 18.

#### 4.2.2.5 CHAVMAD 2

Esse programa começa a ser carregado, quando o valor de for igual a 2 ou 3. Apesar de englobar duas categorias de madeiras completamente distintas, na verdade, a escolha do caracter transfere a execução do programa para madeiras coníferas comerciais.

O Brasil dispõe de apenas dois representantes de coníferas - Pinho-do-paraná (*Araucaria angustifolia*) e Pinheirinho bravo (*Podocarpus spp*) - tendo sido destinado a eles, respectivamente, os dígitos 31 e 32.

#### 4.2.3 CÓDIGO DA MADEIRA

Ao final da execução dos programas anteriores, exceção feita ao CHAVMADO (programa de direcionamento), eram obtidos os códigos das madeiras, que se encontram no Anexo 1.1

O código final denominado MAD\$, era obtido pela junção dos caracteres selecionados anteriormente, constituindo-se em fator de diferenciação entre as espécies.

A quantidade de caracteres selecionados variava de um mínimo de 2 até um máximo de 15, dependendo das características da espécie.

Em alguns casos, conforme ocorre no MANUAL DE IDENTIFICAÇÃO, não se obtinha uma unicidade de madeiras como saída.

Foram, então, introduzidas possibilidades de escolha de características subjetivas, como forma de se estabelecer uma correspondência entre o código da madeira e a madeira. Como exemplo, amargo e muito amargo diferenciavam, respectivamente, Angelim-goso (*Vatairea fusca*) de Faveira-amarela (*Vatairea guaianensis*).

O código final, assim obtido, será de grande importância para as etapas posteriores, devendo ser gravado em um arquivo, que seja possível se efetuarem comparações posteriores, ou eventualmente se trocar o código obtido por um código mais simples.

#### 4.2.4 GERAÇÃO DE ARQUIVOS

Para cada madeira descrita por MAINIERI et alii (1983) foram atribuídos códigos iniciados por 1, 2 ou 3, constando cada código de 2 a 15 caracteres. Por exemplo, para a madeira Cedro (*Cedrela sp.*) foi associado o código 111221 e para Copaíba (*Copaifera langsdorffii*) foi associado o código 113221.

Porém, para algumas espécies, não ocorre unicidade de código, como exemplo, para a madeira Saboarama (*Swartzia laevicarpa*) associados os códigos 117112, 11512122 e 11511221. Esses códigos distintos deve-se ao fato de que a citada madeira aparece como em três lugares distintos do MANUAL DE IDENTIFICAÇÃO.

Para se evitar três gravações, ou até mais, por espécie foi necessário criar um arquivo sequencial denominado TROCACOI onde foram gravados os códigos a serem substituídos (Anexo 1.2)

Para o caso específico da madeira Saboarana foram feitas gravações dos códigos, denominados de código novo (117112), e código antigo (11512122 e 11511221).

Se na execução do Sistema de Identificação fosse encontrado um dos códigos antigos, esse código seria convertido num código novo, através do programa ESTOCACO/BAS. Esse código novo, que se torna o único por espécie, será importante para o acesso ao arquivo de gravações.

#### 4.2.5 DESCRIÇÃO DOS ARQUIVOS PRINCIPAIS

A seguir são descritos os arquivos principais do Sistema de Identificação, baseados no Manual de Identificação.

##### 4.2.5.1 ARQUIVO TAXMAD (QUADRO 11 )

A descrição do campo de gravação dos registros tem o seguinte formato:

FIELD 1,20 AS COD\$, 2 AS NM\$, 25 AS NV\$, 46 AS NB\$, 35 AS OC\$, 35 AS SI\$, onde:

COD\$ = Código da madeira a ser obtido pelos programas

NM\$ = Número da madeira no MANUAL DE IDENTIFICAÇÃO

NV\$ = Nome vulgar (denominação mais comum);

NB\$ = Nome botânico (denominação científica);

OC\$ = Ocorrência da espécie (estados ou regiões);

SI\$ = Sinonímia (outros nomes vulgares);

Nome da madeira	Número da madeira	Referência botânica	Zona de maior ocorrência	Sinonímia vulgar
CONDURU: MUIRAPIRANGA	99	<i>Brosimum lanciferum</i> Ducke <i>Brosimum parvense</i> Hub. <i>Brosimum rubescens</i> Taub.	AM, PA, AP, PE, BA	Amago-de-conduru, Conduru-de-sangue, Conduru-vermelho, Gonduru, Gunduru, Muirapiranga, Pau-rainha, Uanta
COPAIBA	21	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf. <i>Copaifera martii</i> Hayne <i>Copaifera multijuga</i> Hayne <i>Copaifera officinalis</i> L. <i>Copaifera trepezifolia</i> Hayne	MG, ES, RJ, SP, PR, SC, MT	Caobi, Copai, Copaliba-preta, Copaliba-vermelha, Copaiuva, Cupaiba, Óleo-amarelo, Óleo-branco, Óleo-copaliba, Pau-de-óleo
CORAÇÃO-DE-NEGRO	53	<i>Pocilanthe parviflora</i> Benth.	SP (Oeste), PR (Norte)	Jacarandé-de-mato-grosso, Pau-ferro, Pau-jantar
CORAÇÃO-DE-NEGRO	46	Ver MUIRAPIXUNA		
CUMARU	123	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd. <i>Dipteryx</i> spp	AM, PA, MT	Cumari, Cumaru-roxo, Cumbaru, Fava-tonka, Muirapapé
CUPIUBA	208	<i>Goupia glabra</i> Aubl.	AM, PA	
FARINHA-SECA	42	<i>Basilozylon brasiliense</i> (Fr. Allem.) K. Schum.	MG, ES	Agoiande, Folheiro, Pau-ral
FARINHA-SECA	84	<i>Mecheerium glabrum</i> Vog	RS, SC	
FAVA-FOLHA-FINA	107	<i>Piptadenia suaveolens</i> Miq.	AM, PA, AP	Fava-de-folha-miúda, Paricá-branco, Timborana
FAVA-ORELHA-DE-NEGRO	91	<i>Enterolobium maximum</i> Ducke	PA, AC, AM, MT	Cassipá, Timborana
FAVECA-VERMELHA	181	Ver ARAPATI		
FAVEIRA	145	<i>Vataireopsis speciosa</i> Ducke	AM, PA	
FAVEIRA-AMARELA	118	<i>Vatairea guianensis</i> Aubl.	AM, PA	Fava-bolacha, Faveira, Faveira-de-impingem, Faveira-grande-do-igapó
FAVEIRA-BOLACHA	158	<i>Vatairea parvensis</i> Ducke	PA, AP	
FAVEIRA-DE-ARARA	80	<i>Parkia multijuga</i> Benth.	AM, PA, MT, RO	Fava-ataná
FAVEIRA-DURA	148	<i>Enterolobium schomburgkii</i> Benth.	PA, MT	Fava-de-roca, Faveira-de-roca, Timborana, Sucupira-amarela
FAVEIRO	130	<i>Pterodon pubescens</i> Benth.	SP e MG (Oeste), MT e GO (Sul)	Fava, Faveiro-amarelo, Sucupira-branca, Sucupira-lisa



#### 4.2.5.2 ARQUIVO NUMIPT/DAT

Esse arquivo sequencial de um único registro é gerado a partir do arquivo TAXMAD, de onde se copia o número do IPT (Nº). Esse valor será necessário para se utilizar no arquivo seguinte.

#### 4.2.5.3 ARQUIVO ANATMAD (QUADRO 12)

A descrição do campo de gravação dos registros tem o formato:

FIELD 1,2 AS NM#, 250 AS DA#

onde:

NM# = Número da madeira no MANUAL de MAINIERI et alii

DA# = Descrição anatômica da espécie.

Optou-se, na geração desse arquivo, por gravar o número IPT (NM#), que tem no máximo 3 dígitos, do que gravar o código madeira (COD#) que poderia ter até 15 dígitos.

Ocorre, portanto, a necessidade de se consultar o arquivo "transitório", NUMIPT/DAT, para se obter o valor NM# referente à espécie.

Na geração do arquivo ANATMAD, o valor da descrição anatômica (DA#) às vezes excedia ao valor do campo a ele reservado.

Tornava-se, então, necessário reservar dois registros para determinadas espécies. Esses registros passaram a ser numerados sequencialmente, com o acréscimo de 1000 ao registro, cujo campo era insuficiente para descrever anatomicamente a espécie.

Por exemplo, a descrição anatômica da madeira Mangue-velho (*Rhizophora mangle*) está contida no registro único de número 265, ao passo que a descrição anatômica da madeira Guarajuba (*Tigiala brasiliensis*) necessita dos registros 88 e 1088.

## QUADRO 12 Descrição anatômica da espécie (MANUAL)

99. Parênquima muito pouco contrastado, visível apenas sob lente, escasso, tipicamente aliforme, com expansões curtas; poros visíveis apenas sob lente, poucos, muito pequenos a pequenos, geralmente obstruídos por tilas ou substância branca, raios visíveis apenas sob lente no topo e na face tangencial; camadas de crescimento indistintas; cerne vermelho-coral a castanho-avermelhado, com veios mais escuros

CONDURU; MUIRAPIRANGA

*Brosimum* spp

100. Parênquima contrastado, visível apenas sob lente, aliforme, com expansões laterais lineares, finas, localmente confluentes; poros visíveis apenas sob lente, pouco numerosos, solitários em maioria, pequenos, freqüentemente obstruídos por tilas; raios visíveis só sob lente no topo e na face tangencial; camadas de crescimento demarcadas por zonas fibrosas mais escuras, cerne bege-acastanhado ou castanho-claro amarelado, eventualmente com veios longitudinais escuros

LEITEIRA

*Brosimum* spp

101. Parênquima muito pouco contrastado, visível apenas sob lente, aliforme escuro, com finos e curtos prolongamentos laterais; poros visíveis apenas sob lente, pouco numerosos, muito pequenos a pequenos, solitários em maioria, obstruídos por tilas; raios só visíveis sob lente no topo e na face tangencial; camadas de crescimento indistintas; cerne vermelho-chocolate ou castanho-escuro, levemente arroxeado, com numerosas manchas negras, isoladas ou agrupadas

MUIRAPINIMA

*Piratinera guianensis*

### 4.2.6. DESCRIÇÃO DOS ARQUIVOS SECUNDÁRIOS

Na gravação de arquivos sobre madeira são utilizados grandes volumes de dados, sendo que a gravação correta de todos os registros é mais uma exceção do que uma regra.

Deve-se, portanto, preparar programas que listem as informações gravadas, e que possibilitem inclusões e/ou exclusões de registros nos arquivos.

Outro detalhe a ser considerado, deve-se ao fato de que raramente um arquivo é gravado de uma única vez, devendo-se, pois, prever a necessidade de continuação das gravações.

#### 4.2.6.1 ARQUIVO NOMAPLI/DAT (QUADRO 13)

Como um encarte do MANUAL DE IDENTIFICAÇÃO, vem uma tabela de dupla entrada, onde nas linhas aparecem nomes das 268 madeiras estudadas e nas colunas estão as 55 possíveis aplicações para essas madeiras. Além dessas madeiras estudadas no IPT foram incluídas 35 espécies estudadas por LOUREIRO et alii (1979).

As aplicações foram agrupadas de acordo com o tipo, por exemplo:

Aplicações externas (tipo) - se subdividem em aplicações (nomes), tais como: mourões, postes, etc.



Ao final da gravação ter-se-ia ABIú (0100000011110110 para as 55 posições.

A descrição do campo de gravação dos registros tem o foito:

FIELD 1,2 AS ND\$, 50 AS NV\$, 40 AS NB\$, 20 AS FM\$, onde

ND\$ = Número da madeira no MANUAL DE IDENTIFICAÇÃO

NV\$ = Nome vulgar

NB\$ = Nome botânico

FM\$ = Família

#### 4.2.6.3. ARQUIVO TROCACOD/DAT

Nesse arquivo sequencial constavam o número antigo da deira e o número novo, conforme descrito em 4.2.4, para madeiras eventualmente tivessem mais do que um código.

#### 4.2.7 PROGRAMAS DE GERAÇÃO E CORREÇÃO DE ARQUIVOS

Nos itens 4.2.7.1 até 4.2.7.15 são apresentados resummente os programas de geração e correção dos arquivos.

##### 4.2.7.1 CONSULT/BAS

- Abertura do arquivo APLIMAD/DAT e listagem do conteúdo seus registros para a constatação de possíveis erros.

#### 4.2.7.2 ARQMADE/BAS

- Gravação, atualização e listagem dos dados do arquivo MAPLI/DAT, dispondo de um "MENU" inicial:

Gravação inicial (1)	Exclusão (4)
Continuação ou inserção (2)	Listagem (5)
Alteração (3)	Fim (6)
?	

#### 4.2.7.3 PROPMADE/BAS

- Abertura dos arquivos APLIMAD/DAT e NOMAPLI/DAT par gravação dos caracteres "0" ou "1" conforme descrito em 4.2.6.2.

#### 4.2.7.4. ESTOCACO/BAS

- Possibilidade de eventuais trocas de códigos para ger do arquivo TROCACOD/DAT

#### 4.2.7.5. TESTECOD/BAS

- Listagem do conteúdo dos registros do arquivo TROCA DAT para possíveis correções.

#### 4.2.7.6. TROCA/BAS

- Permite a gravação do código antigo e do código novo madeira, os quais serão acessados no programa ESTOCACO/BAS.

#### 4.2.7.7 MADWOOD

- 1) Aplicações de uma espécie (1-303)
- 2) Espécies que tem determinadas aplicações (1-55).

#### 4.2.7.8 MADWOOD 2

- Lista a descrição anatômica da espécie.

#### 4.2.7.9 TAXON/BAS

- Gravação inicial, complementação e correção no arq  
TAXMAD.

#### 4.2.7.10 CORRICOD/BAS

- Efetua as trocas dos códigos da madeira.

#### 4.2.7.11 TESTECHA/BAS

- Lista o conteúdo do arquivo ANATMAD para correção.

#### 4.2.7.12 ANATOM/BAS

- Descrição anatômica da espécie para efeito de correção

#### 4.2.7.13 MADIPT/BAS

- Gravação do arquivo ANATMAD.
- Arquivo temporário para a correção de código.

#### 4.2.7.14 CERNE/BAS

- Com CÓDIGO/DAT e TAXMAD são impressas as características anatômicas da espécie.

#### 4.2.7.15 TAXTESTE/BAS

- Lista os registros do arquivo TAXMAD para verificação

### 4.3 CÓDIGO DAS MADEIRAS

Nas FIG. 15 são mostrados esquematicamente os elementos anômicos da madeira e nas FIG.16-A até FIG. 16-P, são apresentadas as divisões de madeiras que apresentam o parênquima distinto sob lente

CÓDIGO

DISCRIMINAÇÃO

- 
- 1 MADEIRAS POROSAS COM PARÊNQUIMA DISTINTO SOB LENTE
- 
- 11 Parenq. em disposição concêntrica
- 111 Exclusivamente em faixas marginais (FIG. 16-A).
- 112 Parenq. em faixas marg., afast., intercaladas por zonas de parenq. aliforme simples (FIG. 16-B).
- 113 Parenq. em faixas marg., afast., intercaladas por zonas de parenq. vasicêntrico escasso (FIG. 16-C).
- 114 Parenq. em linhas finas, aprox., ordenadas e cont., formando com os vasos um reticulado (FIG. 16-D).
- 115 Parenq. em faixas ou linhas aprox., sinuosas, envolvendo ou ligando os poros (FIG. 16-E).
- 116 Parenq. em faixas ou linhas aprox., reg. espaçadas, formando arcos entre os raios (FIG. 16-F).
- 117 Parenq. em faixas ou linhas múltiplas, contínuas, nem sempre reg., altern. com zonas de parenq. alif. (FIG. 16-G).
- 118 Parenq. em faixas ou linhas múltiplas, contínuas, nem sempre reg., alt. com zonas de parenq. alif e difuso (FIG. 16-H).
- 12 Parenq. aliforme de extensão losangular (FIG. 16-I).
- 13 Parenq. aliforme simples de extensão linear (FIG. 16-J).
- 14 Parenq. predom. vasic. abundante ou vasic. esc. (FIG. 16-K).
- 15 Parenq. confl., derivado do parenq. vasic. ou alif.,

- confl. em trechos curtos assoc. vários poros (FIG. 16-M)
- 16 Parenq. confl., derivado do parenq. vasic. ou alif.,  
confluente em trechos longos, irreg., assoc. vários po-  
ros, tendendo a formar faixas concêntricas (FIG. 16-N).
- 17 Parenq. difuso, porém aparent. em disp. linear, tendenc  
formar com os raios uma trama irregular (FIG. 16-O).
- 18 Parenq. difuso e esparso (FIG. 16-P).

---

2 MADEIRAS POROSAS EM QUE O PARENQUIMA É INDISTINTO  
MESMO SOBLENTE

---

21 Madeiras com poros total ou parcialmente vazios

211 Poros exclusivamente solitários

212 Poros solitários e múltiplos

22 Madeiras com poros totalmente obstruídos

---

3 MADEIRAS NAO POROSAS

---



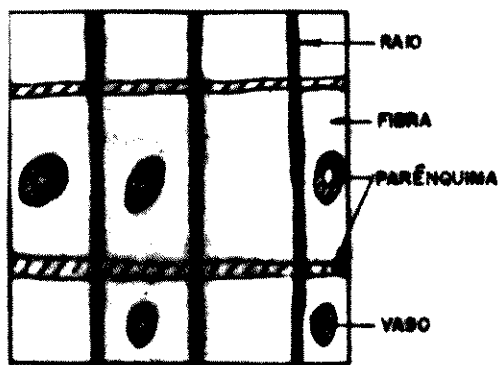


FIG. 15 Representação esquemática

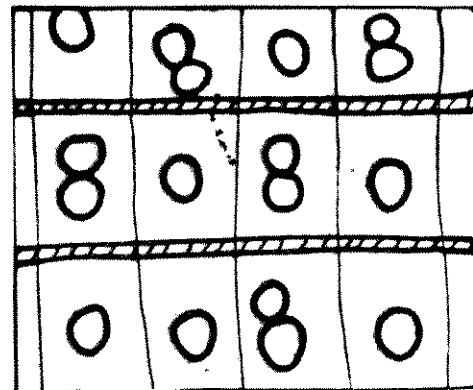


FIG. 16-A- Parenq exclusiv

faixas marginais

Ex: Mogno

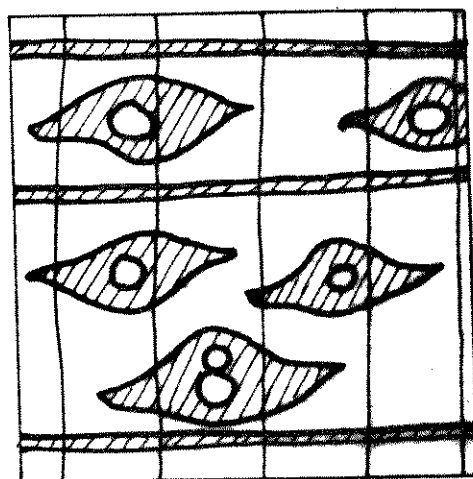


FIG. 16-B -Parenq em faixas marg,  
afast, interc por zonas  
de parenq alif simples  
Ex: Jatobá

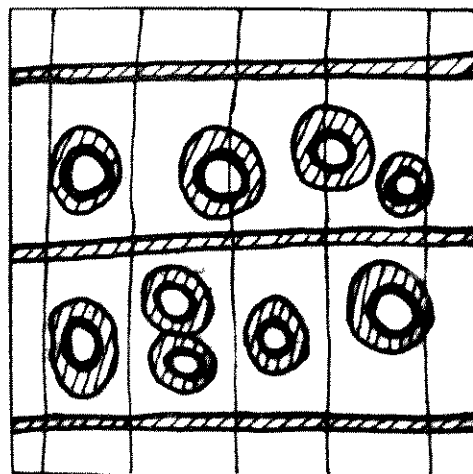


FIG. 16-C- Parenq em faixa  
marg, afast, interc  
por zonas de par  
vasic escasso  
Ex: Copaliba

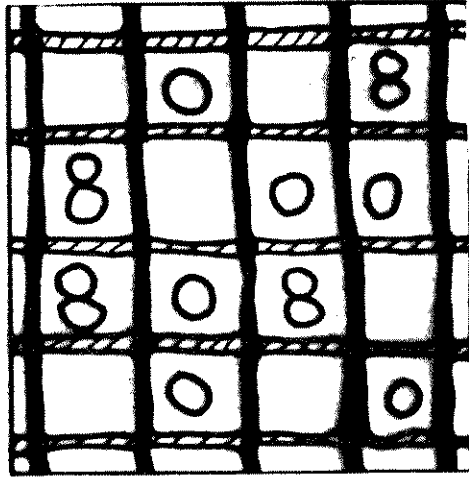


FIG. 16-D - Parenq em linhas finas  
aprox, orden e contínuas  
form com raios um fetic  
Ex: Sapucaia

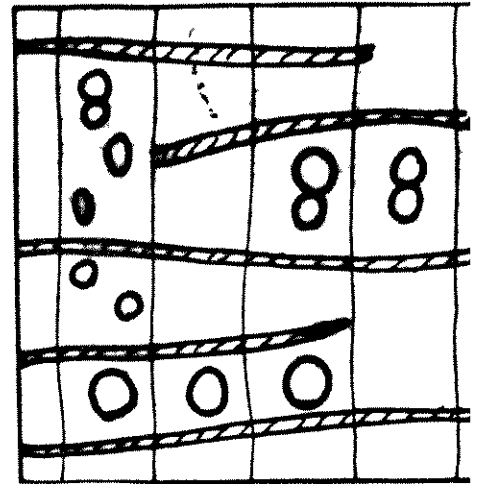


FIG. 16-E Parenq em faixas  
linhas aprox, sinu  
env ou lig os por  
Ex: Jacareúba

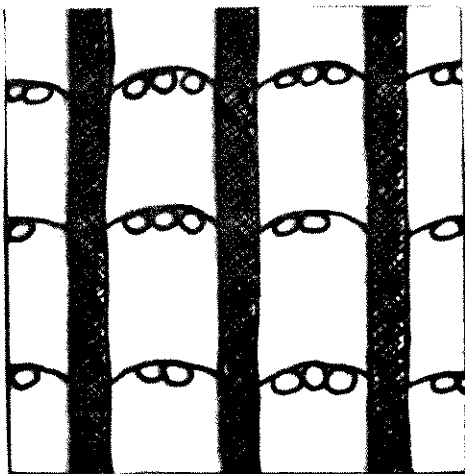


FIG. 16-F - Parenq em faixas ou  
linh aprox, reg esp  
form arcos com os raios  
Ex: Grevílea

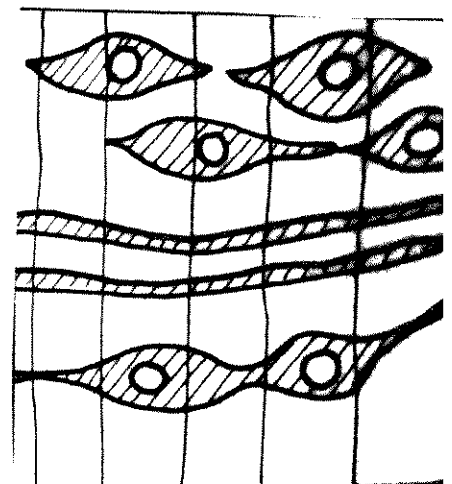


FIG. 16-G - Parenq em faixas  
linh mult, cont, n  
sempre reg, alif  
zonas de parenq  
Ex: Jacarandá par

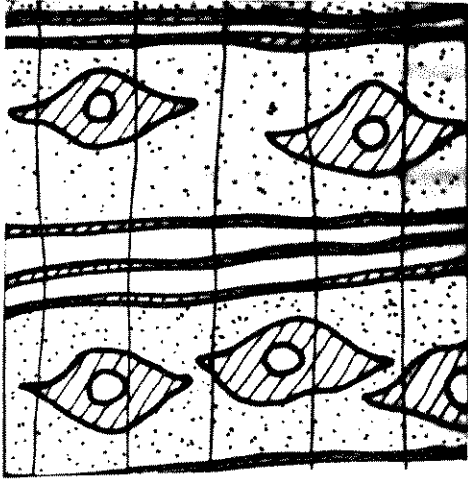


FIG. 16-H -Parenq em faixas ou  
linh mult, cont, nem  
sempre reg, altern  
com zonas de parenq  
alif e difuso  
Ex: Jacarandá da baía

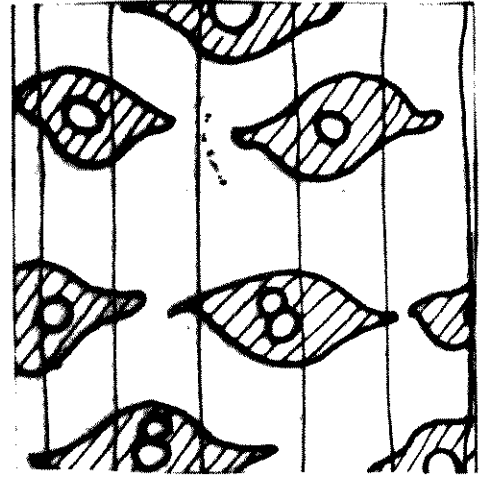


FIG. 16-I -Parenq aliforme de  
extensão losangul  
Ex: Cumarú

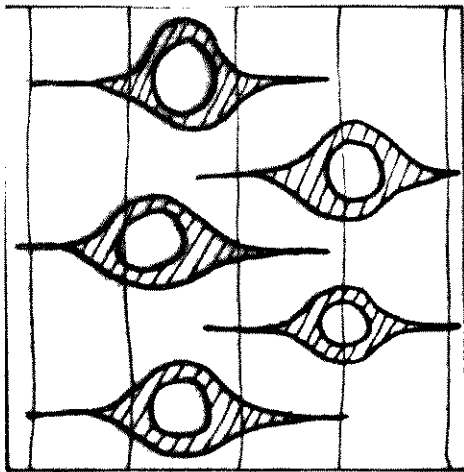


FIG. 16-J -Parenq aliforme  
simples de ext  
linear  
Ex: Pau rainha

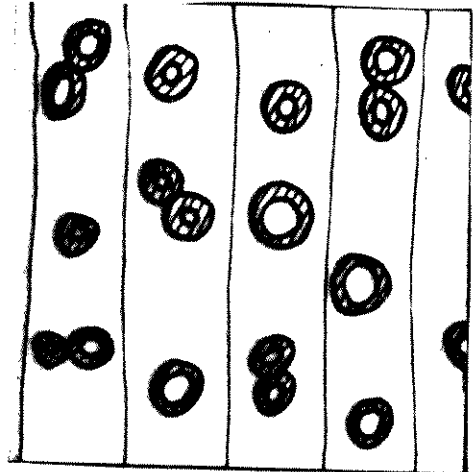


FIG. 16-L -Parenq predomin  
vasic abund ou  
vasic escasso  
Ex: Guapuruvu

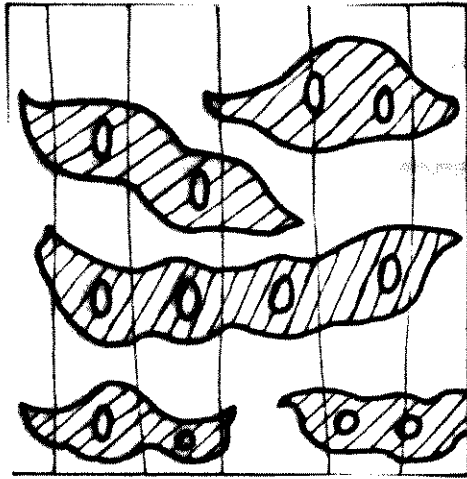


FIG. 16-M -Parenq confl deriv do

parenq vasic ou alif,  
confl em trech curtos  
assoc varios poros

Ex:Acapu

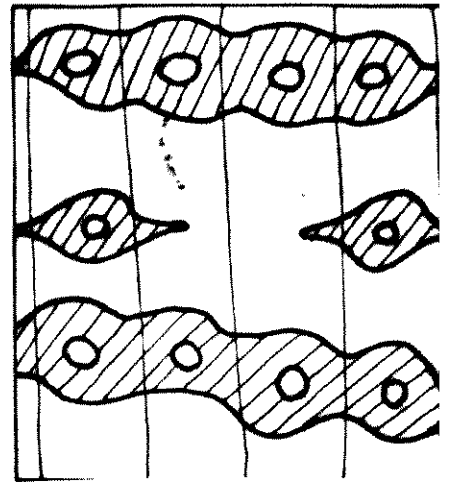


FIG. 16-N -Parenq confl der

parenq vasic ou  
confl trech lon

assoc varios por

tend a faixas co

Ex:Angelim pedra

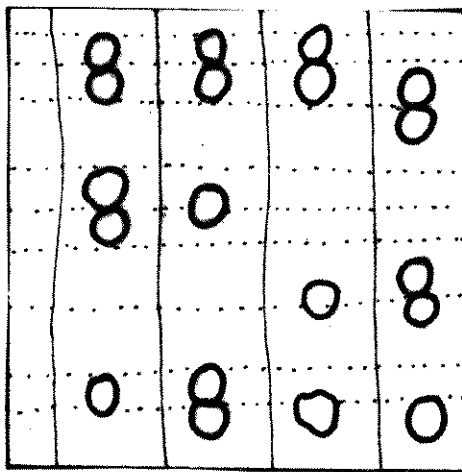


FIG. 16-O -Parenq difuso,porém

aparent em disp linear

tend a formar com os

raios trama irreg

Ex:Piquié

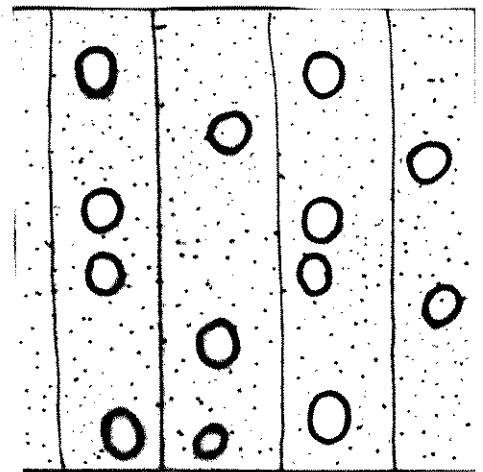


FIG. 16-P -Parenq difuso

e esparso

Ex:Cupiúba

#### 4.4 COLETA DE AMOSTRAS

O Centro de Pesquisas de Produtos Florestais (CPPF), Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), com o intuito de caracterizar espécies regionais de interesse comercial, procurava determinar determinada quantidade de árvores por espécie, como forma de qualificar a espécie, conforme recomenda a Norma COPANT. Essas amostras são retiradas, portanto, de diversas toras de cada espécie, tentando, ainda, na serraria, um volume razoável de madeira, que poderia ser utilizada como corpos de prova de pequenas dimensões.

As amostras foram cortadas em barras prismáticas de dimensões 2x2x30 (cm), conforme recomenda a ABNT, sendo feita uma avaliação expedita do peso específico pelo método direto (QUADRO 15).

As barras, armazenadas em galpões da serraria do IIA, apresentavam-se com teor de umidade variável entre 11 e 18%.

As madeiras haviam sido identificadas anatomicamente, e foram numeradas de acordo com a espécie e conforme o projeto que o IIA estava desenvolvendo.

Posteriormente, foram atribuídos códigos que identificavam a espécie, a barra e o número do corpo de prova. Por exemplo, "A7", significava o corpo de prova nº7, da barra A, da madeira deleiro (10).

QUADRO 15 Relação das espécies estudadas no CPPF-2x2x30 cm

Número	Nome Vulgar	Nome Botânico	Nºbarras	Variação peso específico(g/cm <sup>3</sup> )
1	CUMARURANA	<i>Dipteryx alata</i> Vogel, Leg.	6	0,91-1,00
2	CUMARU	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Wild., Leg.	6	1,00-1,06

3	FAVA-ARARA- TUCUPI	<i>Enterolobium schomburgkii</i> Benth, Leg.	5	0,64-0,71
4	LOURO-CHUMBO	<i>Licaria canella</i> (Meissn) Kost., Laur.	4	1,08-1,18
5	SUCUPIRA- VERMELHA	<i>Andira parviflora</i> Ducke, Leg.	6	0,73-0,79
6	LOURO-INAMUY	<i>Ocotea cymbarum</i> H.B.K., Laur.	5	0,39-0,60
7	SUCUPIRA- AMARELA	<i>Hymenolobium pulcherrimum</i> Ducke, Leg.	6	0,67-0,82
8	CUPIUBA	<i>Goupia glabra</i> Aubl, Goup.	7	0,82-0,92
9	MAÇARANDUBA	<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) Standl, Sap.	5	0,97-1,21
10	CARDEIRO	<i>Sclerocnema micranthum</i> (Ducke), Bomb.	6	0,68-0,75
11	PAU-RAINHA	<i>Brosimum rubescens</i> Taub., Morac.	6	1,33-1,35
12	PAU-D'ARCO	<i>Tabebuia serratifolia</i> (G. Don) Nichols, Bign.	5	1,13-1,22
13	TANIBUCA	<i>Buchenavia oxycarpa</i> Eichl, Combr.	4	0,49-0,70
14	TAUARI	<i>Couratari stellata</i> A.C. Smith, Lecith.	4	0,51-0,57
15	CEDRORANA	<i>Cedrelinga catenaeformis</i> Ducke, Leg.	6	0,37-0,69

#### 4.5 ENSAIOS FÍSICOS

Essas amostras foram depois serradas em corpos de prova dimensões 2x2x3 (cm), e utilizadas nos ensaios de caracterização física e mecânica.

A marcação dos corpos de prova foi feita com "lápiz cóp" para que não houvesse dificuldade na identificação posterior amostras, principalmente quando mergulhadas em água.

As madeiras denominadas Fava-arara-tucupi e Fava-orelha macaco (*Enterolobium schomburgkii*), posteriormente mostraram-se as mesmas, tendo havido um engano na coleta do material na serra.

Por outro lado, observou-se que a madeira denominada Pau-rainha apresentava uma faixa de variação de peso específico muito estreita. Provavelmente deveria ser um material proveniente de única árvore, ou então, de um número reduzido de árvores, não afastando, porém, a hipótese de ser uma característica própria.

A madeira Pau-rainha por ter um desenho extremamente atraente, além de apresentar um acabamento esmerado, faz com que peças menores resultantes do desdobro sejam muito procuradas para fins decorativos e artesanais, conforme pode ser verificado.

As espécies citadas no QUADRO 15 foram destinadas a ensaios diferentes: deformação em função da umidade e resistência à compressão paralela em função da umidade e do peso específico.

O Pau-rainha, por razões já expostas, foi incluído juntamente com as espécies relacionadas no QUADRO 16 para se estudar o efeito da umidade na compressão paralela às fibras.

Os corpos de prova foram retirados de uma única barra, procurando-se evitar, dessa forma, a influência do peso específico.

**QUADRO 16** Relação das espécies estudadas no CPPF-INPA- Compre  
paralela às fibras em função da unidade

Número	Nome Vulgar	Nome Botânico
11	PAU-RAINHA	<i>Brosimum rubescens</i> Taub.
25	CASTANHA-JACARÉ	<i>Corythopora cymosa</i> Rodr.
37	CARDEIRO	<i>Scleronema micranthum</i> Ducke
33	SUCUPIRA-VERMELHA	<i>Andira parviflora</i> Ducke
36	CUMARU	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl) Willd.
39	PAU-D'ARCO	<i>Tabebuia serratifolia</i> (G.L. Nichols)
41	CEDRORANA	<i>Cedrelinga catenaeformis</i> Ducke
43	CUPIÚBA	<i>Goupia glabra</i> Aubl.
46	CUMARURANA	<i>Dipteryx alata</i> Vogel
47	MAÇARANDUBA	<i>Manilkara huberi</i> (Ducke) Standl

**4.5.1 DADOS PROVENIENTES DE OUTRAS FONTES**

Além das madeiras, estudadas no CPPF, foram anexadas as amostras sobre compressão paralela em função de unidade, fornecidas pelo IPT e pelo ITERS (Instituto de Tecnologia do Rio G. do S. conforme o QUADRO 17, para espécies ensaiadas de acordo com MB-

**QUADRO 17** Relação das espécies de outras fontes

Número	Nome Vulgar	Nome Botânico
50	ALMECEGA	<i>Protium</i> sp
51	CEDRO-BRANCO	<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.



52	GRACUÍ	<i>Yatairca heteroptera</i> Ducke
53	CAST DE CUTIA	<i>Aciaea</i> sp
54	GOROROBA	<i>Licania</i> sp
55	CARAÍPERANA	<i>Caraipa densiflora</i> Mart.
56	ARAPARI	<i>Macrolobium acacifolium</i> Ducke
57	TENTO	<i>Ormosia</i> sp
58	CAUCHO	<i>Castillos ulei</i> Warb.
59	TACHI BRANCO	<i>Sclerolobium</i> sp
60	INGAZEIRO	<i>Inga alba</i> (Sw.) Willd.
61	CAJU-AÇU	<i>Anacard. gig.</i> Benth. ex. Engl.

#### 4.5.2 VARIACÃO DIMENSIONAL EM FUNÇÃO DA UMIDADE

Com relação ao ensaio de deformação em função da umidade foram ainda estudadas no INPA as espécies relacionadas QUADRO 18

QUADRO 18 Relação das espécies estudadas no INPA

Número	Nome Vulgar	Nome Botânico
16	PIQUIA-MARFIM	<i>Aspidosperma obscurinervium</i> Azambuja
17	MANDIOQUEIRA	<i>Qualea paraensis</i> Ducke
18	UCUUBA-VERMELHA	<i>Virola</i> sp
19	UCUUBA-BRANCA	<i>Osteopholeum platyspermum</i> Warb
20	CORAÇÃO-DE-NEGRO	<i>Swartzia ingaeifolia</i> Ducke
21	GUARIUBA	<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz et Pavon.
22	ANGELIM ARARÓBA	<i>Yataireopsis araroba</i> (Aguilar) Ducke
23	QUARUBARANA 1	<i>Eriema uncinatum</i> Warm.
24	LOURO-ARITU	<i>Licania aritu</i> Ducke
25	CASTANHA-JACARÉ	<i>Corythophora rimosa</i> Rodr.
26	MARUPÁ	<i>Sinacuba amara</i> Aubl.
27	LOURO-GAMELA	<i>Nectandra rubra</i> (Mez) C.K. Allen

28	PARA-PARA	<i>Jacaranda copaia</i> (Aubl.) D. Don.
29	UCUUBA-PUNK	<i>Iryanthera tricornis</i> Ducke
30	MUIRATINGA	<i>Olmediodorobea sclerophylla</i> Ducke
31	ANGELIM-PEDRA	<i>Dinizia excelsa</i> Ducke
32	CEDRO	<i>Cedrela odorata</i> L.
34	ANGELIM-DA-MATA	<i>Hymenolobium excelsum</i> Ducke
38	MACUCU-DE-PACA	<i>Aldina heterophylla</i> Benth
42	LOURO	<i>Nectandra</i> sp
44	QUARUBARANA 2	<i>Ericma fuscum</i> Ducke
45	ANDIROBA	<i>Carapa guianensis</i> Aubl.
48	CORAÇO-DE-NEGRO	<i>Swartzia panacoco</i> (Aubl.) Cowan
49	ITAÚBA	<i>Mezilaurus itauba</i> (Meissn.) Taub.

Todas as amostras deveriam ter sido cortadas nas dimensões 2x2x3 (cm), porém algumas delas acidentalmente foram cortadas e mensões um pouco maiores, por se tratar de medidas não padronizadas para os ensaios utilizando a Norma COPANT.

Tal fato, no entanto, não implica em maiores distorções nos cálculos das deformações em função da umidade, devido ao fato de as dimensões finais se encontrarem dentro da faixa de tolerância normalmente obtida nas serrarias.

#### 4.5.3 SEQUENCIA DE MEDIÇÕES

A forma mais adequada de se estudar a influência da umidade nas deformações da madeira seria acompanhar a sequência natural de secagem da madeira.

Dessa forma os corpos de prova deveriam ser medidos na condição saturada e, após algum tempo, efetuadas as medições na madeira seca ao ar.

Por último, as amostras seriam secas em estufa a  $103 \pm 2$  durante 48 horas, efetuando-se as medidas nos corpos de prova. De re, porém, que as madeiras encontradas no CPPF- INPA encontravam no estado intermediário, denominado madeira seca ao ar.

Surgiram, portanto, duas possibilidades de prosseguimento dos trabalhos, os quais apresentavam caminhamentos opostos.

Por um lado, a secagem em estufa provocaria o aparecimento de fissuras nas amostras, as quais provocariam uma maior absorção de água na fase de saturamento das amostras. Por outro lado, na saturação inicial ocorreria a eliminação de extrativos da madeira, mudando-se aparentemente as características da espécie.

Foi escolhido, então, o segundo processo, por se acreditar que os efeitos negativos advindos do mesmo seriam de menor importância, principalmente entre as madeiras leves.

#### 4.5.4 MARCAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Os corpos de prova, que deveriam ser cortados de forma que houvesse um lado da secção paralela aos anéis de crescimento, foram marcados de forma diferente.

Isso se tornou necessário devido ao fato de que, após a saturação, as amostras de madeiras claras geralmente são impregnadas superficialmente pelos extrativos das madeiras escuras, que são tirados pela água.

Mesmo nas madeiras escuras saturadas torna-se difícil a distinção entre as faces radiais e tangenciais, por não ser nítida a disposição dos anéis de crescimento.

#### 4.5.5. EXECUÇÃO DO ENSAIO DE CONTRAÇÃO

As amostras inicialmente foram pesadas em balança semi-lítica com sensibilidade de 0,01g, efetuando-se também as medidas das dimensões lineares, através de micrômetros STARRET.

Para cada amostra se utilizavam dois micrômetros STAR com aberturas tais que pudessem medir valores próximos de 2 cm e 3 cm, respectivamente.

No primeiro deles se efetuavam as medidas radiais (tangencial) e tangenciais (face radial), ao passo que, no segundo efetuavam as medidas axiais, conforme pode ser visto esquematicamente na FIG. 17.

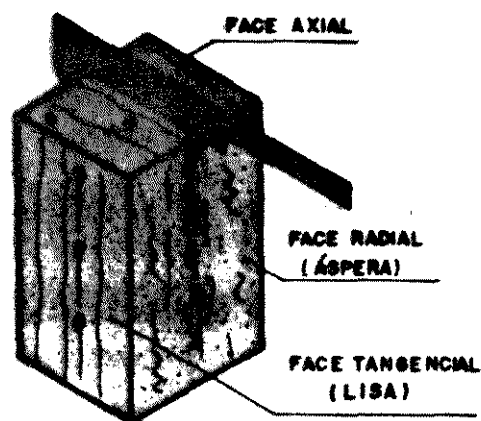


FIG.17 Esquema das medições por eixo.

Os corpos de prova foram colocados em pequenos sacos plásticos e deixados em baldes com água, durante cerca de 20 dias, período suficiente para ultrapassarem o ponto de saturação das fibras.

Repetiam-se, então, as mesmas operações efetuadas para amostras de madeiras secas ao ar.

Posteriormente, após ficarem à sombra durante duas semanas para que se minimizasse o aparecimento de fissuras, as amostras foram secas em estufa, de acordo com o método MB-26.

Para cada madeira foram anotados os dados em uma tabela.

onde constavam a espécie, o número do corpo de prova, as dimensões e o peso. No QUADRO 19 pode ser observado um exemplo das medições efetuadas por amostra, além da média das mesmas por eixo.

QUADRO 19 Exemplo das medições efetuadas nos corpos de prova

CP	ESTUFA				AMBIENTE				SATURADO			
	RD	TG	AX	PO	RD	TG	AX	PH	RD	TG	AX	PS
	1920	1890	3023		1984	1970	3029		2004	2000	3040	
	1916	1887	3025		1981	1969	3027		2004	2001	3032	
	1921	1893	3027		1980	1967	3024		2007	2003	3022	
M	1919	1890	3025	10.31	1982	1969	3027	11.67	2005	2001	3033	13.29

Obs.: As dimensões foram multiplicadas por 1000 e os pesos são dados em gramas.

Para efeito de cálculos foram utilizadas apenas as dimensões médias de três medições por eixo, para cada amostra, por unidade.

#### 4.5.6 COMPARAÇÃO ENTRE O MÉTODO COPANT E MEDIDA DIRETA NA DETERMINAÇÃO DO PESO ESPECÍFICO VERDADEIRO

Para algumas espécies foram feitas tentativas de correlação entre o peso específico saturado e densidade básica, pelo método de medida direta e pelo método da Norma COPANT 465. Por dispensar o envolvimento dos corpos de prova com parafina, este processo não acarretaria modificações nas medidas posteriores de madeiras secas em estufa.

#### 4.5.7 CALCULOS

De posse das dimensões lineares médias por eixo e do das amostras, para cada uma das três condições de umidade, foram efetuados diversos cálculos, tanto para caracterizar fisicamente a espécie como para se efetuar previsões de características mecânicas a partir do peso específico na umidade de 15%.

No cálculo da retração optou-se pela utilização da fórmula (16), a qual tem no denominador o valor correspondente à condição úmida, ao contrário da fórmula (17) que é adotada pela ABNT, na qual a dimensão seca permanece no denominador.

$$Rn1 = ((Dn - D0) / Dn) \cdot 100 \quad (16) \qquad Rn2 = ((Dn - D0) / D0) \cdot 100 \quad (17)$$

Esta segunda forma de representação, agora denominada chamento da madeira, tem valor positivo (aumento), ao passo que a retração tem valor negativo (diminuição).

Na verdade os valores calculados pelas expressões (16) e (17), podem ser relacionados por:

$$CA = \frac{\Delta V}{VV}, \quad CB = \frac{\Delta V}{VO}, \quad \text{onde } CA = \text{Contração COPANT} \\ \text{e } CB = \text{Contração ABNT}$$

$$\Delta V = CA \cdot VV = CB \cdot VO$$

$$CA = \frac{VO}{VV} \rightarrow -CA = -\frac{VO}{VV}$$

$$CB = \frac{VO}{VV} \quad CB = \frac{VO}{VV}$$

Adicionando-se o valor 1 aos membros da equação temos:

$$-CA + 1 = -\frac{VO}{VV} + 1$$

$$CB = \frac{VO}{VV}$$

$$\frac{-CA + 1}{CB} = \frac{-\frac{VO}{VV} + 1}{\frac{VO}{VV}}$$

$$\frac{-CA + 1}{CB} = \frac{-VO + VV}{VO}$$

$$-CA_{CB} + CB = \Delta y = -CA$$

CB VV

$$-CA + CB = -CA \cdot CB$$

$$CB + CA \cdot CB = CA$$

$$CB = \frac{CA}{1 + CA} \quad (42) \quad \text{ou} \quad CA = \frac{CB}{1 - CB} \quad (43)$$

1 + CA

1 - CB

#### 4.5.7.1 UNIDADE

O teor de umidade das amostras foi obtido através do método da estufa, utilizando-se para os cálculos a umidade na base seca.

$$\text{Umidade ambiente : HA} = ((PA - PE)/PE).100\%$$

$$\text{Umidade da madeira verde : HV} = ((PS - PE)/PE).100\%$$

onde PA = peso da amostra seca ao ar (g)

PE = peso da amostra seca em estufa (g)

PS = peso da amostra saturada (g)

#### 4.5.7.2 RETRAÇÕES

As retrações foram calculadas por :

$$\text{Retração radial parcial : RP} = ((RA - RS)/RS).100\%$$

$$\text{Retração tangencial parcial : TP} = ((TA - TS)/TS).100\%$$

$$\text{Retração axial parcial : AP} = ((AA - AS)/AS).100\%$$

$$\text{Retr.vol.parcial: VP} = ((RA.TA.AA) - (RS.TS.AS))/(RS.TS.AS).100\%$$

$$\text{Retração radial total : RT} = ((RE - RS)/RS).100\%$$

$$\text{Retração tangencial total : TT} = ((TE - TS)/TS).100\%$$

$$\text{Retração axial total : AT} = ((AE - AS)/AS).100\%$$

$$\text{Retr.vol.total: VT} = ((RE.TE.AE) - (RS.TS.AS))/(RS.TS.AS).100\%$$

onde : RE, TE, AE são as dimensões radiais, tangenciais e axiais amostras secas em estufa.

RA, TA, AA são as dimensões radiais, tangenciais e axiais amostras secas ao ar.

RS, TS, AS são as dimensões radiais, tangenciais e axiais amostras saturadas.

Obs: Para inchamento repetem-se as fórmulas 46 até 53, locando-se, no denominador, a dimensão seca em estufa.

#### 4.5.7.3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

As características físicas foram calculadas por:

$$\text{Coeficiente de retratibilidade : CR} = \text{VP/HA} \quad (54)$$

$$\text{Ponto de saturação ao ar (PSA) : SA} = \text{VT/CR} \quad (55)$$

$$\text{Peso específico-estufa : EE} = \text{PE/(RE.TE.AE)} \quad (56)$$

$$\text{Peso específico ambiente : EA} = \text{PA/(RA.TA.AA)} \quad (57)$$

$$\text{Peso específico-verde : EV} = \text{PS/(RS.TS.AS)} \quad (58)$$

$$\text{Densidade básica : DB} = \text{PE/(RS.TS.AS)} \quad (59)$$

$$\text{Peso específico - 15\% : EQ} = \text{EA} \cdot (1 - ((1 - \text{CR}) \cdot (\text{HA} - 15)) / 100) \quad (60)$$

$$\text{Razão de contração : RC} = \text{TT/RT} \quad (61)$$

$$\text{Porosidade : PO} = (1 - (\text{EA}/1.54)) \cdot 100\% \quad (62)$$

$$\text{Razão radial : ZR} = \text{RT/EE} \quad (63)$$

$$\text{Razão tangencial : ZT} = \text{TT/EE} \quad (64)$$

$$\text{Razão axial : ZA} = \text{AT/EE} \quad (65)$$

$$\text{Razão volumétrica : ZV} = \text{VT/EE} \quad (66)$$

$$\text{Razão de contração : RU} = \text{TT/AT} \quad (67)$$

$$\text{Vol. direta parcial : DD} = \text{VP/(RP + TP)} \quad (68)$$

$$\text{Vol. direta total : DT} = \text{VT/(RT + TT)} \quad (69)$$



#### 4.6 GERAÇÃO DOS ARQUIVOS

Todos os valores médios referentes às dimensões de c corpo de prova, acrescentados dos pesos, para cada um dos três veis de unidade, foram gravados nos arquivos A# através do progr MADESTAT/BAS.

##### 4.6.1 PROGRAMA MADESTAT/BAS

Possibilita a gravação e alteração do arquivo randômico onde serão gravadas as médias dos valores. Dispõe de um "menu":

- (1) Criar um arquivo
- (2) Alterar arquivo
- (3) Imprimir arquivo
- (4) Fim do programa
- (5) Inclusão de registros
- (6) Exclusão de registros

##### 4.6.2 ARQUIVO A#

A descrição dos campos de gravação dos registros tem o f mato:

FIELD# 1,5 AS C#, 4 AS NA#, 25 AS NV#, 30 NB#, 5 AS M#(1), 5 AS M#(2), 5 AS M#(3), 5 AS M#(4), 5 AS M#(5), 5 AS M#(6), 5 AS M#(7), 5 AS M#(8), 5 AS M#(9), 5 AS M#(10), 5 AS M#(11), 5 AS M#(12)

C# = Código da amostra

NA# = Número da amostra

NV# = Nome vulgar

NB# = Nome botânico

M#(4), M#(8), M#(12) = Peso em cada nível de unidade

Os demais valores de M# correspondem às dimensões das ai

tras por eixo e por condição de unidade.

#### 4.6.3 PROGRAMA RETRAX/BAS

Após as devidas correções nos arquivos A#, feitas pelo programa MADESTAT/BAS, pode se executar o programa RETRAX/BAS, que calcular os valores descritos nos itens 4.5.7.1 até 4.5.7.3.

Devido ao fato de diversos autores proporem uma dependência linear entre as deformações e a umidade, procurou-se, neste trabalho, ajustar equações de retas, pelo método dos mínimos quadrados.

Os coeficientes necessários para se obter as equações de retas, assim como o coeficiente de correlação entre as variáveis, são calculados pelo programa RETRAX/BAS.

##### 4.6.3.1 INTERSECÇÃO COM OS EIXOS

Para a representação gráfica da reta, além do coeficiente  $A_i$ , que mede a intersecção com o eixo das ordenadas, é interessante obter a intersecção com as abscissas, dada por:

$$C_i = \frac{-A_i}{B_i} \quad (70)$$

No caso de ensaios de retração, esse valor representa o ponto de saturação das fibras ao ar (PSA), que pode ser comparado com o valor analítico dado por (55) (FIG 18).

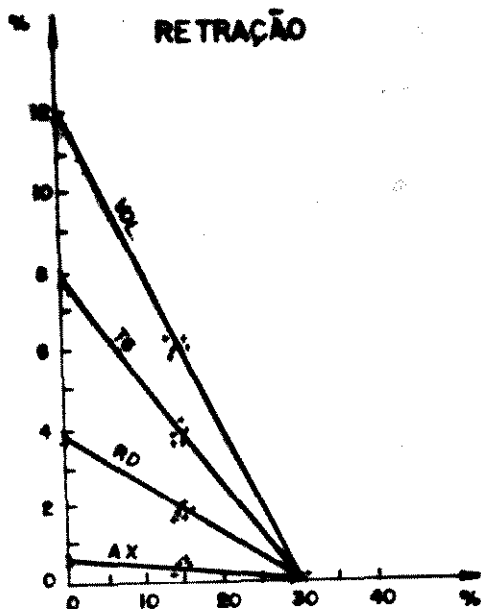


FIG. 18 Intersecção com o eixo das abscissas

#### 4.7 COMPRESSÃO PARALELA EM FUNÇÃO DA UMIDADE

As amostras foram acondicionadas em diversos teores de umidade, sendo posteriormente ensaiadas na máquina INSTRON 1125.

##### 4.7.1 TEORES DE UMIDADE PARA OS ENSAIOS

As espécies que foram descritas no QUADRO 16 foram submetidas a 7 níveis de umidade, conforme mostra o QUADRO 20.

Situação	Tempo	Observação
1. Seco ao ar	-----	Serraria
2. Saturação parcial 1	6 horas	Imersão em água
3. Saturação parcial 2	12 horas	Imersão em água
4. Saturação total	15 dias	Imersão em água
5. Seco ao ar	30 dias	Laboratório
6. Secagem parcial	6 horas	50 ±C
7. Secagem total	48 horas	(103 ± 2) ±C

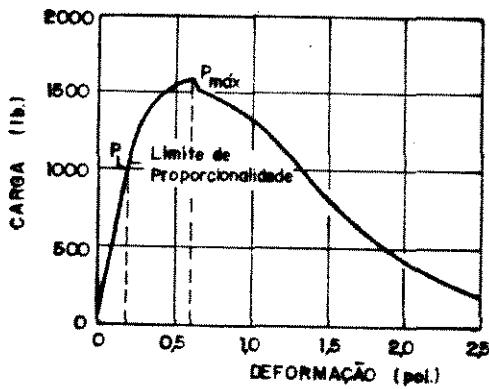
As demais espécies, descritas no QUADRO 17, foram submetidas às condições de umidade de acordo com o método MB-26.

Ocorreu novamente a impossibilidade de se efetuar os ensaios, à medida que as amostras fossem secadas lentamente, pois encontraram as mesmas já secas ao ar.

Nos casos em que fosse necessário se ensaiar amostras com teores de umidade menores que a do ambiente, a secagem foi feita lentamente para se minimizar o aparecimento de fissuras, as quais causariam um plano de falhas durante os ensaios.

#### 4.7.2 COMPRESSÃO PARALELA

As cargas de ruptura na compressão paralela foram obtidas através da máquina INSTRON 1125, com velocidade de deslocamento do cabeçote de 0,6 mm/min, e velocidade do gráfico de 200:1. Durante o carregamento era possível verificar um ponto de transição entre um segmento da reta e um trecho curvilíneo. A partir desse ponto desligava-se o tambor, porém sem que essa operação alterasse o valor da carga de ruptura final (FIG. 19 e 20).



FONTE: KOLLMANN E CÔTÉ JR (1968)

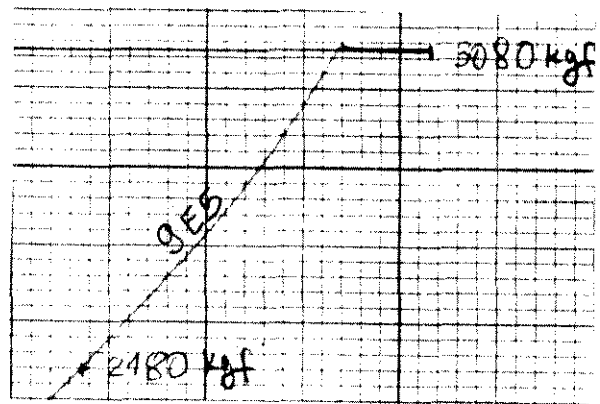


FIG.19 Tambor ligado

FIG.20 Tambor desligado a partir de

As espécies a serem ensaiadas foram agrupadas inicialmente para cada teor de umidade, em categorias de resistência: fracas, médias e fortes. Isso se tornou necessário devido ao valor máximo de carregamento, que deveria ser imposto a cada corpo de prova, variando de 5000 kgf a 10000 kgf, dependendo da faixa de resistência da madeira pertencente.

O ponto de transição observado graficamente é denominado "limite de proporcionalidade", apesar da indefinição do limite de proporcionalidade para corpos de provas de pequenas dimensões.

### 4.7.3 CURVA EXPONENCIAL

A variação da resistência em função da umidade pode ser sumida como uma função de potência, função exponencial, dentre tras.

Uma equação utilizada pelo IPT, que procura relaciona resistência com a umidade, é dada por:

$$RH = A + B \cdot \exp(-C \cdot H \cdot tD) \quad (71)$$

Considerando-se duas situações particulares da madeira em estufa ( $H=0$ ) e da madeira saturada ( $H>PSA$ ), e considerando teoricamente, quando a umidade tende ao infinito, o valor de resistência tende para a resistência no PSA, tem-se:

$$H = 0 \rightarrow RE = A + B \cdot \exp(-C \cdot 0 \cdot tD)$$

$$RE = A + B \quad (72)$$

$$H \rightarrow \infty \rightarrow RV = A + [B \cdot \exp(-C \cdot H \cdot tD)] \text{ tende para zero}$$

$$RV = A \quad (73)$$

$$\text{Sendo } B = RE - RV \quad (74)$$

Substituindo (74) e (73) em (71), temos:

$$RH = RV + (RE - RV) \cdot \exp(-C \cdot H \cdot tD) \quad (75)$$

$$\frac{(RH - RV)}{(RE - RV)} = \exp(-C \cdot H \cdot tD) \quad (76)$$

$$(RE - RV)$$

Fazendo  $\frac{RH - RV}{RE - RV} = Z$  e aplicando logaritmo natural, tem

$$RE - RV$$

$$\ln(Z) = \ln(\exp(-C \cdot H \cdot tD)) \quad (77)$$

$$\ln(Z) = -C \cdot H \cdot tD \quad (78)$$

Fazendo  $E = -C$  e  $W = \ln Z$  e calculando-se novamente o ritmo para ambos os membros tem-se:

$$\ln W = \ln E + D \ln H \quad (79)$$

Fazendo  $\ln W = y$ ,  $\ln E = K$  e  $\ln H = x$ , tem-se a equação

$$y = K + D \cdot x \quad (80)$$

Onde os coeficientes K e D podem ser obtidos pelo método dos mínimos quadrados.

Posteriormente se obtém o coeficiente C utilizando

$$E = -C \quad e \quad K = \ln E, \text{ donde:}$$

$$C = -\exp(K) \quad (81)$$

#### 4.8 ESTUDO DA COMPRESSÃO PARALELA AS FIBRAS FUNÇÃO DA UMIDADE E DO PESO ESPECÍFICO DAS AMOSTRAS

As amostras, com pesos específicos variáveis, foram submetidas a diversos teores de umidade, para se avaliar a comportamento mecânico das peças em função da umidade.

##### 4.8.1 OBTENÇÃO DOS DADOS

Para todas as madeiras relacionadas no Quadro 15, exceto já feita ao Pau-rainha, foram impostas as mesmas condições de umidade, tal como apresentadas no Quadro 19.

A velocidade de carregamento da máquina INSTRON 1125 foi de 0,6 mm/min e a velocidade da carta foi de 200:1 (Ampliação).

A exemplo do item 4.6.5 foram feitas medições por eixo amostra, porém sem se efetuar nos corpos de prova marcações diferenciadas, devido ao fato do ensaio ser destrutivo.

As pesagens eram feitas instantes antes dos ensaios em balança com sensibilidade de 0,01 g, sendo posteriormente as amostras envolvidas em sacos plásticos, devido ao fato do ambiente estar com temperatura e umidade relativa controladas.

Com os dados obtidos montaram-se planilhas de forma a facilitar os cálculos manuais iniciais, além de se conseguir uma apresentação racional dos mesmos para a introdução em microcomputador.

#### 4.8.2 MODELOS MATEMATICOS

Um modelo de regressão múltipla foi usado originalmente HELLMEISTER (1982) para estudar o comportamento mecânico do Eucalipto citriodora e do Pinho-do-paraná, conforme descrito em 3.15.

Por se tratar de um modelo de regressão múltipla linear, por se saber que a dependência entre a resistência e a umidade é linear, algumas transformações logarítmicas deveriam ser efetuadas para linearizar os valores da umidade das amostras.

Os modelos de regressão múltipla testados foram:

$$R1 = A1 + B1x + C1y \quad (82)$$

$$R2 = A2 + B2x + D1z' \quad (83)$$

$$R3 = A3 + C2y + D2z \quad (84)$$

$$R4 = A4 + B3x + C3y + D3z \quad (85)$$

#### 4.8.3 COEFICIENTES DAS RETAS

Para se encontrar os coeficientes das equações em uma regressão linear múltipla é necessário se efetuar cálculos trabalhosos envolvendo matrizes, geralmente de ordem elevada, e que levam a inviabilizar os processos de cálculos convencionais.

Torna-se, portanto, necessário a utilização de microcomputadores de modo a tornar mais confiáveis e rápidos os cálculos serem efetuados.

Os gráficos gerados pelas equações, quando se fixam os limites inferiores e superiores para o peso específico, propiciam o aparecimento de um feixe de retas, que dependem do teor de umidade que se deseja.



Essas retas, teoricamente, deveriam ter coeficientes angulares diminuídos, à medida que se aumentasse a umidade da amostra; deveriam se estabilizar a partir de 30% de umidade, que corresponde ao ponto de saturação das fibras ao ar (PSA).

#### 4.8.4 PROGRAMAS DE REGRESSÃO MÚLTIPLA

Por já existir na FEAGRI um pacote estatístico denominado STAT/BAS, que pode ser executado no microcomputador TRS-80 MODEL da RADIO SHACK, houve apenas a necessidade de adaptá-lo para o processamento de dados primários, antes de se executar o programa denominado REGMULT/BAS.

Após a entrada dos valores referentes às três dimensões do eixo, dos pesos seco e úmido e da carga de ruptura obtida, foram efetuados cálculos preliminares que permitiram obter: área, volume, peso específico, umidade, logaritmo da umidade, produto do logaritmo da umidade pelo peso específico e tensão de ruptura.

Esses dados foram totalizados em campos específicos, a partir dos quais, seriam obtidos os coeficientes procurados.

#### 4.9 AJUSTE DE CURVAS NO ESTUDO DA MADEIRA

Utilizando-se o programa MODELO/BAS, apresentado em 3.20 ram introduzidos dados sobre ensaios de características físico-mecânicas para diversas madeiras, ensaiadas por laboratórios de pesquisa. Posteriormente, foram verificadas possíveis dependências entre características escolhidas, a partir dos modelos do QUADRO 10.

#### 4.10 ENSAIOS NXO-DESTRUTIVOS

Foram ensaiadas algumas vigas através de equipamentos destrutivos, para a obtenção do MOE à flexão estática.

##### 4.10.1 CLASSIFICADORA ELETRO-MECANICA

Essa máquina, de marca COMPUTERMATIC MK.MP.IVf, classifica mecânicamente peças de tamanho estrutural sem causar deformação residual (FIG. 21), estando ligada a um microcomputador que anota deformações produzidas na peça (QUADRO 21).

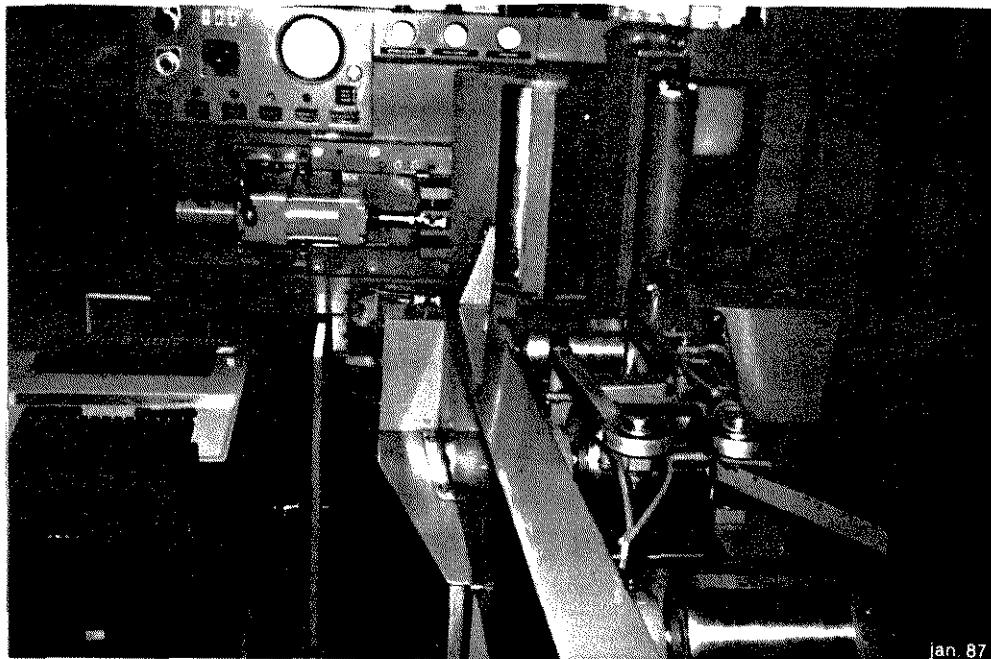


FIG. 21 Classificadora eletromecânica

**QUADRO 21 Resultados obtidos para determinada espécie**

CLASSIFICAÇÃO DE RESISTÊNCIA DE BARRAS DE MADEIRA EM FLEXÃO (ENCLAVAMENTO) - ENCLAVAMENTO

<p>1. 144 5.16 101-04 RIR NO. 1</p> <p>25 25 28 28 31 30 31 27 (25) 22 23 22 21 27 25 15</p>	
<p>2. 144 5.16 101-04 RIR NO. 2</p> <p>26 25 27 27 34 32 29 28 (26) 21 23 21 21 24 24 15 18</p>	(1)
<p>3. 144 5.10 101-04 RIR NO. 3</p> <p>25 25 27 27 31 33 36 27 (26) 21 26 21 21 24 25 15</p>	
<p>4. 144 5.16 101-04 RIR NO. 4</p> <p>26 24 25 25 25 32 29 36 (28) 30 25 25 31 31 29 21 17</p>	
<p>5. 144 5.16 101-04 RIR NO. 5</p> <p>25 27 27 27 25 30 27 36 (28) 27 25 25 31 31 27 21 17</p>	(2)
<p>6. 144 5.16 101-04 RIR NO. 6</p> <p>24 27 24 25 25 27 25 29 (24) 23 20 20 31 31 24 24 18</p>	

Essa máquina possibilita algumas variações no carregamento dependendo da categoria de resistência e da bitola da viga (QUADRO 22).

**QUADRO 22 Categorias de regulagem da Classificadora**

VIGAS	Dimensões da viga (cm)		
	5x10	5x15	5x20
MOLES	329 (Range 1)	498 (Range 1)	253 (Range 2)
DURAS	474 (Range 1)	290 (Range 2)	382 (Range 2)

**4.10.2 CALCULOS**

O módulo de elasticidade à flexão é calculado por:

$$MOE = \frac{pl^3}{4fbht^3} \cdot 1000 \quad (39), \text{ onde:}$$

p = carga constante para a espécie

l = vão de 91,4 cm

#### 4.10.3 PROPAGADOR DE ONDA ("Stress Wave Timer")

Esse equipamento é composto de dois "transducers" os quais são fixados nas extremidades da viga a ser testada,

Um dos "transducer" é o de partida, que é composto de um pêndulo que ao ser acionado produz uma onda sonora.

O segundo "transducer" (receptor) transmite para o aparelho, que anota em um visor o tempo de propagação em  $10^{-6}$  segundos.

O pêndulo deve ser acionado diversas vezes para que se tenha o valor que mais se repete (FIG.22).



FIG. 22 Stress Wave Timer

#### 4.10.4 CALCULOS

O módulo de elasticidade à flexão é calculado por:

$$MOE = \frac{v^2 \cdot d \cdot (10^3)^2}{g} \quad (86), \text{ onde:}$$

(SW)

g

v = velocidade de propagação da onda (cm/s)

d = peso específico da viga (kg/cm<sup>3</sup>)

g = aceleração da gravidade (981 cm/s<sup>2</sup>)

#### 4.11 ENSAIOS DESTRUTIVOS

Para se verificar a confiabilidade dos equipamentos q proporcionam a obtenção direta do MOE à flexão estática, foram utilizados resultados obtidos no CPPF-INPA, de acordo com a Norma COPANT 30: 1-006, obtidos na máquina INSTRON 1125.

#### 4.12 ENSAIOS PELA NORMA COPANT

Por razões já expostas, não seria possível a execução ensaios com madeiras, se fosse seguida fielmente a Norma COPANT.

Foram seguidas parcialmente as recomendações, no que se refere às condições dos ensaios, porém, sem obedecer a recomendação acerca da amostragem.

As amostras para esses ensaios foram coletadas ao acaso serrarias de Manaus, como forma de se aproximar da realidade de comercialização das madeiras.

##### 4.12.1 ENSAIOS REALIZADOS

Foram realizados os seguintes ensaios: Compressão paralela às fibras (COPANT 30:1-008), Compressão perpendicular às fibras (COPANT 466), Flexão estática (COPANT 30:1-006), Cisalhamento (COPANT 466).

463) e Dureza (COPANT 465).

A relação das madeiras ensaiadas utilizando-se a Norma PANT é mostrada no QUADRO 23 .

QUADRO 23 Relação de madeiras ensaiadas -Norma COPANT

Número	Nome Vulgar	Nome Botânico
63	JACAREÚBA	<i>Calophyllum brasiliense</i> Camb.
64	PAU-RAINHA	<i>Brosimum rubescens</i> Taub.
65	MUIRÁUBA	<i>Mouriri</i> sp
66	CUPIÚBA	<i>Goupia glabra</i> Aubl.
67	GUARIÚBA	<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz. et Pav.
68	TAUARI	<i>Couratari stellata</i> A.C. Smith.
69	ANGELIM RAJADO	<i>Pithecellobium racemosum</i> Ducke
70	CUMARU	<i>Dipteryx odorata</i> (Aubl.) Willd.
71	LOURO CHUMBO	<i>Licania canela</i> (Meisn)Kost.

4.12.2 CORREÇÃO NOS VALORES

As amostras encontravam-se com teor de umidade acima previsto pela Norma COPANT, sendo necessário a correção dos valores obtidos para umidade de 12%.

Para as correções necessárias foram utilizadas expressões usadas pelo INPA referentes às solicitações específicas (QUADRO

QUADRO 24	Correção de valores para 12% de umidade
Solicitação	Correção a 12%
Compressão //	$P_{12} = PH / (1,571 - 0,0476.H)$ (86)
Cisalhamento	$P_{12} = PH / (1,774 - 0,01478.H)$ (87)
Flexão Estática	$P_{12} = PH / (1,2 - 0,01666.H)$ (88)

Os valores obtidos foram também corrigidos para 12 %  
umidade utilizando-se os valores do QUADRO 25.

**QUADRO 25** Variação média nas propriedades de resistência para  
aumento ou diminuição de 1% no teor de umidade

Propriedade	Fator de correção (%)
* Flexão estática	
Limite de proporcionalidade (LP)	5
Módulo de ruptura (MOR)	4
Módulo de elasticidade (MOE)	2
* Compressão paralela	
Limite de proporcionalidade (LP)	5
Módulo de ruptura (MOR)	6
* Compressão perpendicular	
Limite de proporcionalidade (LP)	5,5

Fonte: HANSEN (1972)

#### 4.12.3 OBTENÇÃO DA TABELA DE VALORES DA NORMA COPANT

Foi desenvolvido o programa COPANT/BAS para se obter os resultados das solicitações relativas à umidade de 12%, conforme descrito 4.12.2.

#### 4.13 INFLUÊNCIA SIMULTÂNEA DAS DIMENSÕES DOS CORPOS DE PROVA E UNIDADE NA COMPRESSÃO PARALELA

Foram coletadas amostras de Jatobá (*Hymenaea spp*) e Itaúba (*Mezilaurus itauba* (Messen.) Taub.) em madeiras da região de Minas Gerais, para se estudar a influência das dimensões dos corpos de prova, quando se varia a umidade, na resistência à compressão paralela.

As amostras foram cortadas em dois tamanhos diferentes: 2x2(cm) e 5x5(cm), sendo posteriormente condicionadas em diferentes níveis de umidade para a execução dos ensaios, com carregamentos de 8 toneladas para as amostras 2x2 e 40 toneladas para as 5x5.

Os ensaios de compressão paralela foram efetuados no Centro de Tecnologia da UNICAMP, através da máquina universal de ensaios MOHR FEDERHAFF.

A máquina foi regulada para trabalhar automaticamente com velocidade "24", que corresponde a uma taxa de 38 kgf/s na escala de 8 toneladas, e 181 kgf/s na escala de 40 toneladas.

#### 4.14 PESQUISA EM TABELA DAS CARACTERÍSTICAS DAS MADEIRAS

Foram desenvolvidos dois programas para o microcomputador I.7000 Júnior E (ITAUTEC), que tornasse possível a pesquisa das características físico-mecânicas das 404 madeiras da tabela do ITC.

O primeiro programa, denominado GRAVA.BAS, possibilita a geração de uma matriz de 404 linhas (espécies) por 22 colunas (características físico-mecânicas). Para diversas espécies foram feitas gravações com repetições dos ensaios das características mecânicas.

O segundo programa, denominado CABE.BAS, possibilita o acesso ao arquivo MAE, podendo oferecer as seguintes opções:



- <1> - Impressão do arquivo
- <2> - Consulta de características da madeira
- <3> - Consulta de determinada solicitação,
- <4> - Pesquisa de madeiras que possuam solicitação  $\pm 15\%$
- <5> - Pesquisa de solicitação igual ao valor de entrada
- <6> - Ordenação de determinada solicitação

#### 4.15 UNIDADE DE EQUILIBRIO DA MADEIRA (UEM)

Foi desenvolvido o programa UMIEQUI/BAS, para estimar UEM em algumas localidades paulistas, a partir de informações divulgadas pelo DAAE e IAC, a partir da equação (1) citada em 3.5.3.

Além da UEM foram calculadas as amplitudes da UEM para um dos postos meteorológicos, por se tratar de valores importantes no estudo da estabilidade dimensional das peças de madeira.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente trabalho, devido à diversificação de assuntos abordados, serão apresentadas conclusões parciais referentes a item específico.

### 5.1 ASPECTOS RELACIONADOS COM A COMERCIALIZAÇÃO DE MADEIRA

Durante a realização do presente trabalho foram visitadas diversas serrarias da região de Campinas(SP) para se estabelecer contactos com setores ligados ao ramo madeireiro.

Procurou-se avaliar alguns aspectos de importância, como, a adequação dos nomes vulgares atribuídos às espécies, o nível de informação do consumidor de madeiras, e a importância encontrada por espécies amazônicas na comercialização regional de madeiras.

#### 5.1.1 PEROBA-ROSA (*Aspidosperma polyneuron* - M.Arg.)

Trata-se, sem dúvida, da espécie ainda mais procurada pelos consumidores para os mais diversos fins: marcos, vigamentos, guarnições, molduras e tacos.

Apesar do preço dessa madeira ter se elevado acentuadamente nos últimos tempos, devido à escassez dessa espécie, os consumidores a preferem, por tradição, mesmo quando confrontada com espécies amazônicas de preços mais acessíveis.

Em alguns estabelecimentos comerciais são oferecidas a madeira de Peroba-do-campo (*Paratecoma peroba* (Record) Kuhl.), Bign., e o preço da mesma, praticamente, se equipara ao da Peroba-rosa.

Outras madeiras, no entanto, sugerem como opção "mais alternativas" e, dentre elas, a Peroba-do-norte conhecida também por Cupiúba (*Goupia glabra* Aubl.)

Essa espécie, apesar de apresentar características mecânicas similares às da Peroba-rosa, é susceptível ao ataque de cupim além de, na presença de umidade, exalar um cheiro desagradável. O primeiro inconveniente é de natureza técnica e, por isso desconhecido pelo público consumidor, o segundo, por ser um inconveniente de fácil detecção, faz com que essa espécie madeireira encontre dificuldades de comercialização.

Mesmo espécies consagradas, tal como a Peroba-rosa, podem apresentar comportamentos inadequados em construções, quando se utilizam peças mecanicamente inferiores às projetadas, ou quando mesmas apresentam um teor de umidade acima do tolerável.

Os custos envolvidos na produção de peças de Peroba-rosa por serem muito elevados, fazem com que, das árvores sejam comercializadas indistintamente, tanto o cerne como o alburno. Ambos, após determinado tempo, tornam-se amarelados, o que dificulta a escolha usual das peças, as quais poderão apresentar defeitos após a montagem de peças estruturais.

Por outro lado, a umidade excessiva apresentada pelas peças, pode provocar deformações nas mesmas, principalmente naquelas de pequena espessura, quando são empregadas como tacos de assoalho, guarnições de portas e janelas e molduras.

As peças, que deveriam ter sido secas anteriormente, tornam-se susceptíveis ao aparecimento de fungos xilófagos.

No entanto, os problemas observados nos depósitos de madeira, não são considerados pelos consumidores, haja visto que os espécimes madeireiros rarearam nos últimos tempos.

De um modo geral o consumidor não efetua uma análise crítica no momento da escolha das peças, chegando mesmo a efetuar compra via telefone.

### 5.1.2 CANDEIA (*Moquinea polymorpha* D.C., Co

Essa espécie, que ocorre no Estado de São Paulo, é de grande utilização no meio rural, como mourões de cerca, por apresentar uma grande durabilidade natural aos agentes deterioradores.

Ocorre, porém, que essa denominação vulgar dada à espécie em Boa Esperança do Sul (SP) difere de outras regiões do Estado.

Nessa região ocorre também a espécie denominada por Canhinha (*Platymenia reticulata* Benth, Leg.), que além de ser utilizada na forma de mourões, ao ser desdobrada em tábuas, pode ser utilizada para a fabricação de móveis de belo aspecto.

Como exemplo da grande confusão que se estabelece ao determinar-se regionalmente as espécies madeireiras, foram escolhidas espécies que se relacionam com as denominações vulgares de Candeia e Canhinha (QUADRO 26).

QUADRO 26- Denominações regionais de madeiras

Nome vulgar	Local	Nome científico
1 - Candeia	Boa Esp. do Sul	<i>Moquinea polymorpha</i> D.C.
2 - Canhinha	Boa Esp. do Sul	<i>Platymenia reticulata</i> Benth
3 - Cambará	Paulínia	<i>Moquinea polymorpha</i> D.C.
4 - Quarubarana	Amazônia	<i>Eriema uncinatum</i> Warm.
5 - Vinhático	SE, NE	<i>Platymenia foliolosa</i> Benth.

No entanto, pelo nome vulgar Canhinha (B.E.do Sul), o que se refere-se como sendo Candeia; o Vinhático apresenta em certas regiões do País a denominação de Acende-Candeia; a Quarubarana é

mercializada também por Cambará ou Cedrinho.

### 5.1.3. GENERALIZAÇÕES DAS ESPÉCIES,

As generalizações das espécies ocorrem em diversas regiões do País, sendo que, na Amazônia, a denominação "Louro" abrange grande variedade de espécies, dentre outras, o Louro-chumbo e o Louro-inamuf. A primeira delas apresenta um peso específico elevado, ao passo que a segunda apresenta um baixo peso específico.

Na região Sul semelhante abrangência ocorre com a denominação "Canela" que abriga grande variedade de espécies distintas.

Em certas regiões do País também ocupam lugar de destaque número de espécies abrangidas pelas denominações: Fava, Jacarar, Coração-de-negro e Pau-ferro.

Apesar dos esforços dos Institutos de Pesquisa no sentido de normalizar a nomenclatura das espécies, as denominações vulgarmente transmitidas por toda uma região tornam difícil uma uniformidade

### 5.1.4 MADEIRAS AMAZÔNICAS

Tem-se notado nos últimos anos uma penetração cada vez mais acentuada das madeiras amazônicas na Região Sudeste.

Algumas espécies já conquistaram papel de destaque nos mercados distribuidores, tendo sido tais espécies, pioneiras no ramo das madeiras móveis finas, a Cerejeira (*Torreya cearensis* Fr. All., Leg.) e o Mogno (*Swietenia macrophylla* King., Mel.)

Por outro lado, na indústria de carrocerias, são utilizadas: Ipê, Maçaranduba, Cumaru, Jatobá e Angelim, ao passo que para assoalhos também se incluem Tatajuba e Itaúba e, para esquadrias, utilizam Cedro, Cedrorana e Cedrinho.

Para fins estéticos, tais como assoalhos, é de grande importância

resse que seja utilizada num mesmo aposento uma única espécie Ipê, no entanto, pode apresentar grande variabilidade de padrões correntes da comercialização de diferentes espécies, geralmente procedentes do Estado do Maranhão.

O consumidor não escolhe uma a uma as tábuas e, somente o recebimento do material, é que poderá verificar visualmente a heterogeneidade das tábuas. O preço do assoalho de Ipê (2 cm x 20) evoluiu rapidamente de Cz\$ 90,00 o metro quadrado (Janeiro/86) para Cz\$ 170,00 o metro quadrado (Outubro/86).

Essa madeira atinge hoje o preço ao redor de Cz\$ 600,00 metro quadrado, tornando-se praticamente inviável para a indústria de carrocerias, que tem procurado substituí-la por espécies de menor valor econômico.

Nessas indústrias, é mesmo no setor de estrutura de edifícios eamentos agrícolas, começam a ser utilizadas madeiras alternativas como: Cumaru, Itaúba, Jatobá, Maçaranduba e Angelim.

Essas espécies também são oferecidas como opções para assoalhos, prevendo-se em breve uma elevação acentuada em seus preços de comercialização, devido à demanda reprimida.

Mesmo dentre essas espécies alternativas chega a ocorrer uma certa confusão, devido a denominação regional.

O Cumaru é denominado em Mato Grosso por Champanha, que mesmo nome popular recebido em São Paulo pela Itaúba, a qual que se apresenta com teor de umidade alta exala um odor típico.

Na região de Campinas, conforme pode ser verificado em grande loja do ramo de construções, a Itaúba chega a ser vendida como se fosse Imbuia para a utilização na forma de marcos de portas.

Por sua vez, o Jatobá aparece em propaganda de jornais sendo a melhor madeira alternativa para a Peroba-rosa em vigame

caibros, ripas, marcos e guarnições.

Essa espécie, a exemplo do Ipê, apresenta-se com grande variedade de padrões, que são difíceis de serem identificados de forma rápida. Normalmente são vendidas diversas espécies de Jatobá e mesmo madeiras assemelhadas a ela, como por exemplo, o Guaritá

Observa-se, ainda, em lojas que trabalham com artesanato em madeira a utilização de madeiras avermelhadas, denominadas de "Brasil", tratando-se na verdade de espécies amazônicas, provavelmente, o Pau-rainha ou a Macacaúba.

De um modo geral, após a primeira incursão das madeiras amazônicas no setor de mobiliários finos, ocorre atualmente a penetração das mesmas em diversos setores da construção civil, de componentes estruturais até material de acabamento.

## 5.2 NOMES DE MADEIRAS ORIGINARIAS DA LÍNGUA TUPI

Diversas árvores e suas respectivas madeiras apresentam nomes indígenas que, "traduzidos", podem mostrar propriedades específicas das árvores, de suas madeiras ou do relacionamento existente entre elas e alguns animais da floresta.

Outras, no entanto, mantem o nome propriamente dado pelos indígenas, sem que se possa efetuar uma "tradução".

De acordo com especialistas do IEL-UNICAMP, os nomes indígenas das madeiras podem dividir-se em dois grandes grupos de línguas: Tupi Antigo (Tupinambá) e Língua Geral. A primeira delas foi falada no litoral brasileiro desde São Paulo até o Pará, nos séculos XVI e XVII, e a segunda delas foi falada pela população indígena na Amazônia, nos séculos XVIII, XIX e XX.

Algumas "traduções" podem ser vistas nos QUADROS 27 e 28.

QUADRO 27-

Nomes de madeiras derivados do Tupi Antigo.

- |                  |   |
|------------------|---|
| 1 - Ivitinga     | - Ybitinga (Ybír "embira" + ting "branca")      |
| 2 - Araruba      | - Araráúna (Arará "aleluia" + y'á "árvore")     |
| 3 - Brauna       | - Ybiráúna (Ybirá - "madeira" + un "escura")    |
| 4 - Conduru      | - Kondurú "Espécie de madeira avermelhada"      |
| 5 - Peroba       | - Ypéiróba (Ypé "casca" + rób "amarga")         |
| 6 - Urucurana    | - Urukúrana (Urukú "urucu" + rán "parecida")    |
| 7 - Caboreíba    | - Kaburé'yba (Kaburé "coruja" + 'yb "árvore")   |
| 8 - Jacarandá    | - Jakaraná (Iakarandá)                          |
| 9 - Jequitibá    | - Jykitibá                                      |
| 10- Ibirapitanga | - Ybirápytanga (Ybirá "madeira" + pytáng "averi |

Essa última madeira é também conhecida por Arabutã ou Araputã, tratando-se do Pau-brasil, sendo que Arabutã é a adaptação ortográfica de Araboutan, forma essa registrada por JEAN DE LÉRY (1578).

QUADRO 28-

Exemplos de nomes de madeiras derivadas da L.G.

- |                  |   |
|------------------|---|
| 1 - Tamacoari    | - Tamakwarí, Tamakwaré                            |
| 2 - Muirapiranga | - Myrápyranga (Myra' "madeira" + iranga "verme    |
| 3 - Cumarú       | - Kumarú  |
| 4 - Muiracatiara | - Myrákwatiara (Myra' "madeira" + Kwatiara "mancl |
| 5 - Itaúba       | - Itá'y'ba (Itá "pedra" + 'y'b "árvore")          |
| 6 - Macacarecuia | - Makakarekuia (Makáka "macaco" + rekuia "cuia")  |
| 7 - Macacaúba    | - Makáka'y'ba (Makáka "macaco" + 'y'ba "árvore")  |
| 8 - Muiragibóia  | - Myrájybóia (Myrá "madeira" - jybóia "jibóia")   |
| 9 - Muirapinima  | - Myrápinima (Myrá "madeira" + piníma "pintada")  |
| 10- Muiratinga   | - Myrátínga (Myrá "madeira" + tínga "branca")     |



- 11- Muiratauí - Myrátauí (Myrá "madeira" + Tawá "amarela")
- 12- Muirapixuna - Myrápixúna (Myrá "madeira" + pixuna "preta")
- 13- Carapanaúba - Karapanã'y'ba (Karapanã "mosquito" + 'y'ba "árvore")
- 14- Tachi - Taxi'y'wa (Taxi "formiga taxi" + 'y'ba "árvore")
- 15- Acariquara - Akarikwara (Akarí "acari" + Kwara "buraco")

Por outro lado, de acordo com especialistas do IEL-UNIC, algumas "traduções" apresentadas por PETRUCCI (1978), relativas Araçá e Bicuíba, não tem conotação com a Língua Tupi.

### 5.3 O USO DO COMPUTADOR NA IDENTIFICAÇÃO ANATÔMICA DAS MADEIRAS E SUAS APLICAÇÕES

O Sistema Computacional desenvolvido para identificar madeiras, listar as aplicações possíveis para cada espécie e listar espécies que se prestam para determinados fins, pode ser utilizado em centros de pesquisas, atividades docentes e mesmo junto às empresas do setor madeireiro.

Apesar do resultado final resumir-se em poucas páginas quando se consulta determinada espécie, a rápida pesquisa efetuada pelo computador não deixa transparecer a grande quantidade de operações lógicas efetuadas. O sistema assemelha-se à combinação de diversas substâncias coloridas que produzem, após a reação, um líquido colorido, ou então, ao cálculo do determinante de uma matriz de ordem elevada.

No QUADRO 29 pode ser observado o resultado encontrado quando se efetua uma pesquisa sobre determinada espécie.

**QUADRO 29- Resultados obtidos para determinada espécie .**

**Características da espécie**

Código da madeira=11111  
 Número do IPT= 2  
 Nome vulgar=MOGNO  
 Nome botânico=Swietenia macrophylla King.  
 Ocorrência=AM,PA,MT,GO(N)  
 Sinonímia=Aguano, Araputanga, Cedroi, Cedronana, Mogno-de-maraba

**Descrição anatômica da espécie**

Parênquima contrastante a olho nu em faixas estreitas, raras espírosas visíveis a olho nu sob lente no topo na face tang de alguns espécimes a sua vez, bem demarcado pelo parênquima marginal variando do cast-âm ou ros a ca

No QUADRO 30 podem ser observadas as possíveis aplicações encontradas pela espécie, que foi selecionada no QUADRO 29 .

**QUADRO 30- Relação das aplicações possíveis para a espécie.**

NUMERO DA APLICACAO	TIPO	NOME
11	Construção civil	Ripas
12	Construção civil	Tacos e tabuas para assoalho
13	Construção civil	Esquadrias (portas - venezianas - caixilhos - etc)
14	Construção civil	Lámbris - painéis - escadas - paredes divisorias
15	Construção civil	Fornos
16	Móveis	De luxo - de escritorio
18	Compensados	Comerciais
20	Folhas faqueadas	Decorativas
25	Pecas torneadas	Forma ou saltos de sapato
27	Pecas encurvadas	Cadeira tipo austriaca
28	Pecas encurvadas	Raquete de tenis
31	Artigos de esporte	Raquete de ping-pong
34	Embalagens	Leves (caixotaria)
36	Embalagens	Paletes

Quando houver interesse na pesquisa das espécies que prestem para uma determinada utilização, pode ser obtido como posto o que se mostra no QUADRO 31 .

QUADRO 31- Relação de espécies que têm certa aplicação.

NUMERO DA APLICACAO: 32  
TIPO: Ferramentas - implementos  
NOME: Cabos

NUMERO DA MADEIRA	NOME VULGAR	NOME BOTANICO
59	ABIU	<u>Bouteria spp</u>
40	ANANI	<u>Symphonia globulifera</u>
4	ANDIROBA	<u>Carapa Guianensis</u>
36	ANGELICA	<u>Diconyia paraensis</u>
166	ANGELIM-AMARGOSO	<u>Vatairea fusca</u>
113	ANGELIM-AMARGOSO	<u>Vatairea heteroptera</u>
144	ANGELIM-ARARIBA	<u>Vataireopsis araroba</u>
114	ANGELIM-DOCE	<u>Andira fraxinifolia</u>
173	ANGELIM-PEDRA	<u>Hymenolobium petraeum</u>
154	ANGELIM-RAJADO...ANGICO RAJ.	<u>Pithecellobium spp</u>
153	ANGELIM-ROSA...PAU-PEREIRA	<u>Platycyamus regnelli</u>
109	ANGICO	<u>Piptadenia excelsa</u>
108	ANGICO-BRANCO	<u>Piptadenia peregrina</u>
5	ANGICO-CAMBUI	<u>Piptadenia colubrina</u>
111	ANGICO-PRETO	<u>Piptadenia macrocarpa</u>

Por outro lado, a tentativa de listar espécies alternativas do ponto de vista das aplicações, não tem se mostrado tão atraente. Podem ser listadas algumas espécies alternativas, porém, é de grande interesse que as mesmas, além de ocorrerem na mesma região da mata de comparação, tenham densidades de população similares. Ou seja, apresentará interesse como alternativa, determinada madeira que seja regional ou que ocorra esparsamente na região, implicando grande área a ser desmatada para a sua extração.

#### 5.4 VARIAÇÕES CLIMÁTICAS NO ESTADO DE SÃO PAULO E UNIDADE DE EQUILÍBRIO DA MADEIRA (UEM) EM ALGUMAS LOCALIDADES

A unidade de equilíbrio da madeira para algumas localidades paulistas, calculada através da equação (1), descrita no item 3.5.3, além das respectivas amplitudes, são apresentadas no Anexo 3.

De um modo geral, pode-se notar que a unidade de equilíbrio da madeira (UEM) no Estado de São Paulo, situa-se na faixa de 15% a 19%, exceção feita à região litorânea, que apresenta valores de 19% a 21%. Em algumas regiões do Estado o comportamento físico das madeiras pode ser prejudicial, principalmente devido a elevada amplitude da UEM, por exemplo, em Ribeirão Preto.

Por outro lado, pode ser observado que, em geral, a maior unidade de equilíbrio ocorre em Fevereiro, e a menor unidade de equilíbrio ocorre em Agosto.

O comportamento crítico provavelmente ocorreria ao se utilizar madeiras provenientes de regiões litorâneas em regiões do interior do Estado, ao passo que são maiores as possibilidades de um melhor comportamento da madeira na Capital do Estado.

Deve-se salientar, no entanto, que as madeiras sempre devem ser secas em condições idênticas às do local de utilização, para que os problemas decorrentes das retrações e inchamentos sejam minimizados.

## 5.5 CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DAS MADEIRAS

Utilizando-se os dados existentes nas tabelas de características de madeiras (IPT - 1956/1974), o programa MODELO/BAS para ajustar equações que expliquem o comportamento mecânico das espécies em função de certas variáveis, dentre elas o peso específico

### 5.5.1 MODELOS OBTIDOS COM OS DADOS ABNT

Como exemplo da possível dependência entre a resistência e o peso específico a 15% de umidade, foi selecionado o Módulo Elasticidade a Compressão (MOE) para a madeira verde.

Inicialmente é apresentada uma localização dos pontos em sistema de eixos cartesianos, para que se possa optar por um modelo adequado (FIG.23).

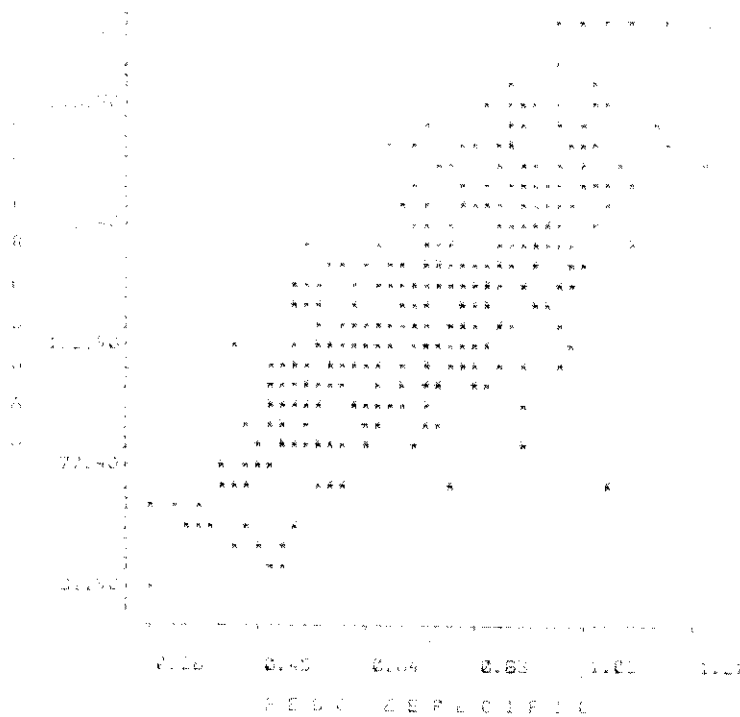


FIG. 23 Pontos experimentais

Pode-se ainda optar pela execução de vários modelos, pois quando o arquivo de dados for constituído de um grande número de gistros, o tempo de execução pode tornar-se muito elevado.

Posteriormente são impressos os modelos, os coeficientes de correlação e as equações de ajuste (QUADRO 32).

QUADRO 32-Exemplo dos modelos ajustados MOE x peso específico (1)

Modelo	Coeficiente de correlação	Equação
Modelo 1	+0,7790	$Y = 122,071 + 167,030 X + 7,12 X^2$
Modelo 2	+0,7788	$Y = 122,071 + 167,030 X + 7,12 X^2 + 0,0001 X^3$
Modelo 3	+0,7787	$Y = 122,071 + 167,030 X + 7,12 X^2 + 0,0001 X^3 + 0,000001 X^4$
Modelo 4	+0,7786	$Y = 122,071 + 167,030 X + 7,12 X^2 + 0,0001 X^3 + 0,000001 X^4 + 0,00000001 X^5$
Modelo 5	+0,7785	$Y = 122,071 + 167,030 X + 7,12 X^2 + 0,0001 X^3 + 0,000001 X^4 + 0,00000001 X^5 + 0,0000000001 X^6$
Modelo 6	+0,7784	$Y = 122,071 + 167,030 X + 7,12 X^2 + 0,0001 X^3 + 0,000001 X^4 + 0,00000001 X^5 + 0,0000000001 X^6 + 0,000000000001 X^7$
Modelo 7	+0,7783	$Y = 122,071 + 167,030 X + 7,12 X^2 + 0,0001 X^3 + 0,000001 X^4 + 0,00000001 X^5 + 0,0000000001 X^6 + 0,000000000001 X^7 + 0,00000000000001 X^8$
Modelo 8	+0,7782	$Y = 122,071 + 167,030 X + 7,12 X^2 + 0,0001 X^3 + 0,000001 X^4 + 0,00000001 X^5 + 0,0000000001 X^6 + 0,000000000001 X^7 + 0,00000000000001 X^8 + 0,0000000000000001 X^9$
Modelo 9	+0,7781	$Y = 122,071 + 167,030 X + 7,12 X^2 + 0,0001 X^3 + 0,000001 X^4 + 0,00000001 X^5 + 0,0000000001 X^6 + 0,000000000001 X^7 + 0,00000000000001 X^8 + 0,0000000000000001 X^9 + 0,000000000000000001 X^{10}$
Modelo 10	+0,7780	$Y = 122,071 + 167,030 X + 7,12 X^2 + 0,0001 X^3 + 0,000001 X^4 + 0,00000001 X^5 + 0,0000000001 X^6 + 0,000000000001 X^7 + 0,00000000000001 X^8 + 0,0000000000000001 X^9 + 0,000000000000000001 X^{10} + 0,00000000000000000001 X^{11}$
Modelo 11	+0,7779	$Y = 122,071 + 167,030 X + 7,12 X^2 + 0,0001 X^3 + 0,000001 X^4 + 0,00000001 X^5 + 0,0000000001 X^6 + 0,000000000001 X^7 + 0,00000000000001 X^8 + 0,0000000000000001 X^9 + 0,000000000000000001 X^{10} + 0,00000000000000000001 X^{11} + 0,0000000000000000000001 X^{12}$
Modelo 12	+0,7778	$Y = 122,071 + 167,030 X + 7,12 X^2 + 0,0001 X^3 + 0,000001 X^4 + 0,00000001 X^5 + 0,0000000001 X^6 + 0,000000000001 X^7 + 0,00000000000001 X^8 + 0,0000000000000001 X^9 + 0,000000000000000001 X^{10} + 0,00000000000000000001 X^{11} + 0,0000000000000000000001 X^{12} + 0,000000000000000000000001 X^{13}$
Modelo 13	+0,7777	$Y = 122,071 + 167,030 X + 7,12 X^2 + 0,0001 X^3 + 0,000001 X^4 + 0,00000001 X^5 + 0,0000000001 X^6 + 0,000000000001 X^7 + 0,00000000000001 X^8 + 0,0000000000000001 X^9 + 0,000000000000000001 X^{10} + 0,00000000000000000001 X^{11} + 0,0000000000000000000001 X^{12} + 0,000000000000000000000001 X^{13} + 0,00000000000000000000000001 X^{14}$

A escolha do modelo é feita baseando-se no coeficiente de correlação e na simplicidade do modelo, pois o objetivo principal é através de equações simples estimar-se a resistência de determinada madeira, a uma série de solicitações mecânicas.

Quando a inclusão de uma variável ou quando uma nova equação for mais complexa do que a inicial, é interessante que se mantenha a equação inicial.

Para o modelo selecionado é efetuado o teste "F" que mede a significância da correlação entre a variável independente e a variável dependente (QUADRO 33).

QUADRO 33

Teste de significância "F"

ANALISE ESTATISTICA DO MODELO  $Y = 1774.79 * EXP(-.0337892 * X)$

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão	1	2.6193	2.6193	605.5360
Resíduo	46	0.1990	0.0043	
Total	47	2.8183		

ANALISE ESTATISTICA DO MODELO  $Y = 1640.54 * (X ** (-.155348))$

F.V.	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
Regressão	1	0.4506	0.4506	256.1910
Resíduo	46	0.0009	0.0018	
Total	47	0.5316		

### 5.5.1.1 CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS-ABNT

No QUADRO 34 são fornecidos os resultados entre várias características mecânicas das madeiras e o peso específico a 15%.

QUADRO 34 Modelos escolhidos e coeficientes de correlação (R

Solicitação	Modelo	
1 - MOE - COMPRESSÃO (x1000)	$Y = 179.(x^{1,02})$	0
2 - MOR - FLEXÃO SECA	$Y = 1513.(x^{1,14})$	0
3 - MOR - FLEXÃO VERDE	$Y = 1207.(x^{1,26})$	0
4 - LP - COMPRESSÃO	$Y = 387.(x^{1,22})$	0
5 - MOE - FLEXÃO (x1000)	$Y = 146.(x^{0,99})$	0
6 - LP - FLEXÃO	$Y = 522.(x^{1,21})$	0
7 - TRABALHO ABS.	$Y = 4,4.(x^{1,53})$	0
8 - CISALHAMENTO	$Y = 151.(x^{1,15})$	0
9 - DUREZA JANKA	$Y = 890.(x^{1,72})$	0
10- TRAÇÃO NORMAL	$Y = 103.(x^{1,19})$	0
11- MOR - COMPRESSÃO SECA	$Y = 768.(x^{1,19})$	0
12- FENDILHAMENTO	$Y = 12.(x^{1,11})$	0
13- MOR - COMPRESSÃO VERDE	$Y = 561.(x^{1,33})$	0

Obs: Solicitações (kgf/cm<sup>2</sup>) e Peso específico (g/cm<sup>3</sup>)

### 5.5.1.2 ESTUDO DA DEPENDÊNCIA ENTRE DUAS SOLICITAÇÕES

De grande interesse tornam-se ainda as possibilidades de estimar determinados valores de resistência,, a partir de ensaios que sejam mais simples de serem realizados.

Dentre os ensaios mais simples podem ser citados a compressão paralela e a flexão estática realizados em pequenos corpos prova isentos de defeitos.



No QUADRO 35 podem ser observados os resultados obtidos entre algumas solicitações e os valores de compressão paralela.

QUADRO 35 Correlação entre solicitações mecânicas e tensão de ruptura na compressão paralela verde ou seca (kgf/cm<sup>2</sup>).

Solicitação	Modelo	R	Obs
1 - MOE COMPRESSÃO VERDE (x1000)	$Y = 1,8.(v\pm 0,72)$	0,84	Verde
2 - MOE FLEXÃO VERDE (x1000)	$Y = 1,5.(v\pm 0,72)$	0,86	Verde
3 - MOR - COMPRESSÃO SECA	$Y = 4.(v\pm 0,82)$	0,95	Verde
4 - MOR - FLEXÃO VERDE	$Y = 3,6.(v\pm 0,91)$	0,97	Verde
5 - MOR - FLEXÃO SECA	$Y = 3,1.(s\pm 0,93)$	0,96	Seca
6 - MOE - COMPR SECA (x1000)	$Y = 0,53.(s\pm 0,88)$	0,88	Seca
7 - MOE FLEXÃO - SECA (x1000)	$Y = 0,48.(s\pm 0,86)$	0,89	Seca
8 - DUREZA JANKA	$Y = 0,14.(s\pm 1,3)$	0,90	Seca

No QUADRO 36 podem ser vistos os resultados entre algumas solicitações e o valor da flexão estática.

QUADRO 36 Correlação entre algumas propriedades mecânicas e tensão de ruptura na flexão estática. (kgf/cm<sup>2</sup>)

Solicitação	Modelo	R	Obs
1 - MOE - FLEX - SECA (x1000)	$Y = 14 + 0,1.s$	0,90	Seca
2 - MOE - FLEX - VERDE (x1000)	$Y = 0,57.(s\pm 0,78)$	0,88	Verde

### 5.5.1.3 INFLUENCIA DO PESO ESPECÍFICO NAS CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS DAS MADEIRAS

Analisando-se os modelos encontrados pode ser observada grande influência do peso específico nas características mecânicas das madeiras.

Os expoentes associados às variáveis independentes, principalmente nos modelos alométricos lineares, por serem maiores que unidade, implicam em um relacionamento íntimo entre as variáveis

As equações encontradas tornam-se de grande importância para que se possa estimar diversas características mecânicas nas madeiras, a partir de ensaios de peso específico, que são de execução relativamente mais simples.

No entanto, pelo fato do peso específico a 15% ter sido determinado de acordo com o MB-26, por imersão em mercúrio, para dados provenientes do IPT, as expressões obtidas não serão totalmente adequadas, quando se utilizar como variável independente o peso específico por medida direta.

O valor do peso específico a 15%, além disso, é calculado a partir da retratibilidade, que depende por sua vez da contração volumétrica total, a qual nesse trabalho foi denominada de inchaço volumétrico total, conforme descrito no item 3.9.

Os corpos de prova para a execução de ensaios de peso específico, são diferentes dos corpos de prova para a execução dos ensaios de características mecânicas, tendo sido inclusive retirados de locais distintos de uma mesma árvore.

Provavelmente seria encontrado um melhor relacionamento entre as variáveis se, tanto o peso específico como as características mecânicas, fossem referentes aos mesmos corpos de prova.

No entanto, do ponto de vista prático, torna-se inviável

medida do valor do peso específico para corpos de prova destinados aos diversos ensaios.

Uma alternativa viável para futuras investigações seria a retirada de pequenas amostras, que se situassem próximas aos corpos de prova de maior tamanho.

Nesse caso poderiam ser conseguidas amostras "gêmeas", que poderiam mostrar uma dependência mais íntima a ser obtida entre os valores resultantes dos ensaios.

Por outro lado, a subdivisão do arquivo de dados em três categorias de peso específico, não mostrou um resultado satisfatório na previsão do MOR à compressão paralela, conforme pode ser visto no QUADRO 37, quando comparado com o QUADRO 34.

QUADRO 37 MOR x Peso específico -madeiras pesadas.

(PE >= 0,75 g/cm³)

AJUSTE

MODELO	COEF. CORREL.	EQUACAO
Linear	+0.6700	$Y = -61.9152 + ( 821.646 ) * X$
Senoidal	+0.6700	$Y = -62.0237 + ( 47085.3 ) * \text{SEN}( .017453 * X )$
Exponencial	+0.6620	$Y = 231.293 * \text{EXP}( 1.17701 * X )$
Recíproca	-0.6670	$Y = 2022.97 * \text{EXP}( -( .986904 ) / X )$
Hiperbólica	+0.6560	$Y = -8521.59 * X / (-12.4273 + X)$
Hiperbólica retangular	-0.6460	$Y = 1 / ( 3.07554E-03 + (-1.7262E-03 ) * X )$
Monomolecular	-0.5950	$Y = 1025 * ( 1 - ( 5.60151 ) * \text{EXP}( -( 3.22166 ) * X ) )$
Logística	-0.6250	$Y = 1025 / ( 1 + ( 24.405 ) * \text{EXP}( -( 4.37876 ) * X ) )$
Logística negativa	-0.6220	$Y = 1025 / ( 1 + ( X / ( .742341 ) ) ** (-3.99353 ) )$
Gompertz	-0.6120	$Y = 1025 * \text{EXP}( -( 11.1919 ) * \text{EXP}( -( 3.76157 ) * X ) )$
Alométrica linear	+0.6660	$Y = 752.855 * ( X ** ( 1.08696 ) )$

### 5.5.1.4 ESTIMATIVA DA RESISTÊNCIA MECÂNICA ATRAVÉS

#### DE VALORES DO PESO ESPECÍFICO A 15% E DO MOR.

As 404 espécies pertencentes a tabela do IPT foram agrupadas em três categorias de peso específico, para se estudar a influência simultânea do peso específico e do módulo de ruptura compressão paralela às fibras, no módulo de elasticidade a compressão, através do programa REGMULT/BAS.

Os valores obtidos através do programa REGMULT/BAS encontram-se nos QUADROS 38, 39 e 40.

#### QUADRO 38 Resultados obtidos para madeiras pesadas.

(PE) = 0,75 g/cm<sup>3</sup>

#### REGRESSION STATISTICS

COEFFICIENT OF DETERMINATION (R SQ) = .586131  
 COEFFICIENT OF MULTIPLE CORRELATION = .765592  
 STANDARD ERROR OF ESTIMATE = 23203.8  
 REGRESSION SUM OF SQUARES = 1.34965E+11  
 RESIDUAL SUM OF SQUARES = 9.52995E+10  
 TOTAL SUM OF SQUARES = 2.30265E+11  
 F-RATIO (REGRESSION) = 125.336  
 DEGREES OF FREEDOM = 2 & 177  
 PROBABILITY OF CHANCE = 6.9509E-11  
 NUMBER OF CASES (SUBJECTS) = 180  
 NUMBER OF INDEPENDENT VARIABLES = 2

#### REGRESSION COEFFICIENTS

VAR.	NAME	MEAN	S.D.	COEFF.
C	CONSTANT			
IV1	X - P.E.S.P.	.913111	.0926511	-1054.32
IV2	Y MOR	688.528	120.129	17710
DV	Z MOE	165811	35866.3	218.864

QUADRO 39

Resultados obtidos para madeiras médias.

( $0,50 \leq PE < 0,75 \text{ g/cm}^3$ )



REGRESSION STATISTICS

COEFFICIENT OF DETERMINATION (R SQ) = .446847  
 COEFFICIENT OF MULTIPLE CORRELATION = .668466  
 STANDARD ERROR OF ESTIMATE = 19166.7  
 REGRESSION SUM OF SQUARES = 2.87858E+10  
 RESIDUAL SUM OF SQUARES = 3.56341E+10  
 TOTAL SUM OF SQUARES = 6.44199E+10  
 F-RATIO (REGRESSION) = 39.1791  
 DEGREES OF FREEDOM = 2 & 97  
 PROBABILITY OF CHANCE = 9.4422E-08  
 NUMBER OF CASES (SUBJECTS) = 100  
 NUMBER OF INDEPENDENT VARIABLES = 2

REGRESSION COEFFICIENTS

VAR.	NAME	MEAN	S.D.	COEFF.
C	CONSTANT			40699.8
IV1	X - P. esp	.6305	.0659071	-69320.1
IV2	Y - mod	449.83	73.1227	267.867
DV	Z - P.06	117497	25508.9	

QUADRO 40

Resultados obtidos para madeiras leves.

( $PE < 0,50 \text{ g/cm}^3$ )

REGRESSION STATISTICS

COEFFICIENT OF DETERMINATION (R SQ) = .499113  
 COEFFICIENT OF MULTIPLE CORRELATION = .706479  
 STANDARD ERROR OF ESTIMATE = 16842.4  
 REGRESSION SUM OF SQUARES = 8.76249E+09  
 RESIDUAL SUM OF SQUARES = 8.79364E+09  
 TOTAL SUM OF SQUARES = 1.75561E+10  
 F-RATIO (REGRESSION) = 15.4451  
 DEGREES OF FREEDOM = 2 & 31  
 PROBABILITY OF CHANCE = 8.55242E-05  
 NUMBER OF CASES (SUBJECTS) = 34  
 NUMBER OF INDEPENDENT VARIABLES = 2

REGRESSION COEFFICIENTS

VAR.	NAME	MEAN	S.D.	COEFF.
C	CONSTANT			13766.9
IV1	X - P. esp	.412941	.0686017	-30087.8
IV2	Y - mod	258.441	67.4644	265.175
DV	Z - P.06	69876.5	23065.2	

### 5.5.1.5 DISCUSSÃO

Ao se analisar os resultados pode ser observado que a tentativa de resistência a partir do peso específico, leva a resultados melhores do que os resultados obtidos através da regressão múltipla.

Nessa última análise, em verdade, estão sendo utilizados valores provenientes de resultados dos ensaios de corpos de prova efetuados em três categorias de amostragem.

O resultado do peso específico é proveniente de amostras 2x2x3 (cm), o módulo de ruptura é proveniente de outros corpos 2x2x3 (cm) e o módulo de elasticidade à compressão é proveniente de amostras 6x6x18 (cm), todas retiradas de locais distintos da mesma torção.

Provavelmente seriam encontrados resultados melhores, todos os corpos de prova para a execução dos ensaios fossem retirados de barras vizinhas.

Por outro lado, a tentativa de correlação entre o peso específico e as deformações dimensionais, conforme apresentado no item 3.10 (FIG. 7), não pode ser observada, provavelmente porque se utilizaram espécies anatomicamente distintas.

Um estudo mais pormenorizado da influência do peso específico nas deformações dimensionais deve, portanto, levar em consideração agrupamentos de espécies anatomicamente similares, ou ainda a escolha de barras de espécies com pesos específicos distintos, que tenham sido acondicionadas nos mesmos níveis de umidade.

### 5.5.2 MODELOS OBTIDOS COM OS DADOS DE ACORDO COM A NORMA CC

No QUADROS 41 e 42 são apresentados os modelos que relacionam diversas características mecânicas e a densidade básica.

QUADRO 41 Correlação entre caract mecânicas e a densidade básica para dados do IBDF/CNPq-1981

Solicitação	Modelo	
1 - MOR FLEX VERDE	$Y = 1413.(x\uparrow 1,2)$	(
2 - MOR FLEX SECA	$Y = 2039.(x\uparrow 1,2)$	(
3 - MOE FLEX VERDE (x1000)	$Y = 166.(x\uparrow 0,88)$	(
4 - MOE FLEX SECA (x1000)	$Y = 194.(x\uparrow 0,86)$	(
5 - MOR COMP VERDE	$Y = 695.(x\uparrow 1,24)$	(
6 - MOR COMPR SECA	$Y = -8,6 + 1007.x$	(
7 - MOR COMPR PERP V	$Y = 160.(x\uparrow 1,19)$	(
8 - MOR COMP PERP S	$Y = -43 + 219.x$	(
9 - DUR EXT VERDE	$Y = 1114.(x\uparrow 1,46)$	(
10- DUR EXT SECA	$Y = 1345.(x\uparrow 1,23)$	(
11- DUR FACE VERDE	$Y = 1295.(x\uparrow 1,84)$	(
12- DUR FACE SECA	$Y = 1466.(x\uparrow 1,77)$	(
13- TRAC NORM VERDE	$Y = 72.(x\uparrow 1,05)$	(
14- CISALH VERDE	$Y = 149.(x\uparrow 1,09)$	(
15- CISALH SECA	$Y = 188.(x\uparrow 1,06)$	(
16- TRAC NORM SECA	$Y = 59.(x\uparrow 0,69)$	(

QUADRO 42 - Correlação entre caract mecânicas e densidade básica para dados do IBDF/LPF-1983

	Verde	R	Seca	R
1-MOR-FLEXÃO	1484. (x1,25)	0,96	2061. (x1,2)	0,9
2-MOE-FLEXÃO.1000	192. (x10,98)	0,88	219. (x10,94)	0,8
3-MOR-COMP-//	715. (x11,23)	0,93	1039. (x11,06)	0,9
4-COMPR-PERP	166. (x11,9)	0,91	188. (x11,57)	0,9
5-TRAÇÃO-PERP	81. (x11,11)	0,84	-----	---
6-CISALHAMENTO	155. (x11,06)	0,90	192. (x11,04)	0,9
7-DUR-PARALELA	1152. (x11,47)	0,93	1677. (x11,95)	0,9

### 5.5.2.3 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A influência da densidade básica na tração normal às fibras para os dados do IBDF/CNPq (1981), mostra um aspecto muito interessante, pois para madeiras de densidade básica acima de 0,58 g/cm<sup>3</sup>, pode ser observado que a tração normal seca é superior à tração normal verde. No entanto, para valores de peso específico inferiores a 0,58 g/cm<sup>3</sup>, ocorre o oposto, ou seja, aparentemente na solicitação a umidade não desempenha um papel tão importante.

Por outro lado para os dados do IBDF/LPF (1983), não é possível observar-se a dependência entre as mesmas variáveis, para tração perpendicular verde, sendo este um ensaio que requer, provavelmente, um estudo mais detalhado, com maiores cuidados na secagem das peças, para minimizar o aparecimento das fissuras.



5.5.3

COMPRESSÃO PARALELA AS FIBRAS EM FUNÇÃO DA UMID

Para as espécies relacionadas nos QUADROS 16 e 17 foram feitas tentativas de correlação entre a tensão de ruptura e a umidade.

5.5.3.1 MODELOS ADOTADOS

Os modelos testados para estudar a correlação entre a resistência a umidade foram os mesmos existentes no programa MODELO/BAS. Posteriormente também se estudou a aplicabilidade da função exponencial utilizada em cálculos pelo IPT, conforme descrito em 4. pela utilização do programa CURVAIPT/BAS. Como exemplo da saída resultados podem ser observados os valores encontrados para a madeira Almecega - Protium sp, conforme os QUADROS 43 e 44.

QUADRO 43

Modelos obtidos pelo programa MODELO/BAS

COEF. CORREL.	EQUAÇÃO
-0.6970	$Y = 743.321 + (-6.55972) * X$
-0.7900	$Y = 797.628 + (-624.559) * \text{SEN}(.017453 * X)$
-0.7500	$Y = 705.069 * \text{EXP}(-.0117204 * X)$
+0.8930	$Y = 353.775 * \text{EXP}(-(-2.86939) / X)$
-0.8420	$Y = 359.246 * X / (-1.90353 + X)$
+0.7980	$Y = 1 / ( 1.49898E-03 + ( 2.30216E-05 ) * X )$
+0.5580	$Y = 1029.7 * ( 1 - ( .17276 ) * \text{EXP}(-.0227674 * X) )$
+0.6230	$Y = 1029.7 / ( 1 + ( .257194 ) * \text{EXP}(-.034146 * X) )$
+0.8900	$Y = 1029.7 / ( 1 + ( X / ( 18.1836 ) ) ** ( .844291 ) )$
+0.5920	$Y = 1029.7 * \text{EXP}(-.208474) * \text{EXP}(-.0278309 * X)$
-0.9320	$Y = 1177.23 * ( X ** (-.3214) )$
+0.9597	$Y = 1836.2 * ( X ** (-.694551 + ( .154273 ) * \text{LOG} ( X ) ) )$
+0.9301	$Y = 921.441 + (-27.9641) * X + ( .247967 ) * ( X ** 2 )$

QUADRO 44

Modelo obtido pelo programa CURVAIPT/BAS

RESULTADOS DE COMPRESSÃO X UMIDADE PARA ALMECEGA

VALOR DE A = 331.117  
VALOR DE D = 1.55006

VALOR DE B = 663.033  
VALOR DE R = .942809

VALOR DE C = .0237004  
VALOR DE F = 362.674

Na FIG. 24 são apresentados os valores experimentais e teóricos ;  
a compressão paralela da madeira Almecega.

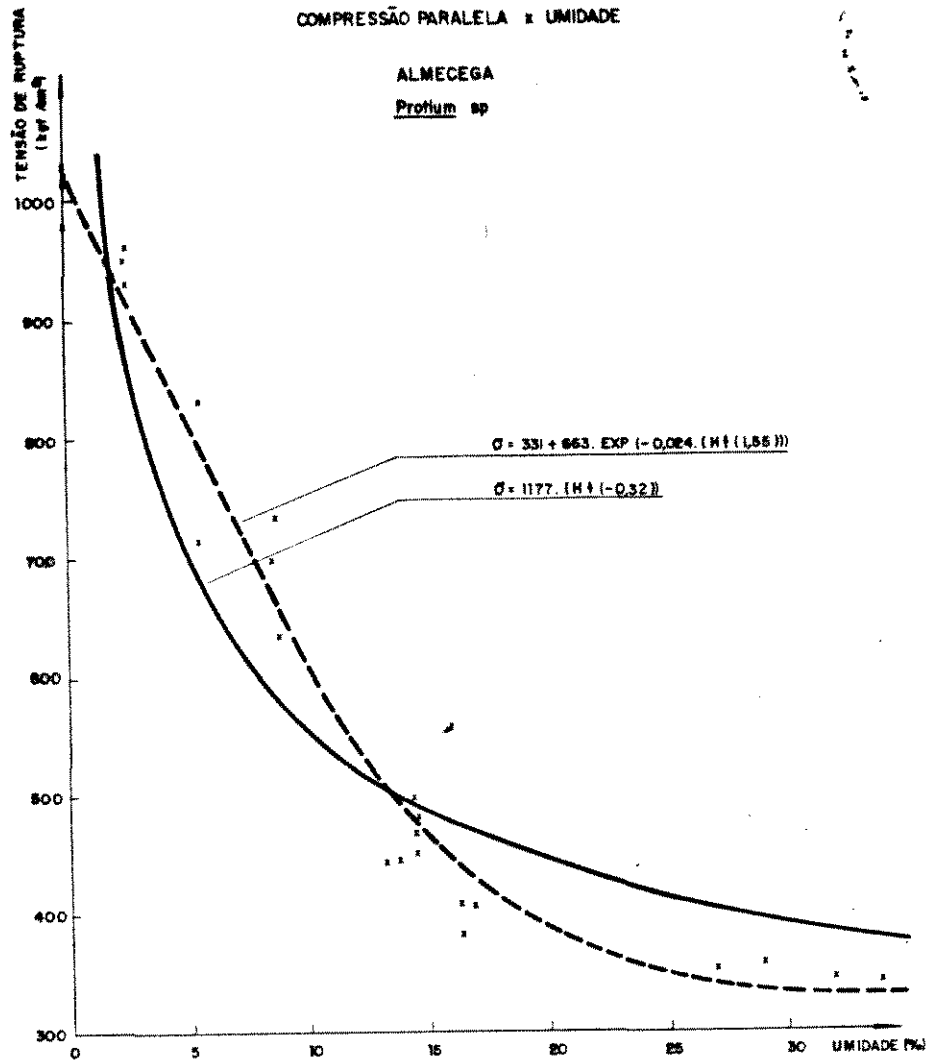


FIG.24 Compressão paralela x umidade

Na FIG. 25 pode ser visto a saída dos resultados para a madeira  
cuf ou Angelim- amargoso, obtido através de computador ZENITH.

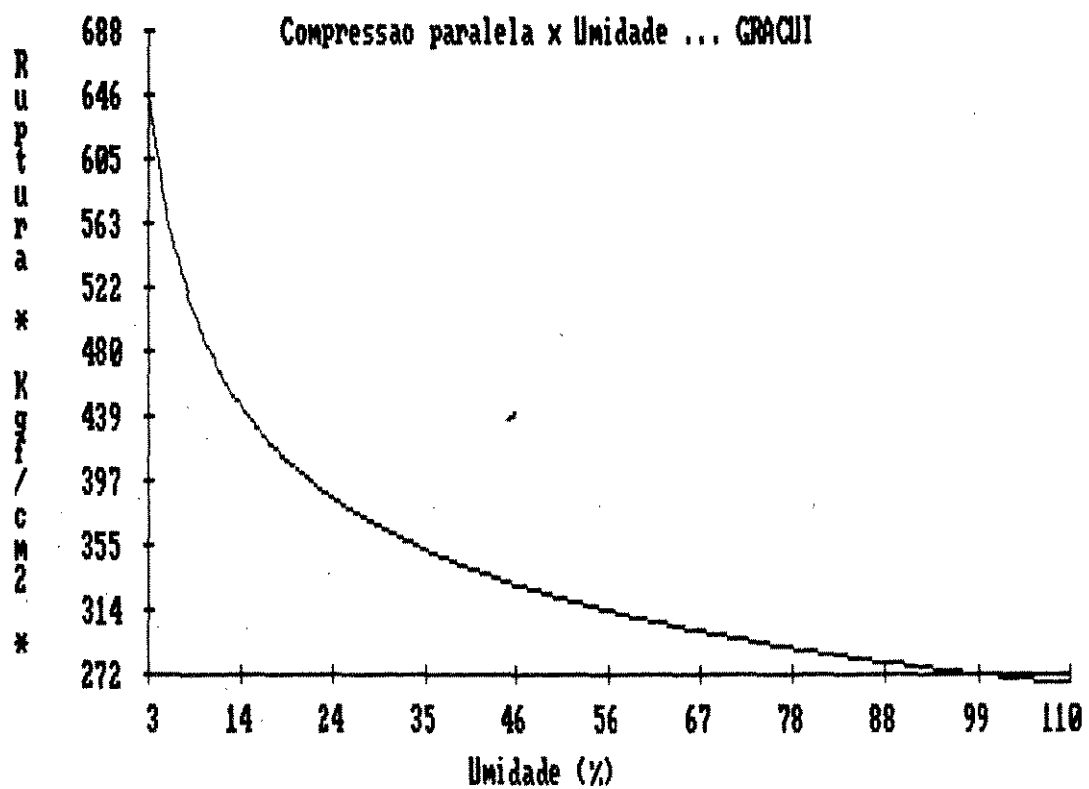


FIG.25 Compressão paralela x umidade

### 5.5.3.2 MADEIRAS ESTUDADAS NO INPA

No QUADRO 45 podem ser vistos os melhores modelos obtidos para as espécies de madeira estudadas no INPA (1984).

QUADRO 45	Compressão paralela X Umidade - INPA	
Nome	Equação	
1 - CARDEIRO	$R = 412 + 754 \cdot \exp(-0,12 \cdot (H \uparrow 0,99))$	0
2 - CAST. JACARÉ	$R = 971 \cdot \exp(-0,022 \cdot H)$	0
3 - SUC - VERMELHA	$R = 1414 \cdot (H \uparrow (-0,26))$	0
4 - CUMARU	$R = 1539 \cdot (H \uparrow (-0,20))$	0
5 - IPÊ	$R = (692 \cdot H) / (-3,33 + H)$	0
6 - CEDRORANA	$R = 671 \cdot (H \uparrow (-0,27))$	0
7 - CUMARURANA	$R = 1151 \cdot (H \uparrow (-0,13))$	0
8 - PAU-RAINHA	$R = 1753 + 45 \cdot H$	0
9 - CUPIUBA	$R = 989 - 35 \cdot H + 0,43 \cdot (H \uparrow 2)$	0
10- MAÇARANDUBA	$R = 1620 \cdot (H \uparrow (-0,25))$	0

### 5.5.3.3 MADEIRAS ESTUDADAS NO CT (UNICAMP)

No QUADRO 46 podem ser vistos os melhores modelos obtidos para espécies de madeiras coletadas em Campinas e ensaiadas no C

QUADRO 46 Compressão paralela X Umidade - CT-UNICAMP .

Nome	Equação	
1 - ITAUBA 2x2	$R = 1136 \cdot (H \uparrow (-0,28))$	
2 - ITAUBA 5x5	$R = 1154 \cdot (H \uparrow (-0,29))$	
3 - JATOBÁ-VERM 2x2	$R = 1368 \cdot (H \uparrow (-0,23))$	
4 - JATOBÁ-VERM 5x5	$R = 1528 \cdot (H \uparrow (-0,23))$	
5 - JATOBÁ-AM 2x2	$R = 1196 \cdot (H \uparrow (-0,23))$	
6 - JATOBÁ-MISTO 2x2	$R = 1306 \cdot (H \uparrow (-0,23))$	
7 - JATOBÁ-MISTO 5x5	$R = 1550 \cdot (H \uparrow (-0,25))$	

### 5.5.3.4 ESTUDOS DE MADEIRAS UTILIZANDO-SE DE DADOS FORNECIDOS

#### PELOS LABORATÓRIOS DE PESQUISA : IPT e ITERS

No QUADRO 47 podem ser observados os melhores modelos c dos para espécies de madeiras estudadas pelo IPT e pelo ITERS (\*)

QUADRO 47 Resultados obtidos -IPT e ITERS .

Nome	Equação	
1 - CEDRO-BRANCO	$R = 1569. (HT(-0,38))$	(
2 - GRACUÍ	$R = 852. (HT(-0,25))$	(
3 - ALMECEGA	$R = 331 + 663. \exp(-0,024. (HT1,55))$	(
4 - CABREÚVA (*)	$R = 1762. (HT(-0,35))$	(
5 - CARAIPERANA	$R = 520 + 818. \exp(-0,027. (HT1,4))$	(
6 - ARAPARI	$R = 320 + 472. \exp(-0,108. (HT0,88))$	(
7 - TENTO	$R = 403 + 616. \exp(-0,03. (HT1,56))$	(
8 - GOROROBA	$R = 622 + 847. \exp(-0,022. (HT1,67))$	(
9 - CAUCHO	$R = 428 + 670. \exp(-0,049. (HT1,33))$	(
10- TACHI-BRANCO	$R = 372 + 620. \exp(-0,057. (HT1,23))$	(
11- INGAZEIRO	$R = 247 + 420. \exp(-0,034. (HT1,33))$	(
12- CAJU-AÇU	$R = 255 + 445. \exp(-0,052. (HT1,20))$	(
13- CAST-CUTIA	$R = 669 + 581. \exp(-0,004. (HT2,08))$	(

### 5.5.3.5 RESISTÊNCIA A COMPRESSÃO PARALELA A 15% DE UMIDADE COEFICIENTE DE INFLUÊNCIA DA UMIDADE (CIH).

No QUADRO 48 são apresentados os valores de resistênc 10%, 15% e 20% de umidade, além do coeficiente de influênci da dade (CIH), para as espécies estudadas.

Madeira	Resistência de ruptura (Kgf/cm <sup>2</sup> ),			CIH
	R10%	R15%	R20%	
1 - CARDEIRO	645	543	485	2,8
2 - CAST. JACARÉ	779	698	625	2,2
3 - SUC - VERMELHA	777	699	649	1,8
4 - CUMARU	971	895	845	1,4
5 - IPE	1037	889	830	2,2
6 - CEDRORANA	360	323	299	1,5
7 - CUMARURANA	853	809	780	0,9
8 - PAU-RAINHA	1303	1078	853	4,2
9 - CUPIÚBA	682	561	461	3,1
10- MAÇARANDUBA	911	823	766	1,7
11- ITAÚBA 2x2	596	532	491	1,5
12- ITAÚBA 5x5	592	526	484	2,0
13- JATOBÁ-VERM 2x2	806	734	687	1,0
14- JATOBÁ-VERM 5x5	900	820	767	1,0
15- JATOBÁ-AM 2x2	704	642	600	1,0
16- JATOBÁ-MIS 2x2	769	701	656	1,0
17- JATOBÁ-MIS 5x5	872	788	734	1,2
18- CEDRO-BRANCO	654	561	503	2,0
19- GRACUÍ	479	433	403	1,2
20- ALMECEGA	617	468	388	4,0
21- CARAIPERANA	933	766	655	3,1
22- ARAPARI	527	465	423	2,2
23- TENTO	615	486	429	3,1
24- GOROROBA	921	731	653	3,1

25- CAUCHO	665	541	477	3,1
26- TACHI-BRANCO	606	497	435	3,1
27- INGAZEIRO	451	369	315	3,1
28- CAJU-AÇU	450	371	321	3,1
29- CAST-CUTIA	1010	838	730	3,1

#### 5.5.3.6 ESCOLHA DOS MODELOS PARA A COMPRESSÃO PARALELA AS FIBRAS EM FUNÇÃO DA UMIDADE

Os modelos adotados para cada espécie levaram em conta o valor do coeficiente de correlação e a simplicidade do modelo. Para algumas espécies, no entanto, os modelos mais simples não foram adotados por apresentarem coeficientes de correlação muito baixos.

Os ensaios com os dados provenientes do IPT mostraram um bom ajustamento pelo modelo exponencial (CURVA IPT/BAS), provavelmente devido ao fato de ser efetuada uma amostragem sistemática, em função pré-fixada das árvores. Por outro lado, deve ser levado em consideração o fato de que os resultados obtidos com amostras utilizadas no CPPF-INPA, provavelmente, não foram obtidos com amostras feitas paralelas às fibras.

Os coeficientes de influência da umidade (CIH) mostraram-se muito abaixo dos valores normalmente obtidos no IPT, principalmente quando se utilizaram modelos diferentes do exponencial. Deve-se notar, portanto, pelo uso da própria equação para se estimar a resistência da madeira a "h %" de umidade.

#### 5.5.3.7 INFLUÊNCIA DAS DIMENSÕES DOS CORPOS DE PROVA

A influência das dimensões dos corpos de prova nos ensaios de compressão paralela, em função da umidade, não pode ser observada conforme prescrevem diversos autores.

As amostras de maior seção (5x5) apresentaram maior resistência à ruptura que as amostras de menor seção (2x2), tanto para as duas espécies de Jatobá quanto para Itaúba.

Além do ensaio de compressão paralela com amostras 5x5 não ser padronizado, alguns fatores provavelmente contribuíram para que os resultados não fossem os esperados.

A serragem da madeira em corpos de pequenas dimensões quando realizada com serra vertical, provavelmente, provoca o aparecimento de micro-fissuras que acabam por fazer com que a resistência das peças seja reduzida.

Outro fator a ser considerado deve-se, provavelmente à velocidade de ensaio que foi adotada, que é muito superior à prescrita pelas normas.

Por outro lado o ensaio de amostras 5x5 em função da umidade revela-se arriscado, para pequenos teores de umidade, pois as rachaduras são bruscas e favorecem o aparecimento da emissão de cavidade de madeira, pondo em risco tanto o operador quanto o aparelho qual repentinamente tem a carga aliviada.



### 5.5.4 RESISTÊNCIA ACOMPRESSÃO x UNIDADE x PESO ESPECÍFICO

As informações referentes às espécies relacionadas no QUADRO 15 foram utilizadas pelo programa REMMAD, para o cálculo dos coeficientes, testes estatísticos e valores de resistência.

No QUADRO 49 são mostrados os coeficientes encontrados para cada espécie e testes estatísticos. Os modelos são representados por:

$$MOR = A + B.PE + C.log H + D.PE.log H$$

QUADRO 49-Coefficientes encontrados para as espécies

Madeira	A	B	C	D	R	F
1-CUMARURANA	-1100	2626	205	-450	.96	216*
2-CUMARU	-1245	2772	203	-455	.96	213*
3-ARARA TUC.	753	333	-235	62	.95	129*
4-LOURO CHU.	-5939	6871	2844	-2742	.93	72*
5-SUC VERM.	-1176	2884	279	-588	.87	59*
6-LOURO INH	260	1014	-90	-124	.96	158*
7-SUC. AMAR	-329	1839	16	-293	.94	142*
8-CUPIUBA	-115	1461	9	-263	.90	89*
9-MAÇARAND	610	802	-1165	832	.75	21*
10-CARDEIRO	1360	-520	-363	255	.98	338*
12-IPE	-1600	3159	-18	-325	.96	107*
13-TANIBUCA	85	1475	-41	-226	.86	32*
14-TAUARI	805	-9	-173	59	.88	40*
15-CEDRORANA	-167	1648	12	-283	.94	136*

### 5.5.4.1 RESULTADOS OBTIDOS

No QUADRO 50 podem ser vistos os resultados completos obtidos para a madeira Cumaru - *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd., através da execução do programa RENNAD.

#### QUADRO 50 Resultados obtidos para o Cumaru.

##### REGRESSION STATISTICS

COEFFICIENT OF DETERMINATION (R SQ) = .960948  
 COEFFICIENT OF MULTIPLE CORRELATION = .980279  
 STANDARD ERROR OF ESTIMATE = 48.9547  
 REGRESSION SUM OF SQUARES = 1.53025E+06  
 RESIDUAL SUM OF SQUARES = 62310.6  
 TOTAL SUM OF SQUARES = 1.59252E+06  
 F-RATIO (REGRESSION) = 213.257  
 DEGREES OF FREEDOM = 3 & 26  
 PROBABILITY OF CHANGE = 6.11432E-09  
 NUMBER OF CAGES (SUBJECTS) = 30  
 NUMBER OF INDEPENDENT VARIABLES = 3

##### REGRESSION COEFFICIENTS

VAR.	NAME	MEAN	S.D.	COEFF.
C	CONSTANT			-1144.05
IV0	PES. ESP.	1.00163	.0552679	1771.43
IV2	LOG(10)	0.41567	1.00482	373.133

O feixe de retas gerado pelo modelo de regressão múltipla pode ser visto na FIG.26 .

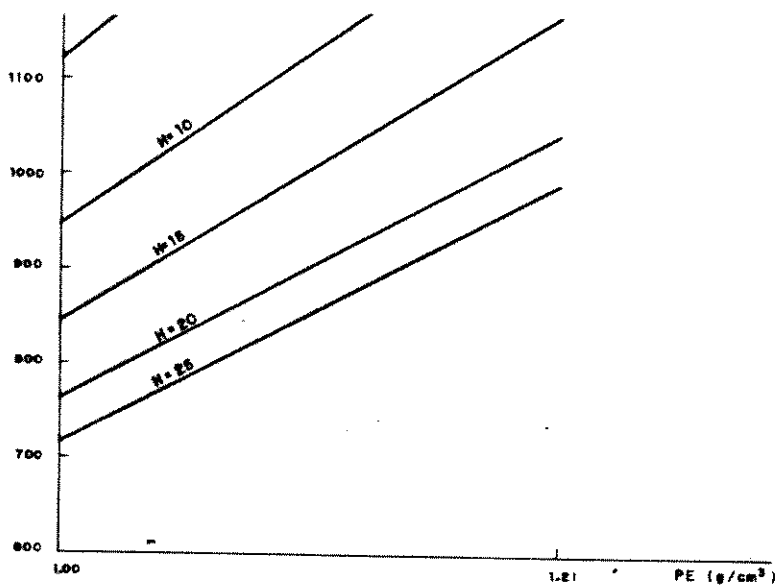


FIG.26 Feixe de retas para o Cumaru.

### 5.5.4.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O feixe de retas obtido para cada espécie deveria teormente estabilizar-se, ou seja, tornar-se paralelo ao eixo das cissas, a partir do teor de umidade equivalente ao ponto de saturação das fibras ao ar (PSA).

Tal fato, no entanto, conforme o QUADRO 49, não ocorre pois as funções representativas do ensaio para cada espécie, tendem a um certo limite, quando o teor de umidade tende ao infinito (PSA).

Dentre as espécies, o Louro-chumbo, apresenta o comportamento mais irregular, pois a partir de um teor de umidade muito baixo para que seja o PSA, as retas começam a decrescer (FIG.27).

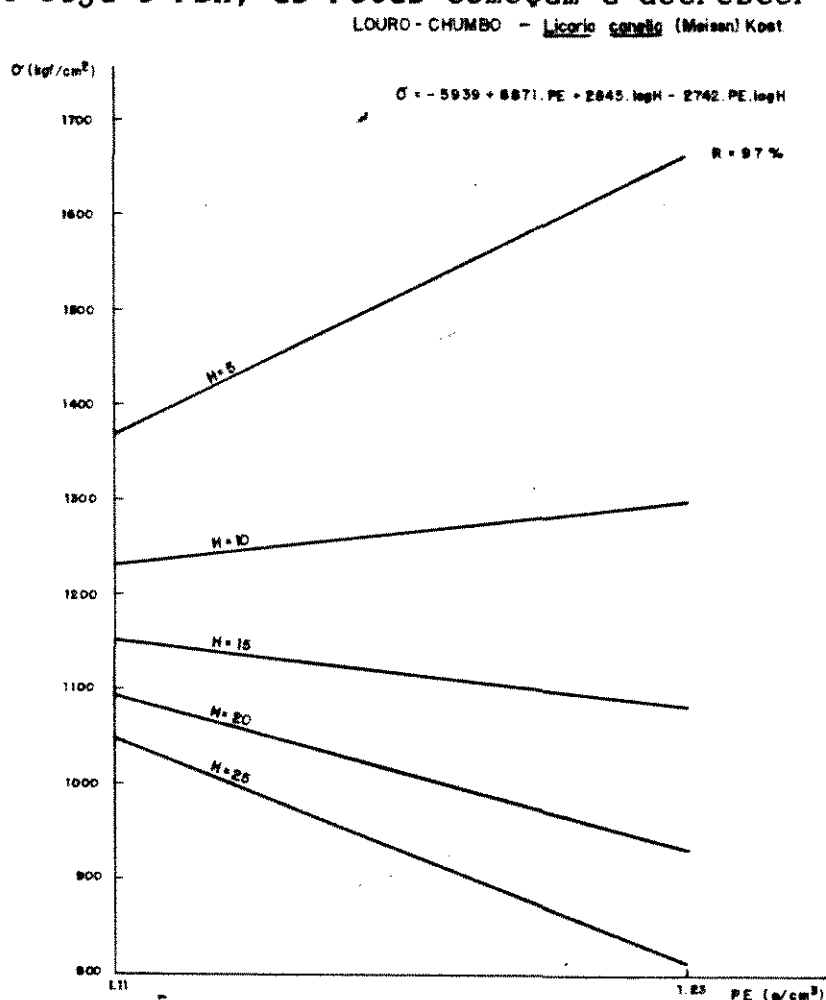


FIG. 27 Feixe de retas obtidas para o Louro-chumbo.

Tal fato deve-se, provavelmente, às características intrínsecas da espécie, tais como, anatomia e tipos extrativos.

Tal espécie deveria merecer um estudo mais pormenorizado principalmente com a utilização de amostragem mais apropriada, e de se trabalhar com variações menores entre os teores de umidade.

#### 5.5.4.3 MODELOS ALTERNATIVOS

Para a Cupiúba foram testados alguns modelos de regressão múltipla com menos variáveis independentes, conforme pode ser visto nos QUADROS 51-A até 51-E.

QUADRO 51-A Modelo:  $MOR = A + B \cdot \log h + C \cdot esp + D \cdot esp \cdot \log h$

#### REGRESSION STATISTICS

COEFFICIENT OF DETERMINATION (R SQ) = .902313  
 COEFFICIENT OF MULTIPLE CORRELATION = .949902  
 STANDARD ERROR OF ESTIMATE = 70.4444  
 REGRESSION SUM OF SQUARES = 1.42093E+06  
 RESIDUAL SUM OF SQUARES = 153635  
 TOTAL SUM OF SQUARES = 1.57477E+06  
 F-RATIO (REGRESSION) = 95.4465  
 DEGREES OF FREEDOM = 3 e 32  
 PROBABILITY OF CHANCE = 1.51358E-08  
 NUMBER OF CASES (SUBJECTS) = 35  
 NUMBER OF INDEPENDENT VARIABLES = 3

#### REGRESSION COEFFICIENTS

VAR.	NAME	MEAN	S.D.	COEFF.
C	CONSTANT			-343.438
IV1	LOG H	2.55699	1.08532	67.1524
IV2	ESP	.915029	.0916813	1727.63
IV3	LOG H * ESP	2.40596	1.18754	-331.127
DV	RUPT	612.423	215.213	

QUADRO 51-B Modelo :  $MOR = A + B \cdot \log h + C \cdot \text{esp} \cdot \log h$

REGRESSION STATISTICS

COEFFICIENT OF DETERMINATION (R SQ) = .888584  
 COEFFICIENT OF MULTIPLE CORRELATION = .941586  
 STANDARD ERROR OF ESTIMATE = 74.7085  
 REGRESSION SUM OF SQUARES = 1.39618E+06  
 RESIDUAL SUM OF SQUARES = 178604  
 TOTAL SUM OF SQUARES = 1.57477E+06  
 F-RATIO (REGRESSION) = 125.074  
 DEGREES OF FREEDOM = 2 & 32  
 PROBABILITY OF CHANCE = 1.50462E-08  
 NUMBER OF CASES (SUBJECTS) = 35  
 NUMBER OF INDEPENDENT VARIABLES = 2

REGRESSION COEFFICIENTS

VAR.	NAME	MEAN	S.D.	COEFF.
C	CONSTANT			1121.54
IV1	LOG h	2.55699	1.08532	-302.11
IV3	LOG H * ESP	2.40596	1.18754	109.468
DV	RUPT	612.423	215.213	

QUADRO 51-C Modelo :  $MOR = A + B \cdot \log h + C \cdot \text{esp}$

REGRESSION STATISTICS

COEFFICIENT OF DETERMINATION (R SQ) = .893935  
 COEFFICIENT OF MULTIPLE CORRELATION = .945482  
 STANDARD ERROR OF ESTIMATE = 72.247  
 REGRESSION SUM OF SQUARES = 1.40774E+06  
 RESIDUAL SUM OF SQUARES = 167028  
 TOTAL SUM OF SQUARES = 1.57477E+06  
 F-RATIO (REGRESSION) = 134.851  
 DEGREES OF FREEDOM = 2 & 32  
 PROBABILITY OF CHANCE = 1.20363E-08  
 NUMBER OF CASES (SUBJECTS) = 35  
 NUMBER OF INDEPENDENT VARIABLES = 2

REGRESSION COEFFICIENTS

VAR.	NAME	MEAN	S.D.	COEFF.
C	CONSTANT			701.175
IV1	X - LOG H	2.55699	1.08532	-214.726
IV2	Y - ESP	.915029	.0916813	503.045
DV	Z - RUPT	612.423	215.213	

QUADRO 51-D Modelo : MOR= A+ B.esp + C.esp.log h

REGRESSION STATISTICS

COEFFICIENT OF DETERMINATION (R SQ) = .901842  
 COEFFICIENT OF MULTIPLE CORRELATION = .949654  
 STANDARD ERROR OF ESTIMATE = 69.5019  
 REGRESSION SUM OF SQUARES = 1.42019E+06  
 RESIDUAL SUM OF SQUARES = 154576  
 TOTAL SUM OF SQUARES = 1.57477E+06  
 F-RATIO (REGRESSION) = 147.002  
 DEGREES OF FREEDOM = 2 & 32  
 PROBABILITY OF CHANCE = 9.39085E-09  
 NUMBER OF CASES (SUBJECTS) = 35  
 NUMBER OF INDEPENDENT VARIABLES = 2

REGRESSION COEFFICIENTS

VAR.	NAME	MEAN	S.D.	COEFF.
C	CONSTANT			-99.2943
IV2	ESP	1.915029	.0916813	1442.72
IV3	LOG H * ESP	2.40596	1.18754	-252.877
DV	RUP1	612.423	215.213	

QUADRO 51-E Modelo :MOR= B+ M.esp.log h

CORRELATION COEFFICIENT (R) = -.885

DEGREES OF FREEDOM (DF) = 33

SLOPE (M) OF REGRESSION LINE = -160.079

Y INTERCEPT (B) FOR THE LINE = 997.632

Observa-se que, para essa espécie, poder-se-ia optar por modelo mais simples, o que iria facilitar em grande parte os cálculos a serem desenvolvidos.

O modelo mais adequado para cada espécie dependerá em grande parte, da amostragem realizada, do caminhamento das variações de umidade e de características anatómicas específicas.

## 5.6. PROPRIEDADES FÍSICAS DAS MADEIRAS

No QUADRO 52 podem ser vistas os resultados completos ensaios para a madeira Cupiúba.

### QUADRO 52 Resultados obtidos para a madeira Cupiúba

RESULTADOS DOS ENSAIOS PARA A MADEIRA : CUPUIURA

	- M E D I A S -	- D E S V I O P A D R A O -	- C O E F I C I E N T E
UMIDADE AMBIENTE	13.960	3.0757	22.03
UMIDADE VERDE	45.741	5.9072	12.91
RETR. RADIAL PARCIAL	-1.649	0.3603	21.05
RETR. TANG. PARCIAL	-3.350	0.5007	14.94
RETR. AXIAL PARCIAL	-0.385	0.2833	73.54
RETR. VOLUM. PARCIAL	-5.308	0.8989	16.93
RETR. RADIAL TOTAL	-4.082	0.6104	14.95
RETR. TANG. TOTAL	-7.559	0.6551	8.66
RETR. AXIAL TOTAL	-0.538	0.2980	55.36
RETR. VOLUM. TOTAL	-11.007	1.1409	9.66
INCH. RADIAL PARCIAL	2.539	0.4023	15.84
INCH. TANG. PARCIAL	4.555	0.4647	10.19
INCH. AXIAL PARCIAL	0.154	0.0670	43.52
INCH. VOLUM. PARCIAL	7.376	0.7695	10.42
INCH. RADIAL TOTAL	4.260	0.6636	15.57
INCH. TANG. TOTAL	0.182	0.7687	9.39
INCH. AXIAL TOTAL	0.542	0.3038	56.03
INCH. VOLUM. TOTAL	13.406	1.4673	10.94
COEF. DE RETR.	-0.397	0.1133	28.50
PTO DE SATUR. AO AR	31.483	7.5364	23.92
PESO ESPEC. ESTUFA	0.821	0.0229	2.78
PESO ESPEC. AMBIENTE	0.871	0.0243	2.78
PESO ESPEC. VERDE	1.054	0.0293	2.78
DENSIDADE BASICA	0.724	0.0236	3.26
PESO ESPECIFICO A 15%	0.874	0.0259	2.96
RAZAO DE CONTRACAO (CT/CR)	1.880	0.2391	12.72
POROSIDADE	46.708	1.4867	3.18
RAD TOT/ESP EST	4.981	0.7850	15.75
TANG TOT/ESP EST	9.222	0.9065	9.82
AXIAL TOT/ESP EST	0.655	0.3562	54.38
VOL TOT/ESP EST	14.404	1.5302	10.62
RAZAO DE CONTR(CT/CA)	16.384	5.4543	33.29
V/(RD+TG) PARC	1.061	0.0446	4.20
V/(RD+TG) TOT	1.014	0.0212	2.09

Para as outras espécies, que são citadas nos QUADROS 18, são apresentadas, no QUADRO 53-A até 53-E.

Os números atribuídos às madeiras relacionam-se com os QUADROS 15 e 18 citados nos itens 4.4 e 4.5.2.

QUADRO 53-A Resultados para as madeiras dos QUADROS 15 e 18 .

Características	1	2	3	4	5	6	7	8
1 -Um. Amb. (%)	13,4	12,7	13,8	12,2	14,4	13,8	13,8	14,0
2 -R.RD Tot (%)	4,4	5,5	3,7	5,4	3,8	3,6	4,2	4,1
3 -R.TG.Tot (%)	5,6	7,5	8,3	6,1	7,2	5,4	8,5	7,6
4 -R.AX.Tot (%)	0,3	0,3	0,7	0,2	0,6	0,6	0,7	0,5
5 -R.Vol.Tot (%)	10	13	12	11,3	11	9,3	13	12
6 -Coef.Ret (%)	0,25	0,39	0,40	0,26	0,29	0,3	0,50	0,3
7 -PSA (%)	41	33	31	44	38	31	29	31
8 -D.Bas (g/cm³)	0,84	0,90	0,62	1,01	0,63	0,43	0,63	0,7
9 -P.E.15% (g/cm³)	0,99	1,07	0,75	1,19	0,76	0,51	0,76	0,8
10-CT/CR	1,3	1,4	2,2	1,1	1,9	1,5	2,1	1,5
11-Porosidade (%)	39	33	54	26	54	69	53	47
12-RD/E.Est.	5	5	5	5	5	8	6	5
13-TG/E.Est.	6	7	12	5	10	12	12	9
14-AX/E.Est.	0,3	0,2	1	0,1	0,8	1	1	0,7
15-VOL/E.Est.	11	12	18	10	16	20	18	14
16-CT/CA	18	32	13	38	12	11	13	16
17-VOL/(RD + TG)	1	0,99	1,03	0,98	1,02	1,03	1,02	1,0



## QUADRO 53-B

## MADEIRAS

Características	9	10	11	12	13	14	15	16
1 -Um.Amb.(%)	13,9	13,9	10,0	10,7	14,2	14,7	13,8	12,0
2 -R.RD Tot(%)	6,1	4,6	3,8	5,7	3,9	4	3,9	6,4
3 -R.TG.Tot(%)	7,6	8,2	5,5	8	6,3	5,3	6,6	10,9
4 -R.AX.Tot(%)	0,3	0,8	0,4	0,24	0,6	1,2	1,1	0,4
5 -R.Vol.Tot(%)	13,6	13,1	9,4	13,5	10,5	10	11,2	17
6 -Coef.Ret(%)	0,38	0,47	0,33	0,52	0,32	0,39	0,47	0,80
7 -PSA(%)	36	29	29	27	33	26	24	21
8 -D.Bas(g/cm <sup>3</sup> )	0,92	0,6	1,01	0,97	0,50	0,43	0,47	0,65
9 -P.E.15%(g/cm <sup>3</sup> )	1,11	0,73	1,17	1,14	0,60	0,52	0,58	0,80
10-CT/CR	1,2	1,8	1,5	1,4	1,7	1,3	1,7	1,7
11-Porosidade(%)	31	55	28	28	64	69	66	46
12-RD/E.Est.	6	7	3	5	7	8	7	8
13-TG/E.Est.	7	12	5	7	11	11	13	13
14-AX/E.Est.	0,3	1,2	0,3	0,2	1	2	2	0,5
15-VOL/E.Est.	13	19	8	12	19	21	22	20
16-CT/CA	25	10	19	37	11	5	6	25
17-VOL/(RD + TG)	0,99	1,03	1,01	0,98	1,03	1,09	1,07	0,96

## QUADRO 53-C

## MADEIRAS

Características	17	18	20	21	23	24	25	26
1 -Um.Amb.(%)	12,5	12,3	11,5	11,8	14,2	12,4	12,1	12,8
2 -R.RD Tot(%)	4,3	6,2	5,0	3,2	3,8	5	6,4	3,4
3 -R.TG.Tot(%)	8,9	8,2	7,0	5,9	7,0	9,0	7,4	6,2
4 -R.AX.Tot(%)	0,6	1	0,2	0,4	0,9	0,3	0,4	1,0
5 -R.Vol.Tot(%)	13,3	14,8	11,8	9,3	11,3	13,9	13,7	10,4
6 -Coef.Ret(%)	0,64	0,73	0,39	0,32	0,44	0,53	0,67	0,41
7 -PSA(%)	21	20	33	29	26	26	21	21
8 -D.Bas(g/cm <sup>3</sup> )	0,59	0,45	1,05	0,64	0,40	0,83	0,78	0,31
9 -P.E.15%(g/cm <sup>3</sup> )	0,74	0,56	1,24	0,75	0,49	1,01	0,96	0,41
10-CT/CR	2,1	1,3	1,4	1,8	1,9	1,8	1,2	1,8
11-Porosidade(%)	56	66	22	54	71	37	42	76
12-RD/E.Est.	6	12	4	5	8	5	7	9
13-TG/E.Est.	13	16	6	8	15	9	8	17
14-AX/E.Est.	1	2	0,2	0,6	2	0,3	0,5	2,9
15-VOL/E.Est.	19	28	10	13	25	14	15	28
16-CT/CA	15	8	36	15	7	31	18	6
17-VOL/(RD + TG)	1,01	1,03	0,99	1,02	1,05	0,99	0,99	1,01

Características	27	28	29	30	31	32	34	38
1 -Um.Amb.(%)	12,2	14,2	11,8	13,8	14,7	12,1	12,8	16,6
2 -R.RD Tot(%)	3,8	5,4	3,9	4,3	5,2	4,4	4,6	4,0
3 -R.TG.Tot(%)	7,3	7,4	6,9	8,0	8,1	5,4	6,6	5,7
4 -R.AX.Tot(%)	0,3	1	0,2	1,3	0,4	0,6	0,3	0,4
5 -R.Vol.Tot(%)	11,1	13,3	10,7	13,1	13,3	10,2	11,1	9,8
6 -Coef.Ret(%)	0,57	0,67	0,41	0,57	0,37	0,46	0,38	0,2
7 -PSA(%)	20	20	26	23	36	22	29	48
8 -D.Bas(g/cm <sup>3</sup> )	0,50	0,37	0,82	0,58	0,69	0,53	0,78	0,7
9 -P.E.15X(g/cm <sup>3</sup> )	0,61	0,47	0,98	0,72	0,83	0,63	0,93	0,9
10-CT/CR	1,9	1,4	1,8	1,9	1,6	1,2	1,4	1,4
11-Porosidade(%)	64	72	40	57	49	62	43	45
12-RD/E.Est.	7	13	4	6	6	8	5	5
13-TG/E.Est.	13	17	7	12	10	9	8	7
14-AX/E.Est.	0,6	2	0,2	1,8	0,6	1	0,3	0,4
15-VOL/E.Est.	20	31	12	20	17	17	13	12
16-CT/CA	25	7	39	7	19	9	25	17
17-VOL/(RD + TG)	1,00	1,04	0,99	1,06	1,00	1,03	0,99	1,0

## QUADRO 53-E

## MADEIRAS

Características	42	44	45	48	49
1 -Um.Amb.(%)	11,5	15,9	13,3	16,5	12,6
2 -R.RD Tot(%)	3,1	4,3	5,0	4,1	3,7
3 -R.TG.Tot(%)	6,2	6,1	6,5	10,2	9,8
4 -R.AX.Tot(%)	0,5	0,9	1,0	0,3	0,6
5 -R.Vol.Tot(%)	9,6	10,9	12,1	14,2	13,6
6 -Coef.Ret(%)	0,52	0,44	0,56	0,37	0,69
7 -PSA(%)	18	25	221	39	20
8 -D.Bas(g/cm <sup>3</sup> )	0,52	0,36	0,53	0,97	0,69
9 -P.E.15%(g/cm <sup>3</sup> )	0,63	0,45	0,66	1,19	0,86
10-CT/CR	2,0	1,4	1,3	2,5	2,7
11-Porosidade(%)	63	73	61	27	48
12-RD/E.Est.	5	11	8	4	5
13-TG/E.Est.	11	15	11	9	12
14-AX/E.Est.	1	2	1,6	0,3	0,7
15-VOL/E.Est.	17	27	20	13	17
16-CT/CA	12	7	7	32	18
17-VOL/(RD + TG)	1,03	1,05	1,05	0,99	1,01

### 5.6.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Com relação às possíveis dependências entre as características físicas e o peso específico a 15% de umidade, com exceção do coeficiente de retratibilidade, as demais tentativas de correlação apresentaram diagramas nos quais a dispersão dos pontos não encorajava a tentar o ajuste de curvas (FIG.28).

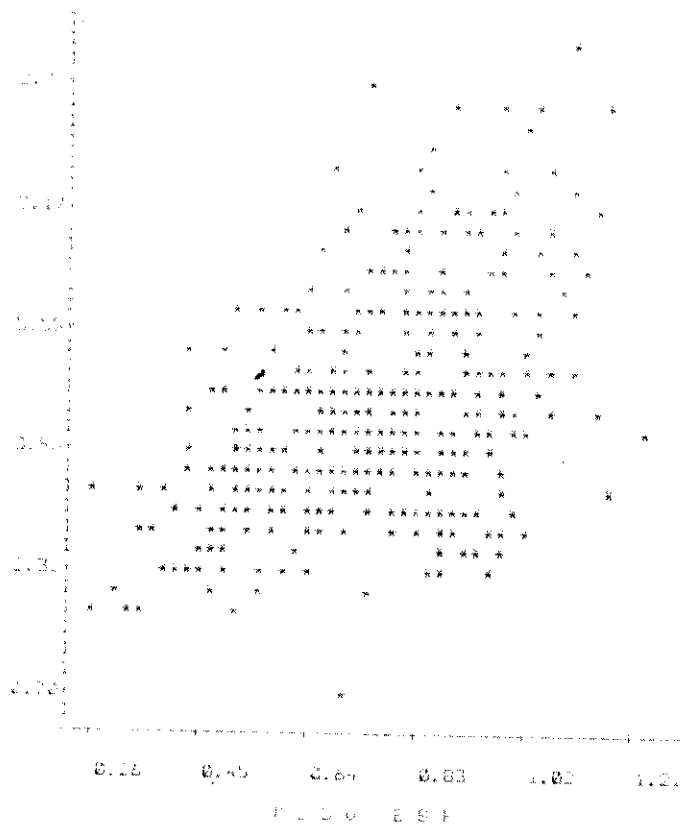


FIG.28

Retração radial x peso específico

### 5.6.2 COEFICIENTES OBTIDOS NA REGRESSAO

No QUADRO 54 são mostrados os resultados dos coeficientes obtidos para a madeira Cupiúba.

QUADRO 54 Coeficientes obtidos para a Cupiúba

	RETRACAO			
	RADIAL	TANGENCIAL	AXIAL	VOLUMETRICA
B =	.113776	.211159	.0154539	.330164
A =	-3.63389	-6.83495	-1.541941	-10.7064
R =	.902317	.922952	.652859	.921540
C =	31.9391	32.3687	35.0682	32.4275
F =	240.979	316.22	40.8565	309.843

B=Coef angular das retas

R=Coef de correlacao

F= Teste F

	INCHAMENTO			
	RADIAL	TANGENCIAL	AXIAL	VOLUMETRICA
	.0679244	.144406	.0136735	.237376
	1.85619	3.08786	.0373145	4.99751
	.697437	.783826	.492111	.765807
	27.3274	21.3832	2.72896	21.0531
	34.096	57.3569	11.5043	51.0534

A=Interseccao com o eixo das ordenadas

C=Interseccao com o eixo das abscissas

No QUADRO 55 podem ser vistas as características mecânicas teóricas da Cupiúba, de acordo com os modelos dos QUADROS 34, 41 e 42.

**QUADRO 55 Características teóricas da Cupiúba**

*****		CARACTERISTICAS DA MADEIRA		:CUIPIUBA		*****		
te retratibilidade: Fendas na seca em. Desdobro rapido.				Madeira pesada.				
*****		CARACTERISTICAS MECANICAS TEORICAS (404 AMOSTRAS DO IPT)						*
MQE-FLEXAO = 127402	LIM PROP FLEXAO = 443.707	FLEXAO SECA = 1296.65	FLEXAO VERDE = 1018					
TRAB ABSORV = 3.57393	CISALHAMENTO = 129.753	DUREZA JANKA = 705.479	TRACAO NORMAL = 88.					
MQE-COMPRESSAO = 156319	LIM PROP COMPR = 328.612	RUPT VERDE = 469.03	RUPT COMPR SECA = 6					

**5.6.3 COMPARAÇÃO DO PESO ESPECÍFICO VERDE  
COPANT E MEDIDA DIRETA**

No QUADRO 56 são apresentados os resultados do modelo linear o relacionando as medidas entre o peso específico, através da m COPANT, e pela medida direta dos corpos de prova.

**QUADRO 56 Comparação de medida direta e COPANT**

<u>A J U S T E</u>			
MODELO	NUMERO DE PARES	COEF. CORREL.	EQUAÇÃO
Linear	100	+0.9940	$Y = -0.0384337 + (1.01304) * X$

#### 5.6.4 CONSIDERAÇÕES SOBRE A PRECISÃO NOS RESULTADOS

Os valores obtidos para os coeficientes de variação situaram-se na faixa de 10% a 15%, com exceção de duas situações distintas. A primeira delas se refere à unidade verde, principalmente para as amostras de madeiras leves, que por conterem um grande índice de vazios em suas estruturas, possibilitaram uma grande variação na capacidade de absorção da água.

A segunda situação ocorreu quando se utilizaram as medidas das deformações axiais para os mais diversos cálculos.

Como a razão da contração volumétrica pela soma das contrações radial e tangencial se aproxima da unidade, torna-se grande interesse em se eliminar as medidas no eixo axial, com o que concordam diversos autores.

A eliminação das medidas axiais causaria uma grande economia no tempo necessário para a execução dos ensaios, pois seriam eliminados nove medições por corpo de prova.

Os erros experimentais são maiores no eixo axial por tratarem de pequenas deformações dimensionais, sendo que nas madeiras leves, os erros são provocados pela presença de superfícies irregulares, e nas madeiras pesadas, por imperfeições no ato de serrar as amostras.

As medições radiais e tangenciais são de mais fácil execução, principalmente por ser mais simples o corte das amostras por operadores das máquinas.

No entanto, mesmo as medições nesses eixos podem estar sujeitas a erros que podem ser minimizados com a marcação diferencial das amostras, de preferência com a maior dimensão tangencial.

Para algumas amostras, porém, devido à presença de extrínsecos, as marcações tornaram-se indistintas, assim como, não se



tingue a face da amostra sobre a qual se efetuam as medições.

Provavelmente pelas razões expostas, não foram utilizados os dados obtidos para o Angelim-araroba e a Ucuuba-branca devido à impossibilidade de se detectar possíveis erros.

Na utilização do programa MADESTAT/BAS pode ser solicitada a impressão das contrações e inchamentos parciais, como uma forma rápida de se analisar as possíveis trocas de medidas.

No entanto, providências devem ser tomadas no sentido de evitar os possíveis erros experimentais, e dentre elas, a colocação das amostras a serem saturadas, em recipientes únicos para cada espécie, e dimensões maiores dos corpos de prova no eixo tangencial.

O ponto de saturação das fibras ao ar (PSA) obtido em muitas das espécies, não apresentou valores próximos de 30 %.

Para as madeiras pesadas, inclusive, dependendo do tipo da quantidade de extrativos contidos em cada espécie, o PSA obteve uma grande variação, por depender da reprodutibilidade.

As madeiras pesadas apresentaram porosidade ao redor de 20%, o que mostra, aparentemente, a dificuldade em se conseguir o tratamento preservativo das mesmas. Algumas espécies apresentaram uma razão de contração (CT/CR) muito próxima de 2, mostrando a necessidade de se efetuar a secagem das peças com certo cuidado.

Por outro lado, os programas desenvolvidos mostram-se inadequados para um estudo dinâmico das variações dimensionais das madeiras, não tendo sido obtidos resultados melhores, devido a erros experimentais nas medições e na preparação dos corpos de prova.

## 5.7 ENSAIOS DE PEQUENAS AMOSTRAS ISENTAS DE DEFEITOS

Com exceção da Jacareúba e da Muiraúba, da qual haviam 1 coletadas em serrarias de Manaus, cerca de seis amostras por ensaio, as demais amostras foram coletadas na serraria do INPA.

### 5.7.1 RESULTADOS OBTIDOS

Nos QUADRO 57 são apresentados os resultados da madeira careúba, na compressão paralela às fibras.

QUADRO 57-Resultados obtidos para a Jacareúba-COPANT

BASE LARGURA		***** DEFORMACOES *			CARGAS **	
LIDA	REAL	ESPECIF	PROP	RUPT		
4.95	4.92	9.1	.0364	0.0024	5580	9390
4.91	4.98	12	.048	0.0032	4980	9100
4.98	4.94	12	.048	0.0032	5300	9250
4.91	4.95	9.5	.038	0.0025	4700	10100
4.95	4.99	6.7	.0268	0.0018	5600	9500
4.92	4.93	8.9	.0356	0.0024	5700	9800
**** PESOS ****						
LIM PROP	MOR	MOE	UMIDO	BECO	UMIDADE	
229.12	385.563	94417	31.69	27.29	16.1231	
203.666	372.161	63645	32.14	27.62	16.3649	
215.437	375.998	67323	38.13	32.32	17.9765	
193.36	415.561	76334	40.15	34.17	17.5007	
226.716	384.608	126893	29.62	25.5	16.1569	
234.997	404.03	99015	29.52	25.42	16.129	
VALORES CORRIGIDOS PARA 12%						
LIMITE DE PROP MODULO DE RUPTURAE ELASTICIDADE						
INPA **	280.128		503.51		112819	
HANSEN **	268.034		481.439		-----	

No QUADRO 58 podem ser observados os resultados médios tidos para compressão paralela às fibras e flexão estática.

QUADRO 58-Resultados de compressão paralela e flexão estática-12

Madeira	Compr paralela(kgf/cm <sup>2</sup> )			Flexão estática(kgf/cm <sup>2</sup> )		
	LP	MOR	MOE	LP	MOR	M
1 - JACAREÚBA	280	500	110	390	730	9
2 - TAUARI	250	360	100	360	580	9
3 - CUPIÚBA	280	440	130	550	850	11
4 - GUARIÚBA	750	840	150	890	1430	11
5 - MUIRAÚBA	790	920	210	880	1340	16
6 - PAU RAINHA	700	1040	210	1130	1700	16
7 - CUMARU	820	1040	160	930	1930	17
8 - LOURO CHUMBO	660	1030	220	930	1750	20
9 - ANG RAJADO	630	810	240	780	1050	19

No QUADRO 59 podem ser observados os resultados obtidos na compressão perpendicular, cisalhamento tangencial e dureza.

QUADRO 59 - Resultados de Compressão perp., Cisalh. e Dureza

Madeira	Compr Perp(kgf/cm <sup>2</sup> )		Cisalh(kgf/cm <sup>2</sup> )		Dureza(kgf/cm <sup>2</sup> )	
					Extr.	Fac
1 - JACAREÚBA	90		120		500	490
2 - TAUARI	30		-		-	-
3 - CUPIÚBA	-		130		510	490
4 - GUARIÚBA	140		120		1010	870
5 - MUIRAÚBA	110		130		740	770
6 - PAU RAINHA	390		190		1360	1290
7 - CUMARU	270		180		1440	1500
8 - LOURO CHUMBO	360		190		1690	1620
9 - ANG RAJADO	140		150		690	830

### 5.7.2 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS-COPANT

Nos QUADROS 60-A e 60-B são mostrados os valores experimentais obtidos, para efeito de comparação com dados publicados.

QUADRO 60-A-Comparação dos valores obtidos para compressão paralela e flexão estática, com dados de literatura.

Madeira	Compr paralela(kgf/cm <sup>2</sup> )			Flexão estática(kgf/cm <sup>2</sup> )		
	LP	MOR	MOE	LP	MOR	MOR
	(x 1000)			(x 100)		
1 - CUIABÁ	280	440	130	550	850	1100
(SUDAM-1979)*	370	670	120	480	1200	1300
(IBDF-1983)	-	580	-	-	1070	1500
2 - GUARUBÁ	750	840	150	890	1430	1100
(SUDAM-1979)*	460	800	120	380	820	800
(LOPES-1983)	-	760	160	930	1230	1400
(IBDF-1983)	-	660	-	-	1110	1200
3 - CUMARU	820	1040	160	930	1930	1700
(LOPES-1983)	-	980	240	1320	1820	2100
(IBDF-1983)	-	970	-	-	1760	1800
4 - JACAREÚBA	280	500	110	390	730	900
(LOPES-1983)	-	540	140	300	890	900
(SUDAM.1979)*	240	500	130	340	820	1000
(IBDF-1983)	-	540	-	-	890	900

QUADRO 60-B-Comparação dos valores obtidos para compressão por cisalhamento e dureza, com dados de literatura.

Madeira	Compr. Perp.	Cisalh.	Dureza
1 - CUIÇABA	-	130	500
(SUDAM-1979)*	100	100	490
(IBDF-1983)	90	110	780
2 - GUARIÇABA	140	120	940
(LOPES-1983)	130	110	830
(IBDF-1983)	90	120	720
3 - CUMARU	270	180	1470
(LOPES-1983)	290	200	1640
(IBDF-1983)	210	220	1440
4 - JACAREÇABA	90	120	500
(LOPES-1983)	100	110	690
(IBDF-1983)	100	110	690

Obs: \* - Método ABNT

Os valores obtidos nos QUADROS 60-A e 60-B aproximam-se razoavelmente dos valores citados nas publicações.

No entanto, devido ao pequeno número de amostras por espécies utilizadas no INPA, em algumas solicitações podem ser notadas grandes variações nos resultados.

O objetivo principal para esses experimentos, entretanto, foi o de produzir o programa COPANT/BAS, para auxiliar os técnicos de laboratório que se envolvem em um enorme número de operações temáticas.

## 5.8 COMPARAÇÃO DE VALORES OBTIDOS PARA O MOE-FL POR MÉTODOS NÃO DESTRUTIVOS

Para as madeiras: Mandioqueira (*Qualea paraensis* Ducke) e Cardeiro (*Scleronema micranthum* Ducke) foram efetuadas comparações entre o MOE obtido através de Classificadora Eletromecânica (CI) do Stress Wave Timer (SW), e dos valores obtidos na INSTRON 1125.

O modelo adotado em ambos os casos foi o linear, sendo resultados apresentados nos QUADROS 61, 62 e 63.

**QUADRO 61 Modelos obtidos para Stress Wave Timer**

AJUSTE		
MODELO	COEF. CORREL.	EQUAÇÃO
Linear	+0.8220	$Y = 15.9543 + (.739005) * X$
Senoidal	-0.8040	$Y = 148.786 + (-47.4348) * \text{SEN}(.017453 * X)$
Exponencial	+0.8260	$Y = 66.613 * \text{EXP}(4.46172E-03 * X)$
Recíproca	-0.8260	$Y = 398.144 * \text{EXP}(-(.176.805) / X)$
Hiperbólica	+0.8360	$Y = 1527.8 * X / (.1671.65 + X)$
Hiperbólica retangular	-0.8270	$Y = 1 / (.0116604 + (-2.73258E-05) * X)$
Monomolecular	-0.7180	$Y = 212 * (1 - (2.86545) * \text{EXP}(-(.0129176) * X))$
Logística	-0.7340	$Y = 212 / (1 + (8.32782) * \text{EXP}(-(.0169097) * X))$
Logística negativa	-0.7400	$Y = 212 / (1 + (X / (.136.396))) ** (-3.34582)$
Gompertz	-0.7260	$Y = 212 * \text{EXP}(-4.77212) * \text{EXP}(-(.0148143) * X)$
Alométrica linear	+0.8280	$Y = 1.42451 * (X ** (.895207))$

**QUADRO 62 Modelos obtidos para a Classificadora Eletromecânica**

MODELO	COEF. CORREL.	EQUAÇÃO
Linear	+0.8650	$Y = 64.6414 + (.618465) * X$
Senoidal	-0.8460	$Y = 175.75 + (-38.9735) * \text{SEN}(.017453 * X)$
Exponencial	+0.8670	$Y = 89.4955 * \text{EXP}(3.72581E-03 * X)$
Recíproca	-0.8800	$Y = 304.241 * \text{EXP}(-.97.5503 / X)$
Hiperbólica	+0.8940	$Y = 434.025 * X / (.263.1 + X)$
Hiperbólica retangular	-0.8660	$Y = 1 / (.9.84409E-03 + (-2.27725E-05) * X)$
Monomolecular	-0.7420	$Y = 212 * (1 - (1.27745) * \text{EXP}(-.0111195) * X)$
Logística	-0.7620	$Y = 212 / (1 + (2.9285) * \text{EXP}(-.0146319) * X)$
Logística negativa	-0.7790	$Y = 212 / (1 + (X / (.92.0252))) ** (-2.34064)$
Gompertz	-0.7530	$Y = 212 * \text{EXP}(-1.90037) * \text{EXP}(-.0127873) * X)$
Alométrica linear	+0.8780	$Y = 7.19686 * (X ** (.615818))$

Coeficientes	Equipamento,	
	Classific.	Stress W. Time
A	65	16
B	0,62	0,74
R	0,87	0,82

### 5.8.2 COMPARAÇÃO ENTRE VALORES TEÓRICOS VALORES EXPERIMENTAIS (INSTRON)

Nos QUADROS 64-A e 64-B são relacionadas as espécies testadas respectivamente na Classificadora Eletromecânica (CL) e Stress Wave Timer (SW), com os respectivos valores teóricos obtidos através dos modelos do QUADRO 63.

#### QUADRO 64-A-

Relação das espécies testadas na CL.

Madeira	MOE(kgf/cm <sup>2</sup> ).1000	
	Experimental (CL)	Teórico (INST)
1 - GUARIÚBA	110	130
2 - TANIBUCA	70	110
3 - UCUUBA	100	130
4 - IPÊ	200	190



Madeira	MOE(kgf/cm <sup>2</sup> ).1000	
	Experimental	Teórico (INST
1 - TANIBUCA	240	190
2 - CARDEIRO	210	170
3 - UCUUBA	160	130
4 - TAUARI	170	140
5 - GUARIÓBA	170	140
6 - ANDIROBA	250	200

Conforme pode ser observado nos QUADROS 64-A e 64-B, os valores do MOE obtidos através de ensaios não-destrutivos, tanto classificadora quanto no "Stress Wave Timer", são aparentemente elevados do que aqueles obtidos na INSTRON 1125.

Por outro lado, os modelos obtidos no QUADRO 63, por se referirem a duas espécies apenas, não atingem totalmente os objetivos da estimativa.

Um número maior de vigas testadas por espécie e o aumento no número de espécies, provavelmente, forneceria um resultado adequado.

### 5.9 PESQUISA EM TABELA DE CARACTERÍSTICAS

Nos QUADROS 65-A até 65-D podem ser vistas as possibilidades de saída após a execução do programa CABE.BAS, descrito em 4.

**QUADRO 65-A Características das espécies (IPT)**

NOME NCL ATURA	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS										CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS								
	RETRATIBILIDADE					COMPRESSÃO AXIAL					FLEX. REST.		MÓDULO DE ELAST.			CHOQUE			
	CONTRAÇÕES EM %					LIM. RES.					LIM. RES.		COMPR.			FLEXÃO		T	
	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
ARDE.SERT1	1.21	4.20	7.3	13.2	0.61	752	898	1.4	7.4	1521	1762	187	546	152	773	5.94	0.97		
ARDE.SERT2	1.16	3.30	7.0	11.9	0.47	639	786	3.4	6.8	1180	1439	193	389	147	512	1.56	0.24		
GONC.ALVES	1.07	5.90	9.3	17.6	0.65	490	692	4.2	6.4	923	1191	187	360	134	497	1.60	0.25		
SUC.AMARE1	1.06	4.40	6.2	13.4	0.65	618	780	2.4	7.3	1183	1187	179	473	135	676	2.63	0.46		
SUC.AMARE2	1.01	4.20	6.6	12.9	0.65	648	771	2.1	7.6	1328	1508	193	506	165	578	3.55	0.57		
SUC.AMARE3	1.00	4.30	7.7	13.6	0.68	739	848	2.3	8.4	1403	1711	193	520	160	608	6.31	1.00		
SUC.AMARE4	0.96	3.30	6.6	11.4	0.58	680	646	2.6	6.7	1267	1334	154	419	129	549	4.85	0.76		
EUCA.PANI.	1.06	7.50	14.5	24.6	0.76	510	875	4.5	8.2	1320	1760	240	386	185	554	5.40	0.85		
ANGICO PR.	1.05	4.90	8.1	13.9	0.67	713	886	2.5	8.5	1566	1890	207	569	166	729	7.89	1.25		
GUAPICICA	1.05	6.70	23.9	36.9	0.53	305	536	3.4	6.1	727	1151	69	169	69	291	3.65	0.57		
EUCA.CITR1	1.04	6.60	9.5	19.4	0.77	521	640	4.7	6.2	1140	1238	161	344	136	481	4.62	0.73		
EUCA.CITR2	0.98	6.90	9.4	18.2	0.78	696	788	3.3	7.9	1500	1673	210	439	177	668	7.25	1.16		
GUARAJUBA1	1.04	5.80	10.9	18.4	0.70	674	781	3.6	7.6	1357	1640	215	558	168	417	6.44	1.02		
GUARAJUBA2	0.96	4.70	10.2	18.2	0.59	443	609	4.1	6.4	866	1018	111	247	106	373	2.60	0.41		
GUARAJUBA3	0.93	4.90	7.7	14.2	0.50	497	648	3.3	7.0	930	1203	153	373	144	427	3.00	0.47		
GUARAJUBA4	0.91	3.80	8.9	15.6	0.54	456	571	4.1	6.3	980	1182	156	270	115	466	4.67	0.73		
GUARAJUBA5	0.89	4.50	8.6	15.3	0.56	460	543	3.0	6.2	835	1043	149	306	133	408	2.70	0.42		
GUARAJUBA6	0.83	3.40	7.4	12.8	0.48	433	556	2.8	6.7	859	954	123	316	101	364	2.02	0.32		
GUARAJUBA7	0.73	3.20	6.8	11.2	0.43	409	537	4.0	7.3	832	1056	108	282	100	366	2.13	0.34		

**QUADRO 65-B -Características da espécie 175,71 e 44**

NOME NCL ATURA	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS										CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS								
	RETRATIBILIDADE					COMPRESSÃO AXIAL					FLEX. REST.		MÓDULO DE ELAST.			CHOQUE			
	CONTRAÇÕES EM %					LIM. RES.					LIM. RES.		COMPR.			FLEXÃO		T	
	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
ANDIROBA	0.72	4.30	7.4	13.4	0.50	375	552	3.8	7.7	790	1044	145	280	116	347	3.60	0.56		
PAU ROXD	0.89	3.50	6.5	10.7	0.56	653	858	4.0	9.6	1477	1881	210	500	181	648	6.95	1.10		
ITAUBA 1	0.96	2.40	6.9	12.1	0.54	582	708	3.9	7.3	1170	1241	160	420	145	489	1.69	0.27		



## 6. CONCLUSÃO FINAL

São apresentadas a seguir algumas conclusões e recomendações visando facilitar trabalhos futuros em tecnologia de madeira

### 6.1 Comercialização e denominação de madeiras

Pode ser constatada a enorme variedade nas denominações regionais, ocasionando uma série de fatores negativos na comercialização das espécies madeireiras. O teor de umidade, inclusive, em muitas transações comerciais encontra-se acima do tolerável, não havendo uma conscientização dos consumidores a respeito desse problema

### 6.2 Identificação anatômica e aplicações encontradas por determinadas espécies madeireiras

O Sistema de Identificação desenvolvido a partir do trabalho de MAINIERI et alii satisfaz as necessidades dos pesquisadores ao tornar mais dinâmico o estudo anatômico das madeiras

Um treinamento mais adequado dos pesquisadores tornará possível a identificação correta das espécies.

### 6.3 Coleta dos corpos de prova para os ensaios

O estudo completo das características físico-mecânicas espécies torna-se muito difícil, principalmente nos meios acadêmicos, por necessitar de coletas de toras de cada espécie.

A coleta ao acaso em diversas serrarias deve merecer um estudo mais aprofundado, como forma de possibilitar um maior inter-relacionamento entre diversos setores, dentre eles, as Universidades.

### 6.4 Modelos matemáticos

De grande importância mostraram ser os modelos matemáticos obtidos, tanto nos ensaios realizados, quanto para os dados fornecidos por Institutos de Pesquisas, para um melhor conhecimento tecnológico das madeiras brasileiras. Na maioria das solicitações mecânicas, quando correlacionadas com o peso específico aparente a 15% de umidade, observou-se que o modelo alométrico linear ( $Y = A.X^B$ ) apresentou um melhor ajuste matemático, encontrando-se coeficientes de correlação (R) entre 0,79 e 0,97.

As deficiências constatadas em algumas situações devem-se principalmente, à quantidade e à qualidade dos corpos de prova ensaiados, aliados à impossibilidade de se conseguir, principalmente toras de umidade mais convenientes para os ensaios.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AMATTO, A. - 1982. Desempenho de postes de madeira no sistema E tropaulo. In: Anais do I Encontro Brasileiro em Preservação de Madeiras. São Paulo, IBDF, IPT, ABPM, p. 251-255.
- BAULENAS, P.C. - 1959. Prontuário de la madera. Barcelona, Editori Gustavo Gili, S.A., Cap. I a IV.
- BERGER, R., GARLIPP, R.C.D. e DOURADO, S.M. - 1980. Comercialização de madeiras de algumas espécies tropicais. Piracicaba, IPEF, Circular Técnica nº16, 21p.
- BRASIL, M.A.M. e FERREIRA, M. - 1971. Variação da densidade básica de Eucaliptus aos 5 anos de idade em função do local e do espaçamento. Piracicaba, IPEF, Revista de Divulgação Científica, nº2 p. 129-149.
- BROWN, N.C. - 1974. Lumber. New York, John Wiley & Sons, Inc, 2 Cap. VI a VIII.
- CAMPOS, J.H. - 1982. A utilização de postes de madeira na eletrificação rural. São Paulo, In: Anais do I Encontro em Preservação de Madeiras. IBDF, IPT, ABPM, p. 265-276.

- CHINELO, J.P. e ALFONSO, V.A. - 1985. Anatomia e Identificação madeiras. In: Madeira: O que é como pode ser processada e utilizada. São Paulo, ABPM, Boletim nº6, p.2-58.
- CHINELO, J.P. - 1986. Anatomia da madeira. In: Manual de Preservação de madeiras. São Paulo, ABPM, IPT, vol. I, Cap. III.
- CONSOLMAGNO E. e BURKE, J.J. - 1967. Kiri - Uma nova essência para reflorestamento no Brasil. Mogi das Cruzes, Apostila mime. 26 p.
- EAMES, A.J. e MAC DANIELS, L.M. - 1947. An Introduction to plant anatomy. Mac Graw Hill- Book Company, Cap. III
- ESAU, K - 1961. Anatomy of seed plants. New York, John Wiley & Sons, Cap. IX
- FRANCO, N - 1985. Propriedades Físicas e Mecânicas. In: Madeira que é e como pode ser processada e utilizada. São Paulo, ABPM, Boletim nº36, p.59-79.
- FREITAS, A.R. - 1982. Potencial de utilização de madeiras em construções. In: Anais do I Encontro Brasileiro de Preservação de Madeiras. São Paulo, IBDF, IPT, ABPM, p. 9-13.
- GALANTE, J.J. - 1953. Tecnologia de las maderas. Buenos Aires, Editorial Nigar, SRL, Cap. I, 2ªed.

GALVXO, A.P.M. - 1975. Estimativa da unidade de equilíbrio da macra em diferentes cidades do Brasil. In: Revista de Divulgação Científica. Piracicaba, IPEF, nº11, p.53-65.

GALVXO, A.P.M. e JANKOWSKI, I. - 1985. Secagem racional da madeira. São Paulo, Editora Nobel, 112 p.

GONZALEZ, G.M. - 1978. Materiais de Construção. Editora Mac Hill do Brasil Ltda, Cap. VIII.

HANSEN, H.J. - 1944. Modern Timber Design. New York, John Wiley Sons, Inc.

HELLMEISTER, J.C. - 1974. Madeiras e suas Características. São Carlos EECs-USP, Apost. dat., 3ªed., 4ªreimpr, 26p.

----- - 1982. Sobre a determinação das características físicas da madeira. São Carlos, EESC-USP, Tese de Doutorado, 119 p.

IHNE, A. - 1940. Sechage du bois. Paris, Dunod, 3ªed., 266 p.

IBDF/CNPq-1981. Madeiras da Amazônia. Floresta Nacional de Tapajós. Brasília, Vol 1, 113 p.

IBDF/LPF-1983. Potencial Madeireiro do Grande Carajás. Brasília, 13



- IWAKIRI, S. - 1982. Classificação de madeiras tropicais através método mecânico não-destrutivo. Curitiba, UFPR, Tese de Mestrado 91p.
- KOLLMANN, F.F. e Côté JR, W.A. - 1968. Principles of wood science and technology. New York, Springer Verlag, 592 p.
- LOPES, C.A.C., DOURADO, P.S.S. e DOURADO, R.S. - 1983. Propriedades físico-mecânicas e usos comuns de espécies de madeiras da Amazônia. Belém, SUDAM, 97 p.
- LOUREIRO, A., SILVA M.F., ALENCAR, J.C. - 1974. Essências Madeiras da Amazônia. Manaus, SUFRAMA, CNPq, INPA, Vol. I e II.
- MAINIEIRI, C., CHIMELLO, J.P. e ALFONSO, V.A. - 1983. Manual de identificação das principais madeiras comerciais brasileiras. São Paulo, PROMOCER, Publ. IPT nº1226, 241 p.
- MITTAK, W.L. - 1974. Secado de la madera. Siguatepeteque, Honduras. Esc. de Ciencias Forestales, 120p.
- NAAS, I. - 1978. Materiais de Construção. Campinas, Apostila mimeografada p.4-44.
- NEUBAUER, L.W. e WALKER, L.B. - 1961. Farm Building Design. Englewood Cliffs, N.J., Prentice Hall, Cap. XVIII-XXIII.

- NIEDERAUER, F.R. - 1982. Emprego de madeiras de eucalipto para cimento. In: Anais do I Encontro Brasileiro em Preservação de madeiras. São Paulo, IBDF, IPT, ABPM, p.20-22.
- OLIVEIRAS, L.C.S. - 1981. Perguntas e Respostas sobre Secagem de madeiras. São Paulo. DIMAD, IPT, Publ. Int. nº9, 35p.
- PAULA, J.C. - 1983. Exploração de recursos naturais renováveis, conservação e preservação de respectivos ecossistemas. In Br Florestal nº56. Piracicaba, p. 5-29.
- PEREIRA, J.A. - 1933. A identificação micrográfica das nossas madeiras. São Paulo, EPUSP - Separata do Anuário 1933, Boletim 165p.
- - 1937. As relações da estrutura anatômica do lençol com as propriedades físicas e mecânicas e os usos das madeiras. São Paulo, IPT, Publ. nº6, Separata de Rodriguesia, nº11.
- PETRUCCI, E.G.R. - 1978. Materiais de construção. Porto Alegre, Editora Globo, 3ª ed., Cap. III.
- PFEIL, W. - 1980. Estruturas de Madeira. Rio de Janeiro, Ao L Técnico e Científico Edit. S.A., 2ªed, Cap. I-III.
- RIOLLOT, C. - 1972. Technologie générale du bois. Paris, Dunod, ed., Cap. XVIII.
- SILVA, P.F. - 1975. Ensaio sobre madeiras. In : Manual do Engenheiro. Porto Alegre, Editora Globo, 6ªvolume, 2ªtomo, 4ªreimpr.

- SILVESTER, F.D. - 1947. Timber : It's mechanical properties factors affecting its structure use. Pergamon Press Ltd, 138 p
- SKAAR, C. - 1972. Water in Wood. In : Syracuse Wood Scie Technology. Syracuse, Syracuse University Press.
- SLOOTEN, Van Der M.H., LISBOA, C.D.J., PASTORE JR, F. SOBRAL Fº, - 1976. Characteristics, Properties and engineering data sixteen comercial amazon species. Brasilia, IBDF, UNDP, FAO. 7
- SUDAM - IPT - 1981. Grupamento de espécies tropicais na Amazônia similaridade de caracterfsticas básicas e por utilização. Bel SUDAM, 273p.
- VITAL, B.R. e COLLON J.L. - 1974. Secador solar para madeiras. Vi sa UFV, Escola Superior de Florestas, 34p.
- ZULLO JR, J. e ARRUDA, F.B. - 1986. Programa computacional para ajuste de equações em dados experimentais. Campinas, IAC, (I lo).

## ANEXO 1

## 1.1 CÓDIGO DAS MADEIRAS PARA GRAVAÇÃO

## 1.1.1 GRUPO 111

Código da Madeira	Número IPT	Nome Vulgar
1 - 111.11	2* (Repetição)	Mogno
2 - 111.12	244*	Guarantã
3 - 111.211	12.	Piquiá 1
4 - 111.212	13.	Piquiá-Marfim
5 - 111.213	14.	Guatambu-Amarelo
6 - 111.221	1.	Cedro
7 - 111.222.12	9.	Punã
8 - 111.222.111.1	2*	Mogno
9 - 111.222.111.21	3.	Ucuubarana
10- 111.222.111.22	4.	Andiroba
11- 111.222.112	5.	Angico-Cambuf
12- 111.222.21	6.	Canela-Batalha
13- 111.222.221.11	7.	Canela-Branca
14- 111.222.221.12	10.	Baguaçu
15- 111.222.221.21	16.	Amarelinho
16- 111.222.221.22	11.	Pau-Marfim 1
17- 111.222.221.231	244*	Guarantã
18- 111.222.221.232	246*	Arapoca
19- 111.222.222.1	8.	Ucuuba-Branca
20- 111.222.222.21	15.	Pessegueiro-Bravo
21- 111.222.222.22	244*	Guarantã

## 1.1.2 GRUPO 112

Código da Madeira	Número IPT	Nome Vulgar
1 - 112.11	19.	Guaribú-Amarelo

2 - 112.12	20*	Jatobá-Mirim
3 - 112.21	17*	Jatobá
4 - 112.221	18.	Canela-Oiti
5 - 112.222	20*	Jatobá-Mirim

#### 1.1.3 GRUPO 113

Código da Madeira	Número IPT	Nome Vulgar
1 - 113.1	23.	Pau-Amargo
2 - 113.21	22.	Pau-Jacaré
3 - 113.221	21.	Copaíba
4 - 113.222	17*	Jatobá

#### 1.1.4 GRUPO 114

Código da Madeira	Número IPT	Nome Vulgar
1 - 114.1	24.	Parinari
2 - 114.211	35.	Pindaíba
3 - 114.212.11	29.	Jequitibá-Branco
4 - 114.212.121	32.	Seringueira
5 - 114.212.122	26*	Tuari
6 - 114.212.21	26*	Tuari
7 - 114.212.221	31.	Macacarecuia
8 - 114.212.222	34.	Geniparana
9 - 114.221	33.	Jarana
10- 114.222.1	25.	Castanheira
11- 114.222.211	28.	Jequitibá-Rosa
12- 114.222.212	30*	Matá-Matá
13- 114.222.213	27.	Sapucaia-Vermelha
14- 114.222.22	30*	Matá-Matá

## 1.1.5 GRUPO 115

Código da Madeira	Número IPT	Nome Vulgar
1 - 115.111	36.	Angélica
2 - 115.112.1	44*	Muiragibóia
3 - 115.112.21	45*	Saboarana
4 - 115.112.22	51*	Jataí-Peba
5 - 115.121.1	51*	Jataí-Peba
6 - 115.121.21	44*	Muiragibóia
7 - 115.121.22	45*	Saboarana
8 - 115.122.11	53.	Coração-de-Negro
9 - 115.122.12	50.	Muirapinima-preta
10- 115.122.211	52.	Carrancudo
11- 115.122.212	54.	Louveira
12- 115.122.221	46.	Mocitaíba
13- 115.122.222	47.	Pitomba-Preta
14- 115.211.1	43.	Jacareúba
15- 115.211.211	37.	Bacuri-Bravo
16- 115.211.212.11	38.	Bacuri
17- 115.211.212.12	40.	Anani
18- 115.211.212.2	41*	Cardeiro
19- 115.211.221	55.	Acapu-do-Igapó
20- 115.211.222	42*	Farinha-Seca 1
21- 115.212.12	39.	Quarubarana
22- 115.212.111.1	57*	Maçaranduba
23- 115.212.111.2	59*	Abiú
24- 115.212.112	56.	Capitão
25- 115.212.21	58*	Buranhém
26- 115.212.221	48.	Canjerana
27- 115.212.222	49.	Muirapixuna

28- 115.221.11	57*	Maçaranduba
29- 115.221.12	59*	Abiú
30- 115.221.2	41*	Cardeiro
31- 115.222.1	58*	Buranhém
32- 115.222.2	42*	Farinha-Seca 1

#### 1.1.6 GRUPO 116

Código da Madeira	Número IPT	Nome Vulgar
1 - 116.1	60	Carvalho-Bras.
2 - 116.2	61	Carne-de-Vaca

#### 1.1.7 GRUPO 117

Código da Madeira	Número IPT	Nome Vulgar
1 - 117.111	44*	Muiragibóia
2 - 117.112	45*	Saboarana
3 - 117.121	66.	Sapuva-Branca
4 - 117.122.1	64.	Farinha-Seca 2
5 - 117.122.2	65.	Sapuva
6 - 117.21	67	Arruda-Vermelha
7 - 117.221.1	62.	Jacarandá-Pardo
8 - 117.221.2	63.	Itapicurú-Preto
9 - 117.222	68.	Jacarandá-Tã

#### 1.1.8 GRUPO 118

Código da Madeira	Número IPT	Nome Vulgar
1 - 118.1	74.	Bico-de-Pato
2 - 118.211	73.	Jacarandá-Rosa 1
3 - 118.212	71.	Jacarandá-Rosa 2
4 - 118.221	75.	Caviúna

5 - 118.222.11	69.	Jac-da-Bahia
6 - 118.222.12	72.	Jacarandá-do-Pará
7 - 118.222.2	70.	Caviúna-do-Campo

#### 1.1.9 GRUPO 121

Código da Madeira	Número IPT	Nome Vulgar
1 - 121.11	121*	Cerejeira
2 - 121.121.1	76*	Sucupira 1
3 - 121.121.2	113*	Angelim-Amargoso
4 - 121.122.1	123*	Cumarú
5 - 121.122.2	130*	Faveiro
6 - 121.21	82.	Anaribá 1
7 - 121.221	83*	Caraúba
8 - 121.222.1	85.	Pau-D'arco-Preto
9 - 121.222.211	81*	Macacaúba
10- 121.222.212	87*	Jac-do-Litoral
11- 121.222.221	123*	Cumarú
12- 121.222.222	130*	Faveiro

#### 1.1.10 GRUPO 122

Código da Madeira	Número IPT	Nome Vulgar
1 - 122.1	121*	Cerejeira
2 - 122.211	92*	Sucupira-Parda 1
3 - 122.212.1	149*	Faveira-Dura
4 - 122.212.2	78*	Mandioqueira 1
5 - 122.221.1	90.	Pau-Roxo 1
6 - 122.221.21	81*	Macacaúba
7 - 122.221.22	84*	Canafístula
8 - 122.221.23	87*	Jac-do-Litoral



9 - 122.221.24	93*	Guarucaia
10- 122.222.11	86.	Tanibuca
11- 122.222.12	88.	Guarajuba
12- 122.222.21	77*	Cedrorana
13- 122.222.221	89*	Cajú-Açú
14- 122.222.222.11	79.	Japacanim
15- 122.222.222.12	80.	Faveira-de-Arara
16- 122.222.222.13	148.	Mandioqueira 2
17- 122.222.222.14	151*	Mapuxiqui
18- 122.222.222.21	209*	Peroba-Cascuda
19- 122.222.222.22	211*	Araracanga

1.1.11 GRUPO 131 e 132

1 - 131.1	101.	Muirapinima
2 - 131.2	99.	Muirapiranga
3 - 132.111	95*	Quaruba-Vermelha
4 - 132.112	96*	Quaruba-Jasmirana
5 - 132.12	98*	Guaricica
6 - 132.21	94.	Marupá
7 - 132.221	97.	Pará-Pará
8 - 132.222.1	100.	Leiteira
9 - 132.222.2	102*	Muiratinga

1.1.12 GRUPO 141 e 142

1 - 141.11	82.	Araribá 2
2 - 141.12	131*	Cabriúva-Vermelha
3 - 141.2	106.	Amendoim

4 - 142.11	102*	Muiratinga
5 - 142.121	103.	Guapuruvu
6 - 142.122.1	105.	Tachi-Preto
7 - 142.122.2	223*	Tachi
8 - 142.211.1	93*	Guarucaia
9 - 142.211.211	91*	Fava-O.-de-Negro
10- 142.211.212	104*	Tamboril
11- 142.211.22	223*	Tachi
12- 142.212.1	89*	Cajú-Açú
13- 142.212.21	77*	Cedrorana
14- 142.212.221	91*	Fava-O.-de-Negro
15- 142.212.222	104*	Tamboril
16- 142.221.1	111.	Angico-Preto
17- 142.221.2	235*	Pau-Branco 1
18- 142.222.111	107.	Fava-Folha-Fina
19- 142.222.112	151*	Mapuxiqui
20- 142.222.121.1	108.	Angico-Branco
21- 142.222.121.21	110.	Angico-vermelho
22- 142.222.121.22	109.	Angico
23- 142.222.122.1	210*	Camacari
24- 142.222.122.2	229*	Saguaraji
25- 142.222.21	221*	Freijó
26- 142.222.22	226*	Louro-Pardo

1.1.13 GRUPO 151

1 - 151.111	122.	Sucupira-Amarela
2 - 151.112.1	113*	Angelim-Amargoso
3 - 151.112.2	118*	Faveira-Amarela
4 - 151.121.111	127*	Itaubarana

5 - 151.121.112.1	124*	Perobinha
6 - 151.121.112.2	132*	Catingueira
7 - 151.121.121	119*	Groçaf-Rosa
8 - 151.121.122.1	123*	Cumaru
9 - 151.121.122.2	130*	Faveiro
10- 151.121.21	116.	Sucupira-Parda 2
11- 151.121.221	115.	Guaicara
12- 151.121.222	120.	Andirá-Uchi 1
13- 151.122.1	112*	Andirá-Uchi 2
14- 151.122.211	174*	Bracuí
15- 151.122.212.11	76*	Sucupira 1
16- 151.122.212.12	117.	Sucupira-Preta
17- 151.122.212.2	177*	Pau-Ferro-Jucá
18- 151.122.221.1	182*	Catingueira
19- 151.122.221.21	124*	Perobinha
20- 151.122.221.22	127*	Itaubarana
21- 151.122.221.23	182*	Gombeira
22- 151.122.222.1	119*	Groçaf-Rosa
23- 151.122.222.21	123*	Cumarú
24- 151.122.222.221	130*	Faveiro
25- 151.122.222.222	139*	Ipê-Amarelo 1
26- 151.122.222.223	141*	Pau-D'arco 1
27- 151.211	121*	Cerejeira
28- 151.212.1	135.	Cabreúva-Parda
29- 151.212.2	131*	Cabreúva-Vermelha
30- 151.221.11	137.	Ipê-Amarelo 2
31- 151.221.12	142.	Ipê-Pardo
32- 151.221.131.1	126.	Ipê-Preto
33- 151.221.131.21	128.	Ipê-Tabaco

34-	151.221.131.22	125.	Ipê-do-Campo
35-	151.221.132.1	141*	Pau-D'arco 1
36-	151.221.132.2	138*	Ipê-Bóia
37-	151.221.132.311	139*	Ipê-Amarelo 1
38-	151.221.132.312	140.	Ipê-Rajado
39-	151.221.132.32	143.	Pau-D'arco-Am
40-	151.221.21	114.	Angelim-Doce
41-	151.221.221.1	133.	Violeta
42-	151.221.221.21	136*	Pau-Brasil
43-	151.221.221.22	119*	Groçaf-Rosa
44-	151.221.222.11	132*	Catingueira
45-	151.221.222.121	124*	Perobinha
46-	151.221.222.122	127*	Itaubarana
47-	151.221.222.123	182*	Gombeira
48-	151.221.222.211	83*	Carauba
49-	151.221.222.212	123*	Cumarú
50-	151.221.222.221	129.	Barú
51-	151.221.222.222	130*	Faveiro
52-	151.221.222.223	134*	Garapa

#### 1.1.14 GRUPO 152

1 -	152.111.11	144*	Angelim-Araroba
2 -	152.111.12	145.	Faveira
3 -	152.111.2	113*	Angelim-Amargoso
4 -	152.112.1	166*	Angelim-Amargoso
5 -	152.112.2	118*	Faveira-Amarela
6 -	152.112.3	159.	Faveira-Bolacha
7 -	152.112.4	167*	Sucupira-Amarela
8 -	152.122.1	121*	Cerejeira

9 - 152.122.211	146.	Sucupira-Parda 3
10- 152.122.212.1	182*	Gombeira
11- 152.122.212.21	163*	Pau-Pérola
12- 152.122.212.222	155.	Sucupira-Manica
13- 152.122.212.223	157*	Pracuuba
14- 152.122.212.221.2	156.	Sucupira 2
15- 152.122.212.221.11	168.	Acapú
16- 152.122.212.221.12	92*	Sucupira-Parda 1
17- 152.122.221.1	112*	Andirá-Uchi
18- 152.122.221.211	153*	Pau-Pereira
19- 152.122.221.212.1	157*	Pracuuba
20- 152.122.221.212.21	178*	Sucupira-Vermelha
21- 152.122.221.212.22	179*	Andirá-Uchi 3
22- 152.122.221.221	161*	Arapati
23- 152.122.221.222	162*	Acap-da-Várzea
24- 152.122.222.1	154*	Angico-Rajado
25- 152.122.222.211	147.	Tento
26- 152.122.222.212	78*	Mandioqueira 1
27- 152.122.222.22	149*	Faveira-Dura
28- 152.211	141*	Angelim-Araroba
29- 152.212	166*	Angelim-Amargoso
30- 152.213	167*	Sucupira-Am 2
31- 152.221.1	121*	Cerejeira
32- 152.221.2	172.	Angelim-Pedra 1
33- 152.222.11	163*	Pau-Pérola
34- 152.222.12	182*	Gombeira
35- 152.222.211	158.	Pau-Roxo 2
36- 152.222.212	169.	Guarabu
37- 152.222.221	136*	Pau-Brasil

38-	152.222.222.11	171.	Pelada
39-	152.222.222.12	152.	Bagre
40-	152.222.222.211.1	153*	Paq-Pereira
41-	152.222.222.211.2	84*	Cañafístula
42-	152.222.222.212.1	98*	Guaricica
43-	152.222.222.212.211	95*	Quaruba-Vermelha
44-	152.222.222.212.212	96*	Quaruba-Jasmirana
45-	152.222.222.212.221	150.	Ingá-Chi-Chi
46-	152.222.222.212.222	151*	Mapuxiqui-Verm
47-	152.222.222.221.1	165.	Arco-de-Pipa
48-	152.222.222.221.21	157*	Pracuuba
49-	152.222.222.221.221	161*	Arapati
50-	152.222.222.221.222	162*	Acap-da-Várzea
51-	152.222.222.222.11	148*	Mandioqueira 2
52-	152.222.222.222.121	151*	Mapuxiqui-Verm
53-	152.222.222.222.122	160.	Ac-da-Terra-Firme
54-	152.222.222.222.21	164.	Tamaqueira
55-	152.222.222.222.22	170.	Caixeta

1.1.15 GRUPO 161

Código da Madeira	Número IPT	Nome Vulgar
1 - 161.111	177*	Pau-Ferro-Jucá
2 - 161.112	182*	Gombeira
3 - 161.121.1	119*	Groçaf-Rosa
4 - 161.121.21	173*	Angelim-Pedra 2
5 - 161.121.221	112*	Andirá-Uchi 2
6 - 161.121.222	174*	Bracuf
7 - 161.122.1	138*	Ipê-Bóia
8 - 161.122.21	173*	Angelim-Pedra 2
9 - 161.122.22	174*	Bracuf
10- 161.21	182*	Gombeira
11- 161.221	119*	Groçaf-Rosa
12- 161.222.1	176.	Pau-Sangue
13- 161.222.21	138*	Ipê-Bóia
14- 161.222.22	134*	Garapa

1.1.16 GRUPO 162

Código da Madeira	Número IPT	Nome Vulgar
1 - 162.111	112*	Andirá-Uchi 2
2 - 162.112	178*	Sucupira-Vermelha
3 - 162.113	179*	Andirá-Uchi 3
4 - 162.121.1	182*	Gombeira
5 - 162.121.2	185*	Guaiuvira
6 - 162.211	183.	Caroba
7 - 162.212	185*	Guaiuvira
8 - 162.122	154*	Angico-Rajado
9 - 162.221.1	175.	Guariúba
10- 162.221.2	181.	Taiúva

11- 162.222.1	180.	Gitó
12- 162.222.2	184.	Piranheira

#### 1.1.17 GRUPO 172

Código da Madeira	Número IPT	Nome Vulgar
1 - 171	189.	Barriga-D'água
2 - 172.111	187*	Axuá
3 - 172.112	213*	Aroeirana
4 - 172.121.1	191.	Pau-Marfim 2
5 - 172.121.2	204*	Pau-Pereira-Am
6 - 172.122	193.	Araçá
7 - 172.211.1	195.	Tatú
8 - 172.211.2	198.	Acariquara
9 - 172.212.1	197.	Guariúva
10- 172.212.21	196.	Coerana
11- 172.212.221	200*	Peroba-D'água
12- 172.212.222.1	190	Sorva
13- 172.212.222.2	192	Amapá
14- 172.221.11	199.	Sumaúma
15- 172.221.12	188.	Assaçu
16- 172.221.2	186*	Piquiá 2
17- 172.222.1	194.	Grumixava
18- 172.222.2	200*	Peroba-D'água

#### 1.1.18 GRUPO 181 e 182

Código da Madeira	Número IPT	Nome Vulgar
1 - 181.1	201.	Açoita-Cavalo
2 - 181.2	189*	Barriga-D'água
3 - 182.11	208*	Cupiúba



4 - 182.121.1	202.	Aderno
5 - 182.121.2	213*	Aroeirana
6 - 182.121.31	207*	Urucurana
7 - 182.121.32	187*	Axuá
8 - 182.122.1	204*	Pau-Pereira-Am
9 - 182.122.21	203.	Quebracho-Branco
10- 182.122.22	205.	Genipapo
11- 182.21	206.	Cocão
12- 182.22	186*	Piquiá 2

#### 1.1.19 GRUPO 211

Código da Madeira	Número IPT	Nome Vulgar
1 - 211.111	208*	Cupiúba
2 - 211.112.1	187*	Axuá
3 - 211.112.2	210*	Camaçari
4 - 211.112.31	213*	Aroeirana
5 - 211.112.32	212.	Umiri
6 - 211.12	207*	Urucurana
7 - 211.211	211*	Araracanga
8 - 211.212	209*	Peroba-Cascuda
9 - 211.221	214.	Peroba-Rosa
10- 211.222.1	216.	Guatambú-Peroba
11- 211.222.2	215.	Guatambú-Branco

#### 1.1.20 GRUPO 212

Código da Madeira	Número IPT	Nome Vulgar
1 - 212.111	228*	Vinhático
2 - 212.112.2	237.	Pau-Branco 2
3 - 212.112.11	219*	Candeia

4 - 212.112.12	131*	Cabreúva-Vermelha
5 - 212.121	222.	Imbaré
6 - 212.122	244*	Guarantã
7 - 212.211.1	217.	Louro-Amarelo
8 - 212.211.2	249*	Louro-Inhamú
9 - 212.212.1	236.	Canela-Preta
10- 212.212.21	233*	Imbuia
11- 212.212.22	234*	Canela-Sassafrás
12- 212.221.1	219*	Candeia
13- 212.221.21	239.	Pau-Cetim
14- 212.221.221	228*	Vinhático
15- 212.221.222	246*	Arapoca
16- 212.221.223	247.	Castelo
17- 212.222.11	220.	Balsa
18- 212.222.121.1	221*	Freijó
19- 212.222.121.2	225.	Breu-Sucuruba
20- 212.222.122.1	223*	Tachi
21- 212.222.122.2	224.	Groças-Azeite
22- 212.222.211	235*	Pau-Branco 1
23- 212.222.212	230.	Braúna
24- 212.222.221.1	226*	Louro-pardo
25- 212.222.221.2	264*	Tarumã
26- 212.222.222.11	229*	Saguaraji
27- 212.222.222.121.1	223*	Tachi
28- 212.222.222.121.21	243.	Araribá 2
29- 212.222.222.121.22	241.	Sobrasil
30- 212.222.222.122.1	240.	Capororoca
31- 212.222.222.122.21	238.	Bicuíba
32- 212.222.222.122.221	231.	Tatapiririca

33-	212.222.222.122.222	227.	Breu-Vermelho
34-	212.222.222.211	218.	Bracatinga
35-	212.222.222.212	232.	Morptotó
36-	212.222.222.221	242.	Pau-Mulato
37-	212.222.222.222	245.	Guacatonga

#### 1.1.21 GRUPO 221

	Código da madeira	Número IPT	Nome Vulgar
1 -	221.1	259.	Pau-D'Arco 2
2 -	221.21	258.	Pau-Santo
3 -	221.22	263*	Peroba de campos

#### 1.1.22 GRUPO 222

	Código da madeira	Número IPT	Nome Vulgar
1 -	222.111	234*	Canela-sassafrás
2 -	222.112	253.	Casca-preciosa
3 -	222.12	249*	Louro-Inhamuf
4 -	222.211	248.	Tatajuba
5 -	222.212	250.	Louro-vermelho
6 -	222.221.1	251*	Guaritá
7 -	222.221.21	261.	Baraúna
8 -	222.221.221	265.	Mangue-vermelho
9 -	222.221.222	260*	Aroeira-do-sertão
10-	222.222.1	264*	Tarumã
11-	222.222.211	262*	Pau-ferro
12-	222.222.212.1	257.	Louro-preto
13-	222.222.212.2	233*	Imbuia
14-	222.222.221.1	254.	Itaúba
15-	222.222.221.2	255.	Tapinhoã

16-	222.222.222.111	252.	Muiracatiara
17-	222.222.222.112	263*	Peroba-de-campos
18-	222.222.222.121	262*	Pau-ferro
19-	222.222.222.122	260*	Aróeira-do-sertão
20-	222.222.222.211	221*	Freijó
21-	222.222.222.212	256.	Maúba
22-	222.222.222.221	266.	Aroeira-de-bugre
23-	222.222.222.222.1	226*	Louro-pardo
24-	222.222.222.222.2	263*	Peroba-de-campos
25-	222.222.222.223.1	251*	Guaritá
26-	222.222.222.223.2	260*	Aroeira-do-sertão

#### 1.1.23 GRUPO 31 e 32

	Código da madeira	Número IPT	Nome Vulgar
1 -	31	267.	Pinho-do-paraná
2 -	32	268.	Pinheirinho-bravo

#### 1.2 RELAÇÃO DE MADEIRAS COM CÓDIGOS MÚLTIPLOS

Nº IPT	Código Anterior	Código Atual
02	111.222.111.1	111.11
17	113.222	112.21
20	112.222	112.12
26	114.212.122	114.212.21
30	114.222.212	114.222.22
41	115.211.212.2	115.221.2
44	115.112.1=115.121.21	117.111
45	115.112.21=115.121.22	117.112
51	115.112.22	115.121.1
57	115.212.111.1	115.221.11

58	115.212.21	115.222.1
59	115.212.111.2	115.221.12
42	115.211.222	115.222.2
76	151.122.212.11	121.121.1
77	142.212.21	122.222.21
78	152.122.222.212	122.212.2
81	121.222.211	122.221.21
83	151.221.222.211	121.221
84	152.222.222.211.2	122.221.22
87	121.222.212	122.221.23
89	122.222.221	142.212.1
91	142.212.221	142.211.211
92	152.122.212.221.12	122.211
93	122.221.24	142.211.1
95	152.222.222.212.1	132.111
96	152.222.222.212.212	132.112
98	152.222.222.212.1	132.12
Nº IPT	Código Anterior	Código Atual
102	132.222.2	142.11
104	142.212.222	142.211.212
112	162.111=152.122.221.1 =161.121.221	151.122.1
113	151.112.1=152.111.2	121.121.2
118	152.112.2	151.112.2
119	161.221=151.121.121 =151.122.222.1=151.221.221.22	161.121.1
121	151.211=121.11=152.122.1 =152.221.1	122.1
123	151.122.222.21=151.121.122.1	121.122.1

	=151.221.222.212=121.222.221	
124	151.122.221.21	151.121.112.1
	=151.221.222.121	
127	151.221.222.122	151.121.111
	=151.122.222.22	
130	151.121.122.2	151.122.2
	=151.122.222.221	
	=121.222.222=151.221.222.222	
131	151.212.2=212.112.12	141.12
132	151.122.221.1	151.121.112.2
	=151.221.222.11	
134	151.221.222.223	161.122.1
136	151.221.221.21	152.222.221
138	151.221.132.2=161.222.21	161.122.1
139	151.221.132.311	151.122.222.222
141	151.122.222.223	151.221.132.1
Nº IPT	Código Anterior	Código Atual
144	152.111.11	152.211
148	152.222.222.222.11	122.222.222.13
149	152.122.222.22	122.212.1
151	122.222.222.14	142.222.112
	=152.222.222.222.121	
	=152.222.222.212.222	
153	152.222.222.211.1	152.122.221.211
154	152.122.222.1	162.122
157	152.222.222.221.21	152.122.212.223
	=152.122.221.212.1	
161	152.222.222.221.221	152.122.221.221
162	152.222.222.221.222	152.122.221.222

163	152.122.212.21	152.222.11
166	152.112.1	152.212
167	152.112.4	152.213
173	161.122.21	161.121.21
174	151.122.211=161.121.222	161.122.22
177	151.221.222.223	161.111
178	152.122.221.212.21	162.112
179	152.122.221.212.22	162.113
182	151.122.221.23	161.112
	=151.221.222.123=	
	=152.122.212.1=152.222.12	
	=162.121.1	
185	162.121.2	162.212
186	172.221.2'	182.22
187	182.121.32=211.112.1	172.111
189	181.2	171
200	172.212.221	172.222.2
204	181.122.1	172.121.2
Nº IPT	Código Anterior	Código Atual
207	182.121.31	211.12
208	211.111	182.11
209	122.222.222.21	211.212
210	142.222.122.1	211.112.2
211	122.222.221.22	211.211
213	182.121.2=211.112.31	172.112
219	212.221.1	212.112.11
221	222.222.222.211=	142.222.21
	212.222.121.1	
223	142.211.22=	142.122.2

	212.222.122.1=212.222.222.121.1	
226	212.222.221.1=	142.222.22
	222.222.222.222.1	
228	212.221.221	212.111
229	212.222.222.11	142.222.122.2
233	222.222.212.2	212.212.21
234	212.212.22	222.111
235	212.222.211	142.221.2
243	212.222.222.121.21	141.11
244	111.222.221.231=	111.12
	212.122=111.222.222.22	
246	111.222.221.232	212.221.222
249	212.211.2	222.12
251	222.222.222.223.1	222.221.1
260	222.222.222.223.2=	222.222.222.122
	222.221.222	
262	222.222.222.121	222.222.211
263	222.222.222.112	221.22
	=222.222.222.222.2	
264	212.222.221.2	222.222.1



## ANEXO 2

## 2.1 Umidade de Equilíbrio e Amplitude até 1978

Estação	Média Anual	Amplitude
1 - UBATUBA	19	1,2
2 - TIETÊ	14	3,1
3 - TATUI	14,5	2,0
4 - RIB. PRETO	12,7	5,9
5 - P. PRUDENTE	14,0	4,0
6 - PINDORAMA	13,3	5,5
7 - PINDAM.	13,8	2,2
8 - PARIQ - AÇU	17,8	1,6
9 - NOVA ODESSA	14,1	2,7
10- MONTE A. SUL	10,0'	2,7
11- MOCOCA	13,5	5,0
12- LIMEIRA	14,3	4,3
13- JAU	13,0	4,3
14- CASSIA COQ.	14,3	4,2
15- CAMPINAS	13,5	3,3
16- A. LEONEL	15,0	3,0

## 2.2                    Unidade de Equilíbrio e Amplitude em 1978

Estação	Unidade de Equilíbrio	Amplitude
1 - VOTUPORANGA	12,6	6,8
2 - CAJOBI	14,3	5,0
3 - IBITINGA	12,4	2,4
4 - PRADÓPOLIS	14,2	4,7
5 - BARIRI	13,8	3,5
6 - LIMOEIRO	13,9	4,2
7 - GRAMINHA	14,0	4,5
8 - CAMPININHA	14,8	4,5
9 - B. BONITA	14,1	3,4
10- BOTUCATU	14,7	3,8
11- SALTO GRANDE	14,0	3,7
12- JURUMIRIM	15,3	3,7
13- C. UNIVERS.	15,7	1,5
14- CASA GRANDE	19,2	1,4
15- C. JORDAO	17,6	3,3
16- JUQUIA	17,6	2,8
17- PONTAL	14,1	2,9