



Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

Instituto de Florestas

Departamento de Produtos Florestais

DENSIDADE /MASSA ESPECÍFICA DA MADEIRA

PROF. GILMARA PIRES DE MOURA PALERMO

CONTEÚDO

1.4 DENSIDADE (MASSA ESPECÍFICA)

A. DENSIDADE APARENTE

B. DENSIDADE BÁSICA

C. MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO

D. CÁLCULO DA DENSIDADE DE UMA ÁRVORE

E. FATORES QUE AFETAM A DENSIDADE

DENSIDADE/MASSA ESPECÍFICA

❖ Propriedade muito variável nas madeiras.



DENSIDADE/MASSA ESPECÍFICA

- **DEFINIÇÃO** - A relação entre a massa **m** (g) e o volume **V** (cm³) de um corpo equivale à sua **DENSIDADE**.

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Onde:

ρ = densidade;

m = massa;

V = volume

DENSIDADE/MASSA ESPECÍFICA

- No SISTEMA INTERNACIONAL, a MASSA é medida em Kg e o VOLUME, em m³.

Assim:

$$\rho = (Kg / m^3)$$

Outras unidades utilizadas são o g/cm³ e g/l.

A relação entre massa (g) e volume (cm³) de um corpo, pode ser expressa como:

Densidade Absoluta: quando expressa em g/cm³ ou Kg/m³.

Densidade Relativa: quando comparada com a densidade absoluta da água destilada (1,0 g/cm³) – Adimensional; numericamente igual à densidade Absoluta.

DENSIDADE/MASSA ESPECÍFICA

- A DENSIDADE OU MASSA ESPECÍFICA constitui uma das PROPRIEDADES FÍSICAS mais IMPORTANTES da madeira, pois dela dependem a maior parte de suas PROPRIEDADES FÍSICAS (alteração dimensional > com > da densidade), perda ou adsorção de água) e TECNOLÓGICAS (resistência mecânica).

DENSIDADE/MASSA ESPECÍFICA

- O conhecimento da MASSA ESPECÍFICA serve como uma informação útil sobre a QUALIDADE e para a CLASSIFICAÇÃO DE UMA MADEIRA.

DENSIDADE/MASSA ESPECÍFICA

CLASSIFICAÇÃO DA MADEIRA QUANTO A MASSA ESPECÍFICA

Classificação	Madeiras Resinosas (g/cm³)	Madeiras Duras (g/cm³)
Muito Leves	< 0,4	< 0,5
Leves	0,4 a 0,5	0,5 a 0,65
Moderadamente Pesadas	0,5 a 0,6	0,65 a 0,8
Pesadas	0,6 a 0,7	0,8 a 1,0
Muito pesadas	> 0,7	> 1,0

Nome popular	Nome científico
araracanga	Aspidosperma desmanthum
angelim-pedra	Hymenolobium spp.
angelim - vermelho	Dinizia excelsa
angico-preto	Anadenanthera macrocarpa
angico-vermelho	Parapiptadenia rigida
bacuri	Platonia insignis
bacuri-de-anta	Moronobea coccinea
cupiúba	Goupia glabra
eucalipto-R	Eucalyptus tereticornis, E. citriodora, E. saligna
fava-orelha-de-negro	Enterolobium schomburgkii
faveira-amargosa	Vatairea spp.
garapa	Apuleia leiocarpa
goiabão	Pouteria pachycarpa
itaúba	Mezilaurus itauba
jarana	Lecythis jarana
maçaranduba	Manilkara spp.
muiracatiara	Astronium lecointei
pau-amarelo	Euxylophora paraensis
pau-mulato	Calycophyllum spruceanum
rosadinho	Micropholis guianensis
pau-roxo	Peltogyne spp.
sapucaia	Lecythis pisonis
tanibuca	Terminalia spp.
tatajuba	Bagassa guianensis
timborana	Piptadenia suaveolens
uxi	Endopleura uchi
Obs.: R = madeira gerada em reflorestamento.	

IPT – Classificação de madeiras brasileiras para a construção civil / 2013

CONSTRUÇÃO CIVIL PESADA INTERNA

Engloba as peças de madeira serrada na forma de **VIGAS, CAIBROS, PRANCHAS E TÁBUAS UTILIZADAS EM ESTRUTURAS DE COBERTURA**, onde tradicionalmente era empregada a madeira de peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*).

Nome popular	Nome científico
angelim-pedra	Hymenolobium spp.
bacuri	Platonia insignis
bacuri-de-anta	Moronobea coccinea
cambará	Qualea spp.
canafístula	Peltophorum vogelianum
cedrinho	Erismia uncinatum
eucalipto-R	Eucalyptus grandis e E. saligna
garapa	Apuleia leiocarpa
jacareúba	Calophyllum brasiliense
louro-canela	Ocotea spp. ou Nectandra spp.
louro-vermelho	Nectandra rubra
marinheiro	Guarea spp.
pau-jacaré	Laetia procera
quaruba	Vochysia spp.
rosadinho	Micropholis guianensis
tatajuba	Bagassa guianensis
tauari	Couratari spp.
taxi	Tachigali spp. ou Sclerolobium spp.

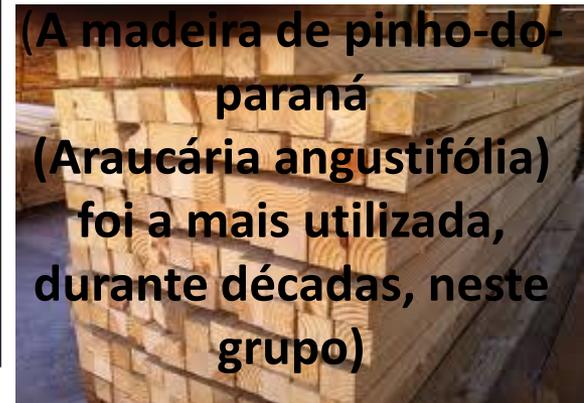
Obs.: R = madeira gerada em reflorestamento

Fonte: Disponível em: <<http://burle.arquit.ufpr.br/~alschmid/madeira2.doc>>.

Construção civil leve externa e leve interna

Reúne as peças de madeira serrada na forma de **TÁBUAS E PONTALETES** empregados em usos temporários (andaimes, escoramento e fôrmas para concreto) e as ripas e caibros utilizadas em partes secundárias de estruturas de cobertura.

(A madeira de pinho-do-paraná (Araucária angustifólia) foi a mais utilizada, durante décadas, neste grupo)





PONTALETES



CAIBROS

Nome popular	Nome científico
amesclão	Trattinnickia spp.
cambará	Qualea spp.
cedrinho	Erisma uncinatum
cedrorana	Cedrelinga cateniformis
cuningâmia - R	Cunninghamia lanceolata
cupressus - R	Cupressus lusitanica
eucalipto- R	Eucalyptus grandise E. aligna
faveira	Parkia spp.
jacareúba	Calophyllum brasiliense
marupá	Simarouba amara
pinus- R	Pinus spp.
quaruba	Vochysia spp.
tauari	Couratari spp.
taxi	Tachigali spp.
Obs.: R = madeira gerada em reflorestamento	

Construção civil leve interna de utilidade geral

São os mesmos usos descritos anteriormente, porém para madeiras não decorativas



Nome popular	Nome científico
angelim-pedra	Hymenolobium spp.
bacuri	Platonia insignis
cedrinho	Erismia uncinatum
cedro	Cedrela sp.
freijó	Cordia goeldiana
garapa	Apuleia leiocarpa
louro-canela	Ocotea spp. ou Nectandra spp.
louro-vermelho	Nectandra rubra
marinheiro	Guarea spp.
pau-amarelo	Euxylophora paraensis
tauari	Couratari spp.
taxi	Tachigali spp.

Fonte: Disponível em: <<http://burle.arquit.ufpr.br/~alschmid/madeira2.doc>>.

Construção civil leve, em esquadrias

Abrange as peças de madeira serrada e beneficiada, como portas, venezianas, caixilhos. A referência é a madeira de pinho-do-paraná (*Araucária angustifólia*).

Nome popular	Nome científico
angico-preto	Anadenanthera macrocarpa
angico-vermelho	Parapiptadenia rígida
bacuri	Platonia insignis
garapa	Apuleia leiocarpa
goiabão	Pouteria pachycarpa
itaúba	Mezilaurus itauba
macacaúba	Platymiscium ulei
maçaranduba	Manilkara spp.
Muiracatiara	Astronium lecointei
pau-amarelo	Euxylophora paraensis
pau-mulato	Calycophyllum spruceanum
pau-roxo	Peltogyne spp.
Tanibuca	Terminalia spp.
Tatajuba	Bagassa guianensis
Timborana	Piptadenia suaveolens
Uxi	Endopleura uchi

Fonte: Disponível em: <<http://burle.arquit.ufpr.br/~alschmid/madeira2.doc>>.

Construção civil assoalhos domésticos

Compreende os diversos tipos de peças de madeira serrada e beneficiada (tábuas corridas, tacos, tacões e parquetes).

DENSIDADE/MASSA ESPECÍFICA

- Em regra geral, **MADEIRAS PESADAS** SÃO MAIS RESISTENTES, ELÁSTICAS E DURAS que as leves. PORÉM, em paralelo a estas vantagens, são de mais DIFÍCIL TRABALHABILIDADE e apresentam MAIOR VARIABILIDADE.

DENSIDADE/MASSA ESPECÍFICA

- Os principais **FATORES QUE AFETAM O PESO** dos produtos de madeira são:

1. **TEOR DE UMIDADE**

2. **ESTRUTURA BÁSICA**

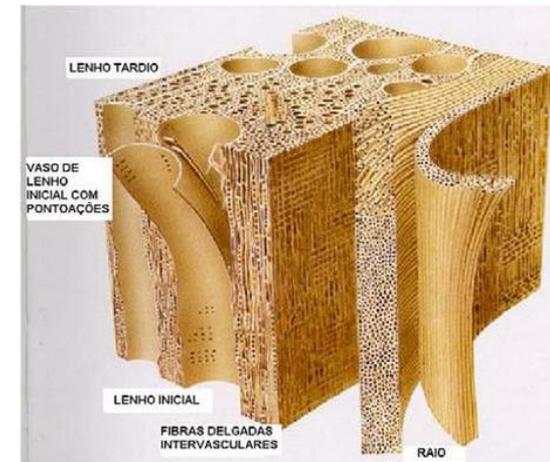
PRINCIPAIS

3. **MINERAIS E SUBSTÂNCIAS EXTRAÍVEIS**

(Porém se referem a um limitado número de espécies).

DENSIDADE/MASSA ESPECÍFICA (TIPOS)

- Com relação a sua ESTRUTURA BÁSICA, devido a madeira ser um material poroso, constituído de uma matriz de fibras e espaços vazios, a densidade é um reflexo fiel da quantidade de matéria lenhosa por unidade de volume, ou de forma inversa, do volume de espaços vazios na madeira.



DENSIDADE/MASSA ESPECÍFICA (TIPOS)

- ❖ **No caso da madeira,** o valor numérico da densidade depende da **INCLUSÃO OU NÃO DO VOLUME DE POROS.**
- ❖ Para isto, **EXISTEM DUAS FORMAS DE DETERMINAÇÃO:** **Densidade aparente** e **densidade real ou da parede celular.**

DENSIDADE/MASSA ESPECÍFICA (TIPOS)

- 1. Densidade Aparente** – Determina-se a massa e o volume de uma forma global, INCLUINDO O VOLUME DE POROS, EXTRATIVOS ETC, ambos em algum teor de umidade específico. A densidade da madeira é geralmente expressa desta maneira.
- 2. Densidade real ou densidade da Parede celular** – O volume da amostra é determinado SEM A INCLUSÃO DOS POROS, obtendo-se o volume real ou densidade da parede celular, cujo valor é igual a **1,53 g/cm³**.

Celulose: $\rho = 1,58 \text{ g / cm}^3$

Lignina: $\rho = 1,38 - 1,41 \text{ g / cm}^3$

DENSIDADE/MASSA ESPECÍFICA

- SOB DIFERENTES CONDIÇÕES DE UMIDADE RELATIVA E TEMPERATURA a madeira adquire DIFERENTES TEORES DE UMIDADE, os quais, por sua vez, irão fazer que uma mesma amostra de madeira apresente DIFERENTES MASSAS E VOLUMES.

DENSIDADE/MASSA ESPECÍFICA (TIPOS)

A) **DENSIDADE APARENTE** - É a densidade determinada a um dado teor de umidade (o conteúdo de umidade deverá ser sempre especificado).

➤ Ela pode ser determinada a:

$$\rho_{15\%} = m_{15\%} \div v_{15\%}$$

$$\rho_{12\%} = m_{12\%} \div v_{12\%}$$

$$\rho_{0\%} = m_{0\%} \div v_{0\%}$$

Quando se determina a densidade da madeira é necessário que se indique as condições de umidade em que foram feitas as determinações.

Teor de umidade de referência	Descrição	
0%	teor de umidade da madeira seca em estufa	$D_0 = M_0 / V_0 \text{ (g / cm}^3\text{)}$
12%	teor de umidade de equilíbrio da madeira seca em condições climáticas padronizadas, a 20°C e 65% de umidade relativa do ar	$D_{12} = M_{12} / V_{12} \text{ (g / cm}^3\text{)}$
15%	teor de umidade de equilíbrio aproximado da madeira, que ocorre espontaneamente em muitas situações geográficas do Brasil	$D_{15} = M_{15} / V_{15} \text{ (g / cm}^3\text{)}$

Critérios para comparação entre densidades:

Para se comparar massas específicas é imprescindível que as amostras tenham os **MESMOS TEORES DE UMIDADE**, pois qualquer alteração desta acarretará alteração do peso e, abaixo do ponto de saturação das fibras (+/- 30 % U), no peso e no volume da madeira.

DENSIDADE DA MADEIRA (TIPOS)

B) DENSIDADE BÁSICA - Pela dificuldade de se determinar com exatidão a massa e o volume a 0 % de umidade, pelo fato da madeira começar a absorver umidade do ambiente assim que é retirada da estufa, e desejando-se resultados mais precisos, determina-se a: Densidade básica

$$Db = \frac{\text{Massa seca}}{\text{Volume verde}} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

Onde:

*A **massa** é determinada a 0% de umidade

*E o **volume** é obtido a teores de umidade acima do PSF (acima de 30% de umidade da madeira)

DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE DA MADEIRA

➤ **Pode ser realizada determinando-se seu peso e seu volume.**

1) **PESO?** Pode ser obtido diretamente em balança analítica ou de precisão.

2) **DETERMINAÇÃO DO VOLUME?** Pode ser obtido por diversos métodos de determinação.

MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DO VOLUME DA MADEIRA

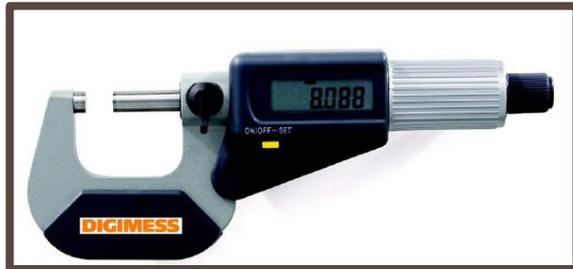
1) MÉTODO DE MEDIÇÃO DIRETA

(estereométrico) - A determinação do volume é feita através da medição das DIMENSÕES DA AMOSTRA (comprimento x largura x espessura), o que pode ser feita com simples INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO possuidores de ESCALAS (paquímetros, micrômetros, etc.).

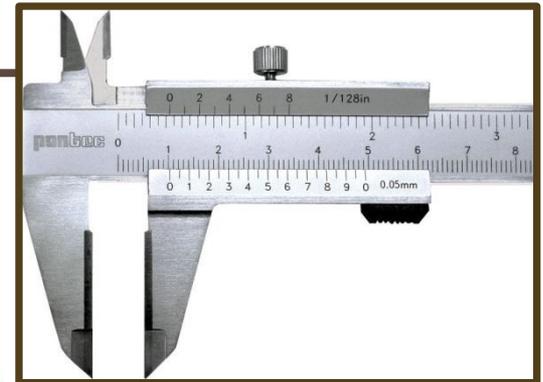
Segundo a Norma COPANT 30:1 - 004, os corpos-de-prova deverão ter: 20 cm X 3 cm X 3 cm.

1.1 MÉTODO DA MEDIÇÃO DIRETA (método estereométrico)

- Instrumentos de medição (paquímetros, micrômetros)



Micrômetros



Paquímetros

- Corpos-de-prova devem estar bem preparados: superfícies planas, com todas as faces formando ângulos de 90° entre si.

MÉTODOS DE DETERMINAÇÃO DO VOLUME DA MADEIRA

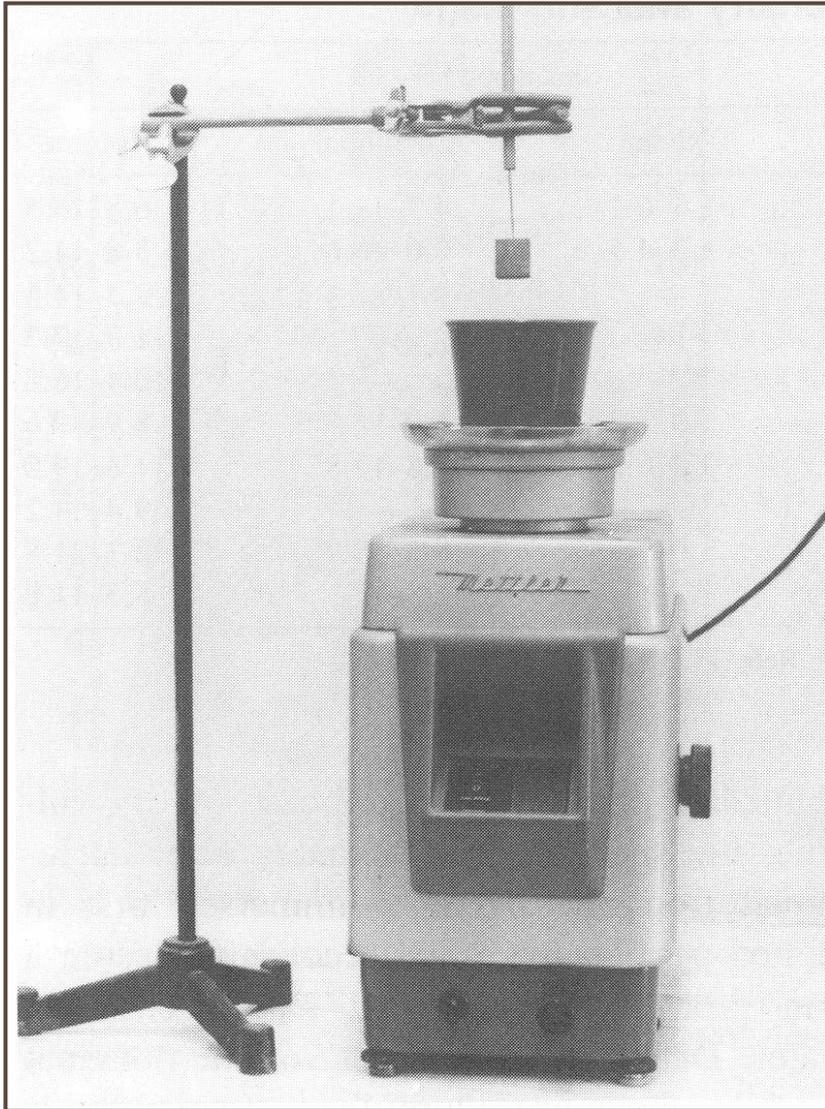
2) MÉTODO POR DESLOCAMENTO -

Consiste na imersão da peça de madeira em um líquido de densidade conhecida, que pode ser água ou mercúrio.

Têm-se a vantagem de se poder utilizar corpos-de-prova com formas irregulares.

Os métodos são descritos a seguir:

2.1 MÉTODO DA IMERSÃO NA ÁGUA (Conhecido como método de balança hidrostática)



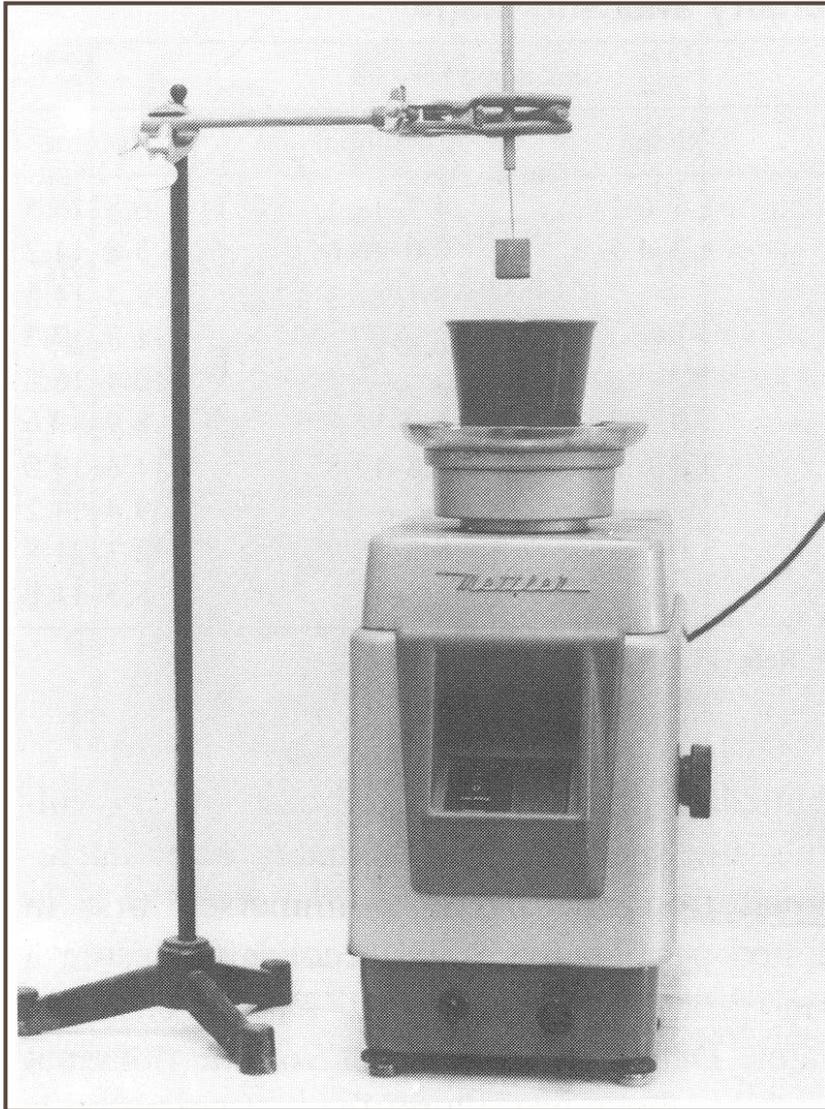
O volume é determinado pela diferença de peso da água deslocada, antes e após a imersão da madeira (princípio de Arquimedes) .

Princípio de Arquimedes: todo o corpo mergulhado num fluido sofre, por parte do fluido, uma força vertical para cima, cuja intensidade é igual ao peso do fluido deslocado (é independente do material imerso)

A massa é determinada por pesagem.

Para densidade a 0 %: Determinação da massa seca (em estufa): coloca-se o corpo de prova de madeira numa estufa a $103 \pm 2^{\circ}\text{C}$ até atingir peso constante.

2.2 MÉTODO DA IMERSÃO NO MERCÚRIO



Consiste em mergulhar a amostra em mercúrio, sendo o seu volume igual à porção deste deslocada.

Se o líquido for água ($\rho = 1,0 \text{ g/cm}^3$):
Diferença de peso, em gramas, corresponde ao volume da amostra em cm^3 .

- PARA MERCÚRIO:

$$\text{VOLUME} = \frac{\text{PESO INDICADA PELA BALANÇA}}{13,55 \text{ (}\rho \text{ DO MERCÚRIO)}}$$

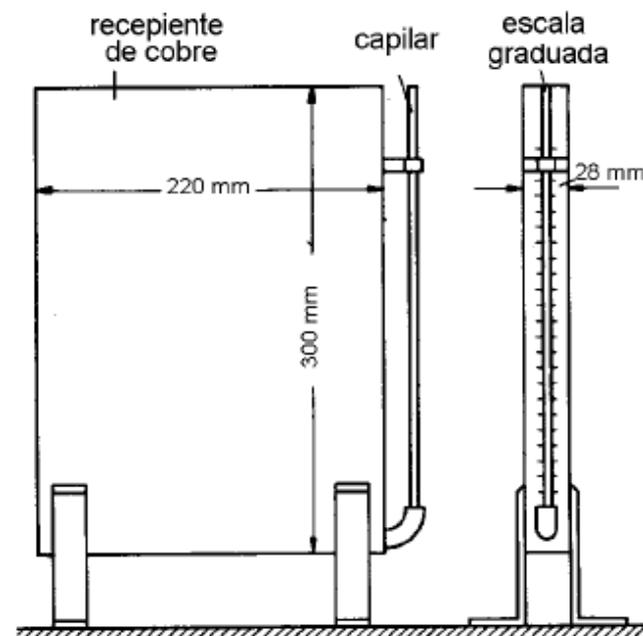
Vantagem:

Corpos-de-prova podem ter formas irregulares

2.3 MÉTODO DA IMERSÃO NA ÁGUA (Conhecido como método de deslocamento do líquido)

Determinação pela medição do deslocamento de líquido

- Mesmo princípio anterior. Densidade = $1\text{g}/1\text{cm}^3$. É utilizado para amostras de madeiras de maiores dimensões. Porém ao invés de obter o peso do líquido deslocado antes e após a imersão da madeira, obtêm-se o volume deslocado antes e após a madeira ser imergida na água.



DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE POR MÉTODOS NUCLEARES

- ❖ Quando se quer apenas obter o valor médio da densidade, os métodos tradicionais, descritos anteriormente, são mais utilizados, devido a sua simplicidade na hora de determinar a densidade.
- ❖ Porém, quando se deseja maiores informações ao longo da amostra, ou seja, medidas pontuais e milimétricas da densidade, faz-se necessário o uso de métodos nucleares.

DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE POR MÉTODOS NUCLEARES

Determinação se dá através da passagem de raios

- Este método baseia-se no fato que um certo número de elétrons é perdido ao atravessar a madeira, variando em função da quantidade de matéria e substâncias lenhosas existentes por unidade de volume.

DENTRE OS MÉTODOS MAIS UTILIZADOS PODEMOS DESTACAR OS QUE UTILIZAM **RADIAÇÃO GAMA, BETA OU RAIOS-X**

DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE POR MÉTODOS NUCLEARES

- ❖ A desintegração radioativa (transformação de um átomo em outro) emite uma **partícula alfa ou beta** do núcleo de um átomo radioativo como o urânio, tório, Cs, rádio etc.
- ❖ Em muitos casos quando isso acontece ela emite um **FEIXE DE RADIAÇÃO GAMA, BETA OU RAIOS-X** e os novos elementos formados são muitas vezes também radiativos.

DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE POR MÉTODOS NUCLEARES

- ❖ Esses FEIXES DE RADIAÇÃO ao atravessar o meio absorvedor (MADEIRA) parte são absorvidos por ele e parte atravessa o mesmo e são detectados por meio de um instrumental contendo um detector de radiação.

DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE POR RAIOS GAMA

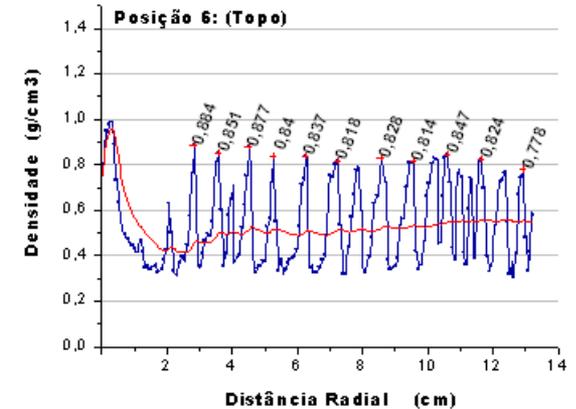
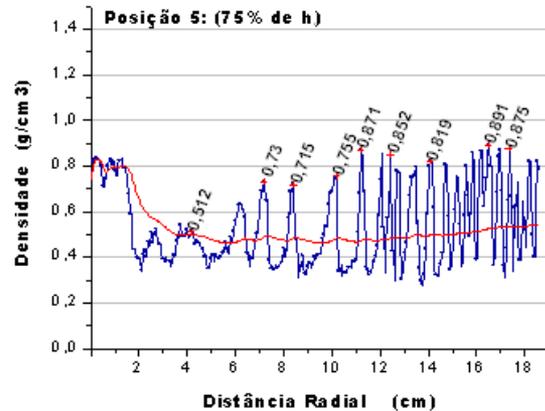
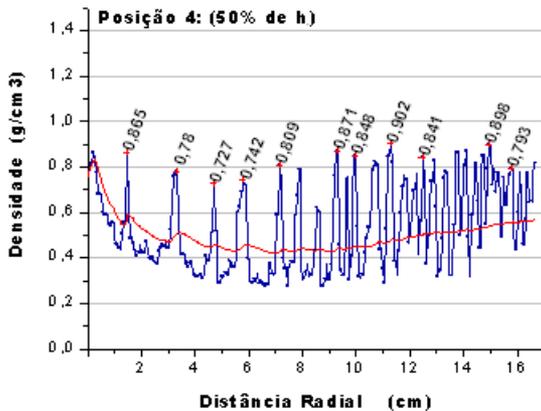
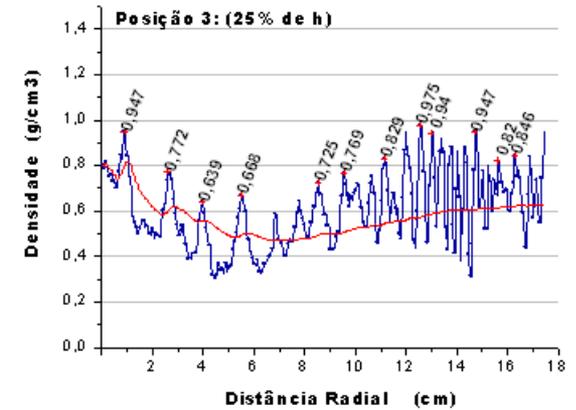
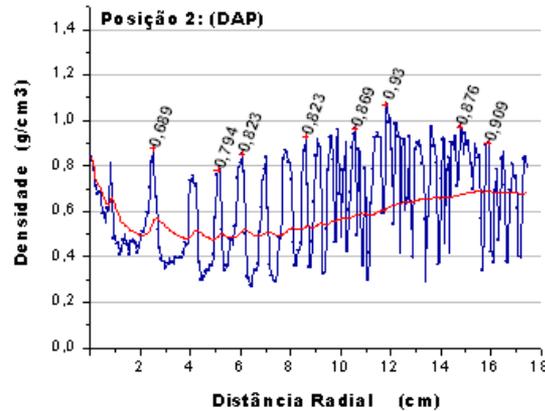
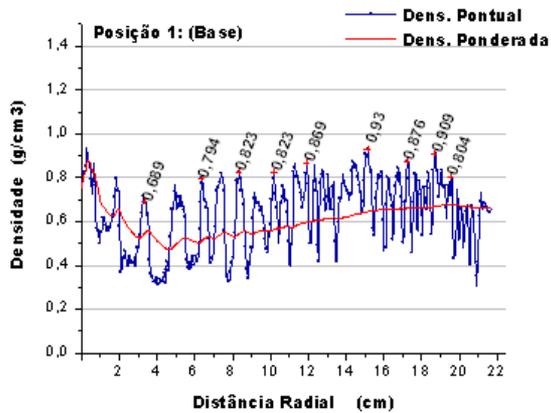


Instrumento de detecção de radiação gama por ^{241}Am

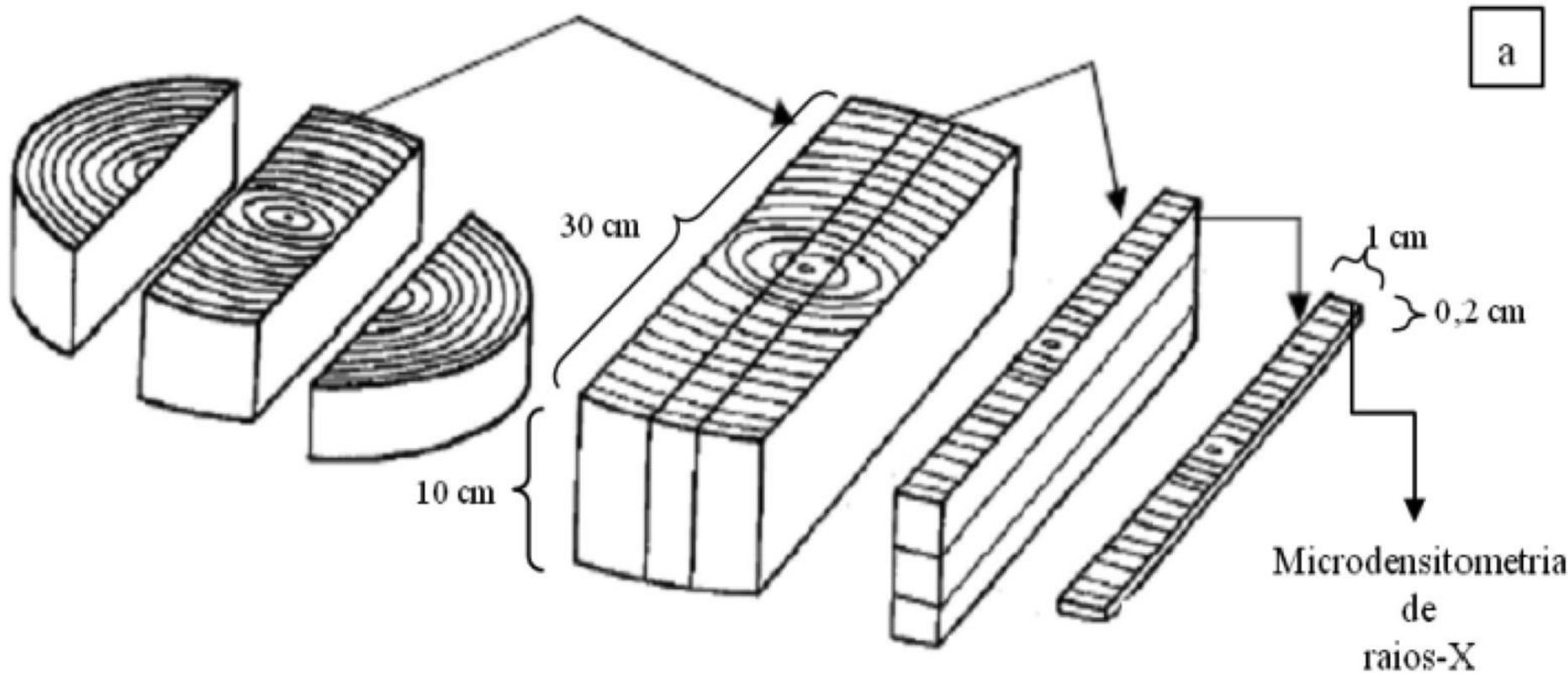
sistema de colimação, feito com peças de chumbo (5), revestido com aço inox, permitindo uma abertura de 6 mm por 0,5 mm na saída da fonte e também na entrada do detector. (6) Entre a fonte e o detector, montados sobre um plano de nível e distanciados 0,10 m, existe um sistema móvel, com dois posicionadores x e y, acoplados a um motor e uma fonte reguladora de voltagem (4), que permite que as amostras de madeiras (3) sejam deslocadas horizontalmente e verticalmente. A detecção da radiação gama é feita através de um cintilador sólido de duas polegadas na forma cilíndrica de NaI (TI). O cintilador fica acoplado a uma fotomultiplicadora (6) e os impulsos produzidos são analisados por um monocanal (2).

Microdensitometria de raios gama

- Densidade de Árvore de *Pinus elliottii* com 35 anos de idade, de acordo com a posição de retirada dos discos no tronco.



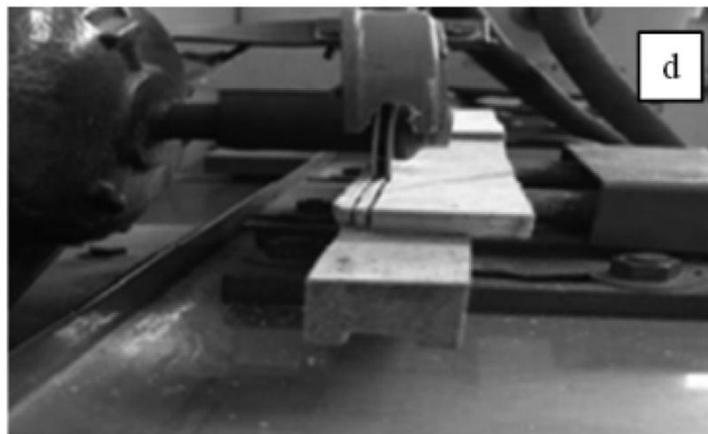
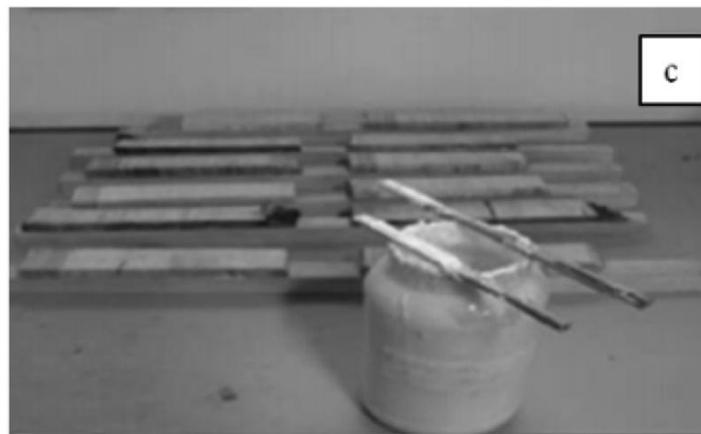
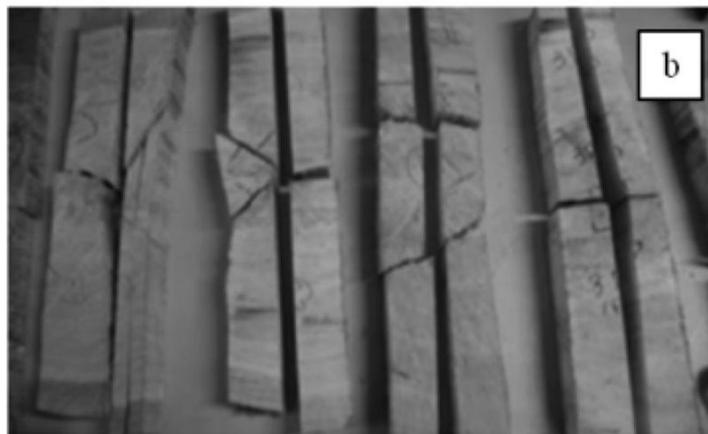
Microdensitometria de raios - X



Sci. For., Piracicaba, v. 40, n. 93, p.
103-112, mar. 2012

a) esquema de retirada das amostras diametrais (adaptado de Moya, 2005);

Microdensitometria de raios - X



b) amostras diametrais do lenho;

c) processo de fixação em suportes de madeira;

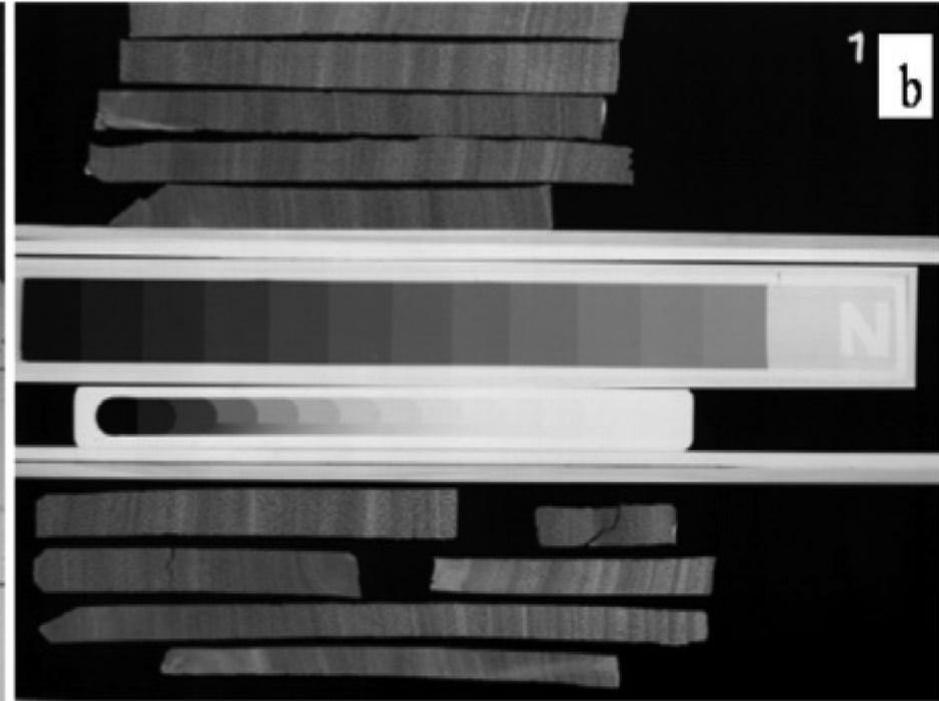
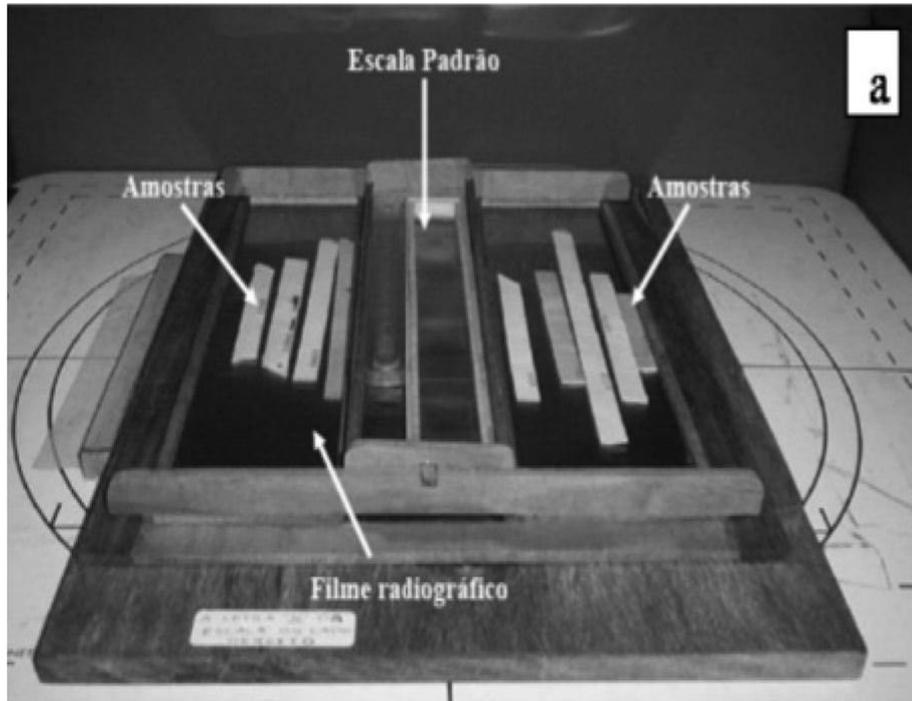
d) corte em equipamento de dupla serra circular paralela;

e) extração das amostras do lenho do suporte de madeira, com lâmina.

Sci. For., Piracicaba, v. 40, n. 93, p.

103-112, mar. 2012

Microdensitometria de raios - X



Sci. For., Piracicaba, v. 40, n. 93, p. 103-112, mar. 2012

- a) Amostras do lenho e cunha de calibração dispostas sobre o filme de raios -X, na câmara de irradiação;
- b) filme radiográfico das amostras do lenho e da cunha de calibração.

Microdensitometria de raios - X

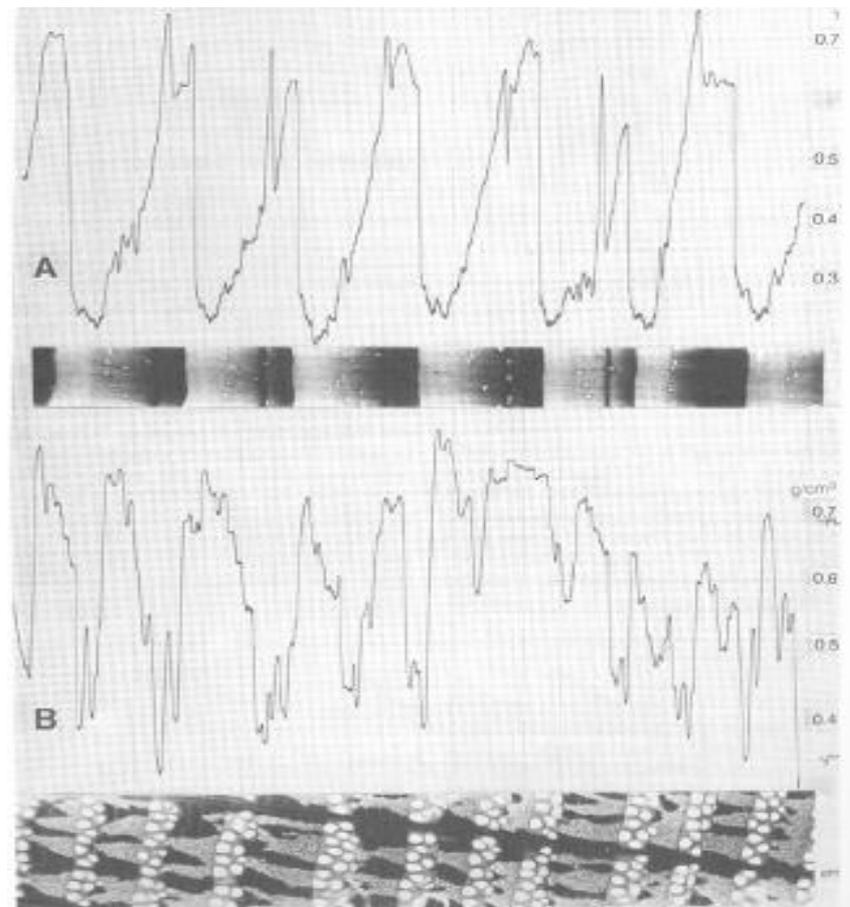
Microdensitometria de raios-x

A radiação (raios x) absorvida/transmitida é registada num filme fotográfico e a sua densidade medida e feita corresponder a valores de densidade

Especialmente apropriada para medir a variabilidade da densidade dentro, e entre, anéis anuais

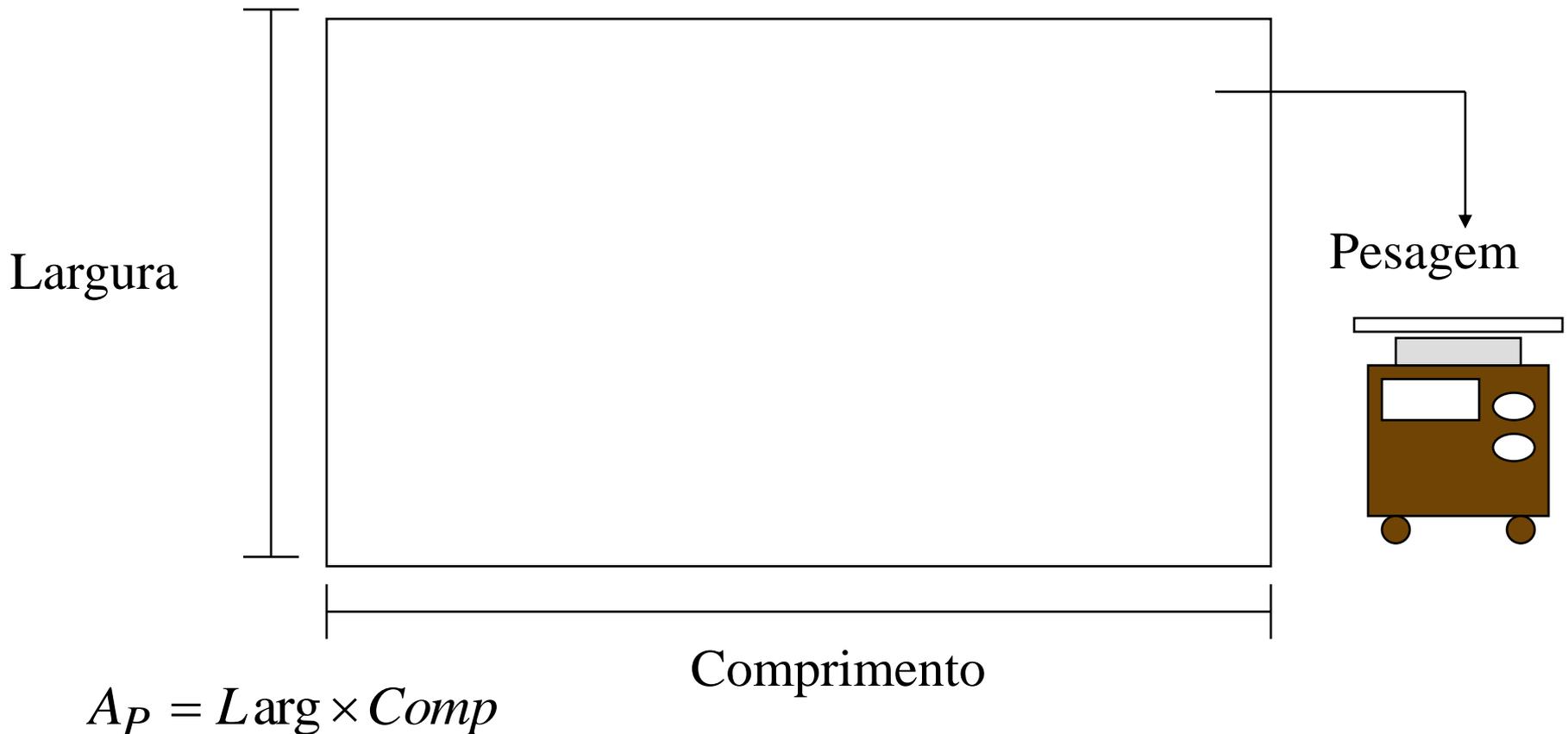
A: Pinheiro bravo (*Pinus pinaster*)

B: Castanheiro (*Castanea sativa*)



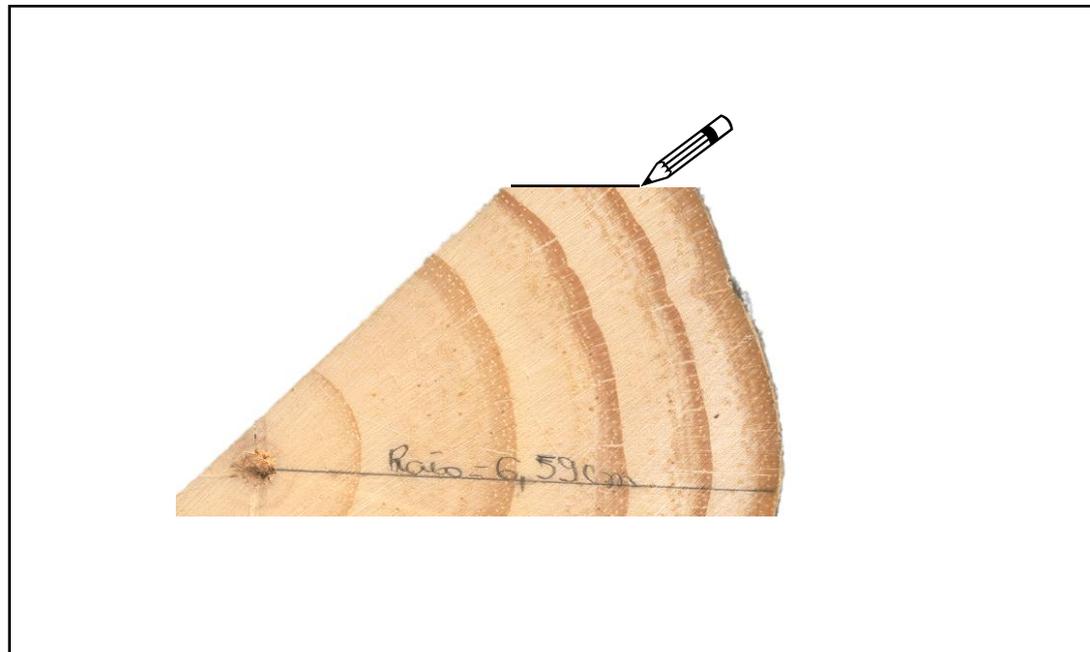
C. 1. 2. 5 MÉTODO DA ÁREA

- Nesse método, a **área da amostra é medida através do peso do contorno da amostra em papel**, usando-se uma **balança, papel e uma regra de três para os cálculos**.
- Para obtenção da **ÁREA DO PAPEL** e, posteriormente, o **VOLUME DA AMOSTRA**, pegase uma folha de um lote de papel ofício e acha sua área e seu peso.

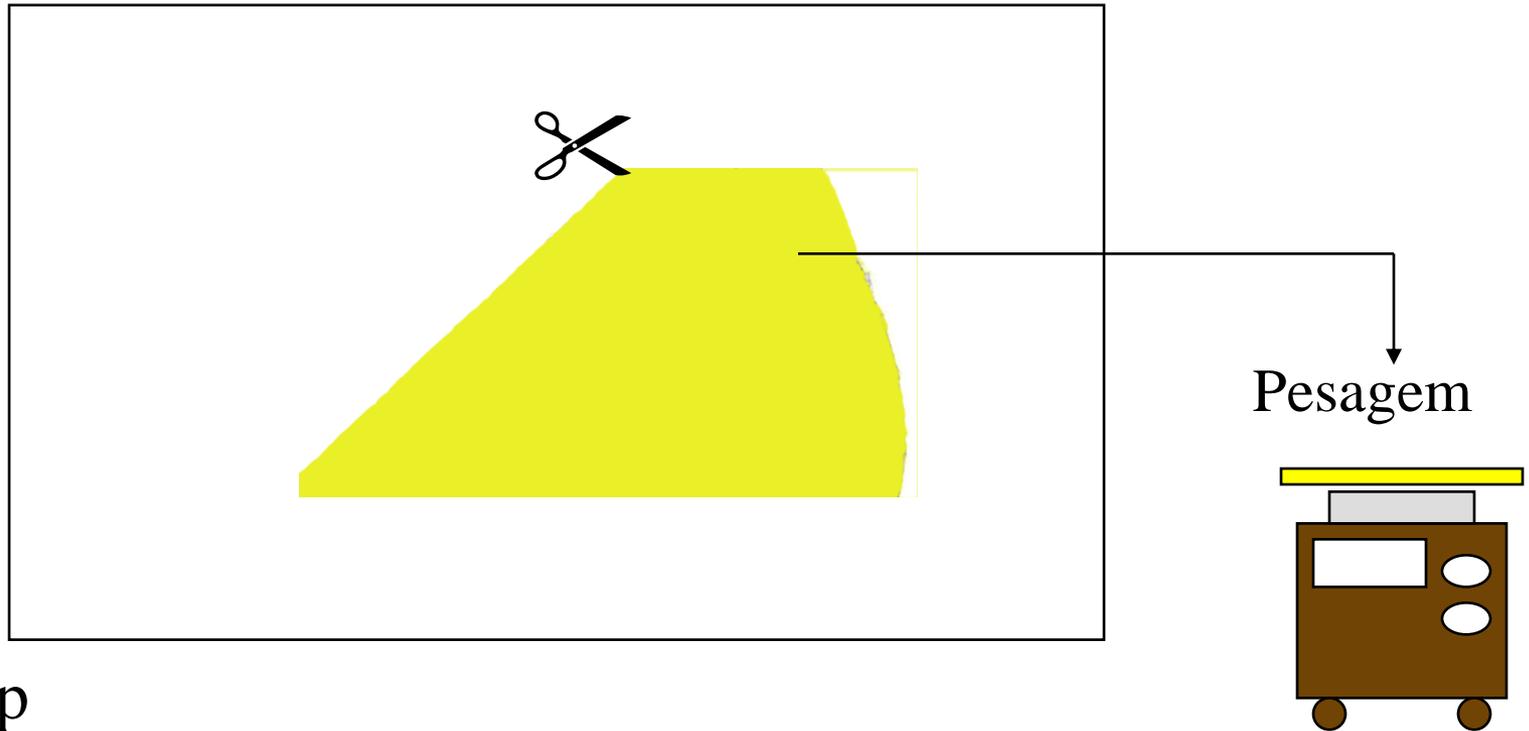


C. 1. 2. 5 MÉTODO DA ÁREA

- Posteriormente pega-se quatro folhas de papel ofício e faz-se o contorno da amostra de madeira. Quando a amostra for bem pequena utiliza-se mais folhas, obtendo assim uma maior precisão.
- Depois em duas folhas desenha-se um lado da amostra e nas outras duas o outro lado. Isso se fez necessário, porque dependendo da amostra analisada, existe irregularidades na seu formato, ou seja, um lado pode ser maior que o outro.



- Depois de desenhada a amostra, o desenho é recortado, obtendo-se quatro recortes ou mais, dependendo do tamanho da amostra.
- Tendo o peso de cada folha de ofício, com sua respectiva área, é só correlacioná-los com o peso de cada recorte, obtendo assim a área de cada amostra.



$A_p - P_p$

$\times - P_r$

$\times = A_r = \text{Área}_{\text{amostra}}$

$$\text{Vol}_{\text{amostra}} = A_r \times E_{\text{amostra}}$$

$$\text{Dens}_{\text{amostra}} = \frac{P_{\text{amostra}}}{\text{Vol}_{\text{amostra}}} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

FATORES QUE INFLUEM NA DENSIDADE DA MADEIRA

NOME COMUM	NOME BOTÂNICO	$\Gamma_{0\%}$ (g/cm ³)
Guaiaco (Pau Santo)	<i>Guajacum officinale</i>	1,23 - 1,40
Cabriuva Vermelha*	<i>Myroxylon balsamum</i>	0,95
Pau Marfim*	<i>Balforodendron riedelianum</i>	0,84
Amendoim*	<i>Pterogyne nitens</i>	0,77
Canjerana*	<i>Cabralea cangerana</i>	0,67
Pinheiro do Paraná*	<i>Araucaria angustifolia</i>	0,55
Baguaçú*	<i>Talauma ovata</i>	0,56
Cedro*	<i>Cedrela sp.</i>	0,53
Mandioqueira*	<i>Didymopanax calvum</i>	0,52
Guapuruvú*	<i>Schizolobium parahybum</i>	0,32
Balsa	<i>Ochroma lagopus</i>	0,13 - 0,20

A) ESPÉCIE FLORESTAL

* Dados das Fichas de Características das Madeiras Brasileiras - IPT, 1978.

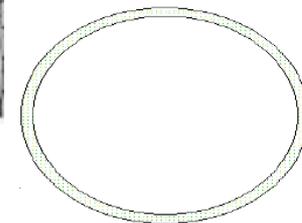
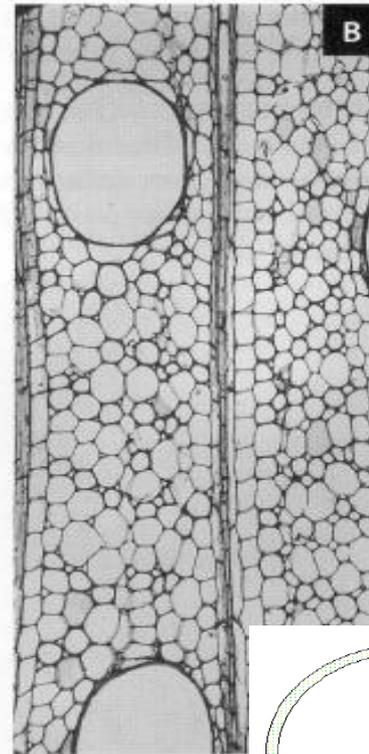
FATORES QUE INFLUEM NA DENSIDADE DA MADEIRA

B) ESTRUTURA DA MADEIRA

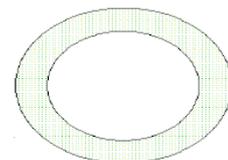
Na madeira mais densa é maior a proporção entre as paredes celulares e a as cavidades celulares (lumens das células)

A Pau rosa
(*Dalbergia latifolia*)
0,85 – 1 g.cm⁻³

B Balsa
(*Ochroma lagopus*)
0,1 – 0,2 g.cm⁻³



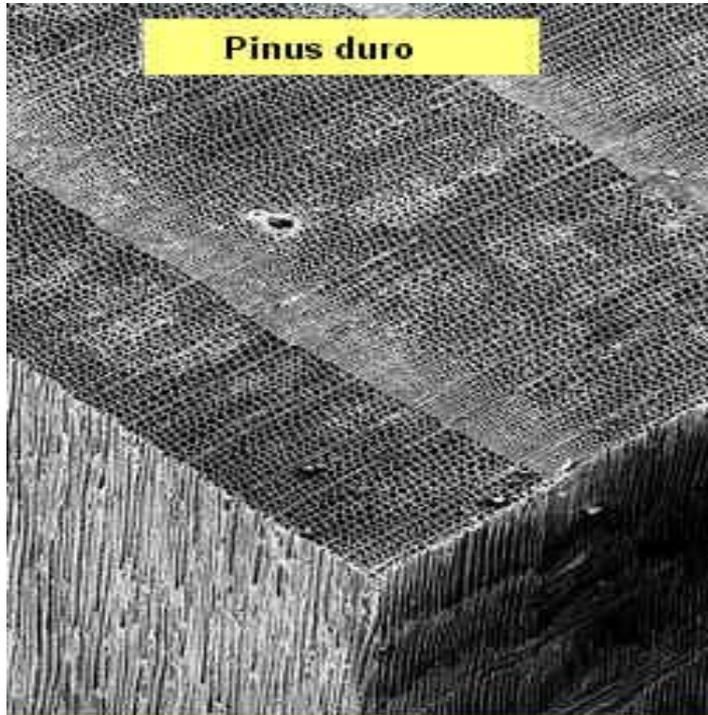
célula de lenho inicial



célula de lenho tardio

FATORES QUE INFLUEM NA DENSIDADE DA MADEIRA

B) ESTRUTURA DA MADEIRA

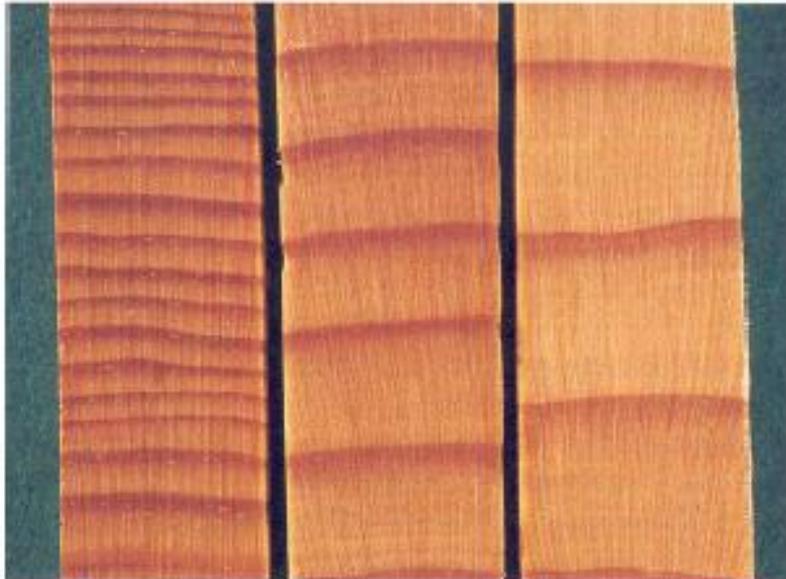


FATORES QUE INFLUEM NA DENSIDADE DA MADEIRA

C) DINÂMICA DE CRESCIMENTO

Em geral, nas resinosas, crescimentos mais lentos significam densidades mais elevadas; nas folhosas de porosidade anel verifica-se o contrário.

Pinus resinosa



Quercus spp.



FATORES QUE INFLUEM NA DENSIDADE DA MADEIRA

D) UMIDADE

- A partir do modo de calcular a densidade básica e a densidade aparente, podemos observar que existe uma correlação direta entre a densidade e o conteúdo de umidade.
- Por exemplo, madeira secas em estufa (0% de umidade) apresentam menor densidade quando comparadas a madeira onde o volume é obtido quando a madeira está completamente saturada.

FATORES QUE INFLUEM NA DENSIDADE DA MADEIRA

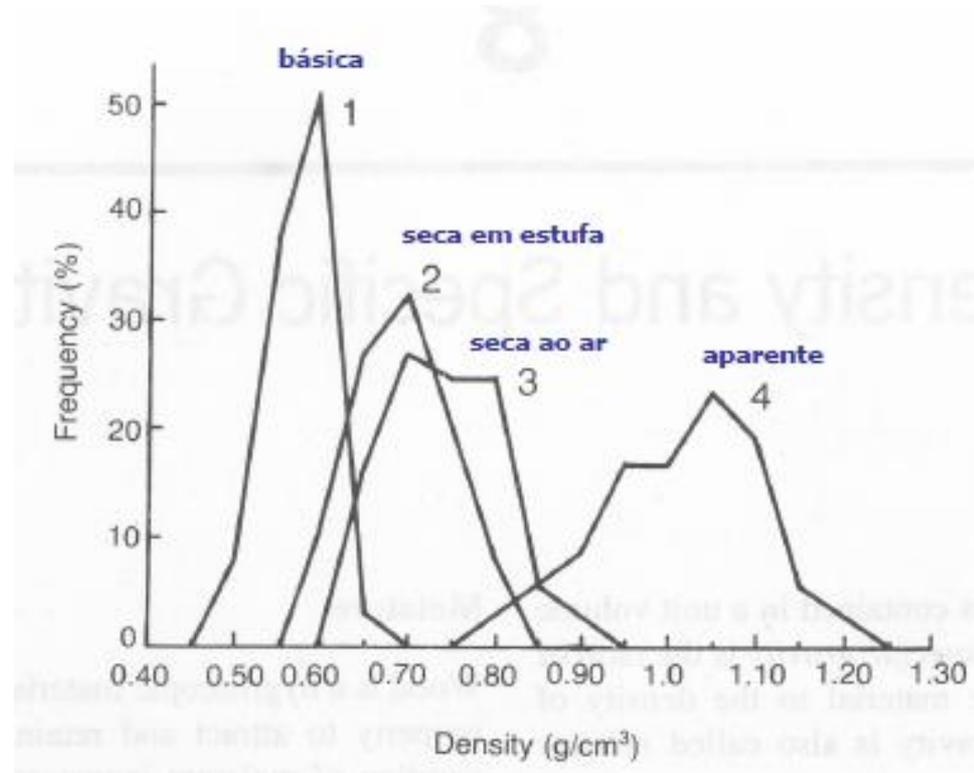
D) UMIDADE

1. Densidade **básica** peso seco/volume “verde”

2. Densidade **seca em estufa** peso seco/volume seco

3. Densidade **seca ao ar** peso seco ar/volume seco ao ar (12% Humidade)

4. Densidade **aparente** peso verde/volume verde (várias humidades e pesos)



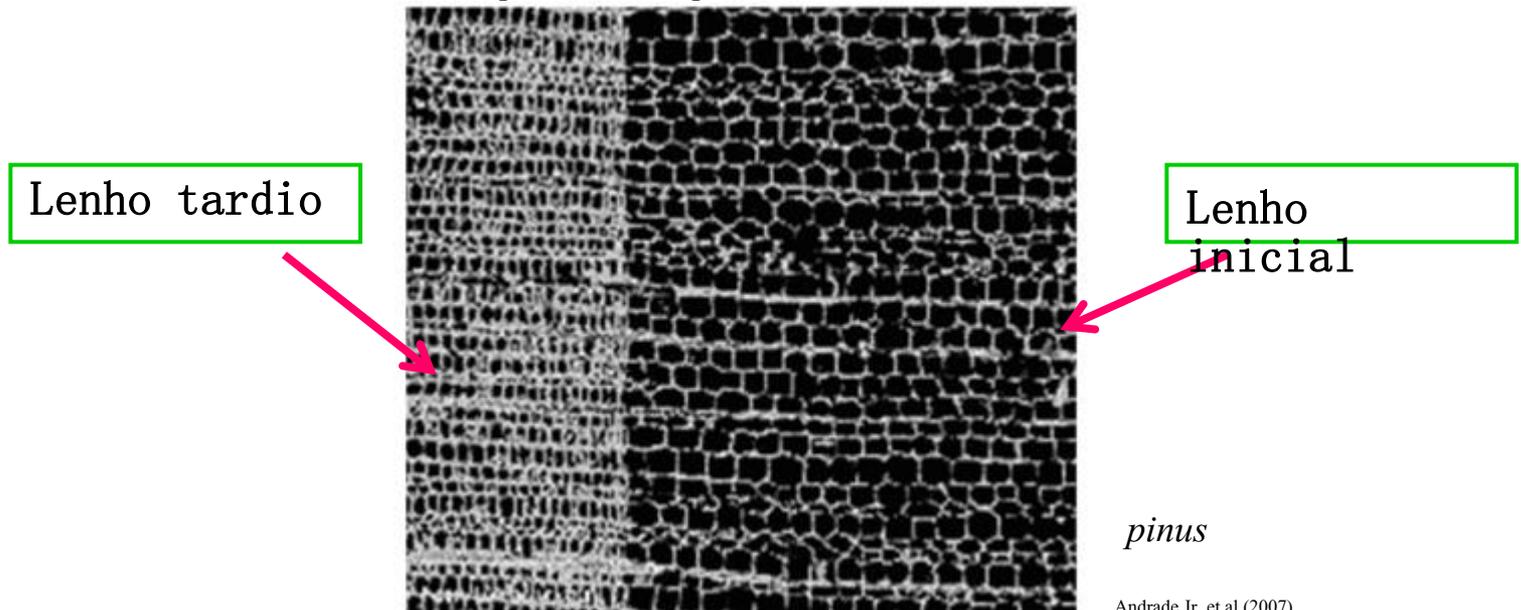
FATORES QUE INFLUEM NA DENSIDADE DA MADEIRA

E) Lenhos inicial e tardio

Lenho inicial: Paredes delgadas, células de grande diâmetro = menor densidade

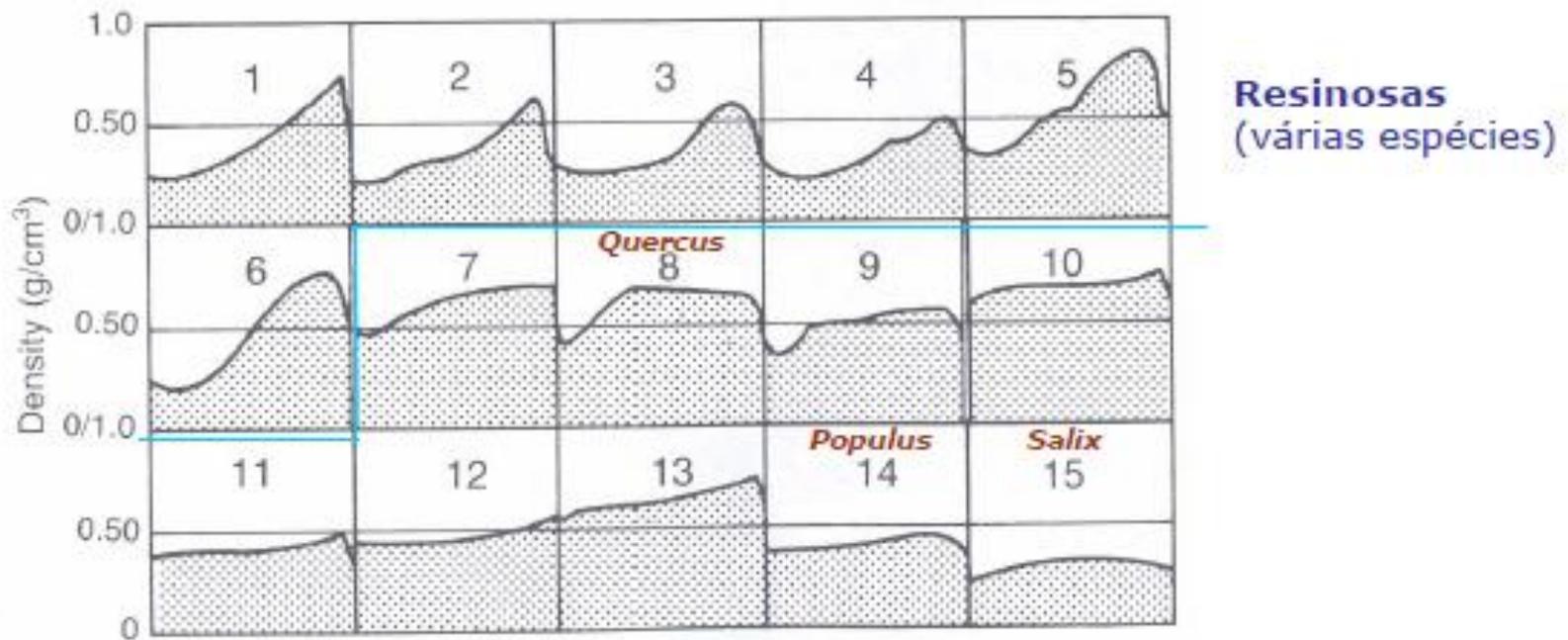
Lenho tardio: Paredes espessas, células com pequenos diâmetros = densidade maior

A porção de lenho tardio é importante para a densidade média da árvore



FATORES QUE INFLUEM NA DENSIDADE DA MADEIRA

VARIAÇÃO DA DENSIDADE DENTRO DO ANEL ANUAL



Folhosas
(várias espécies)

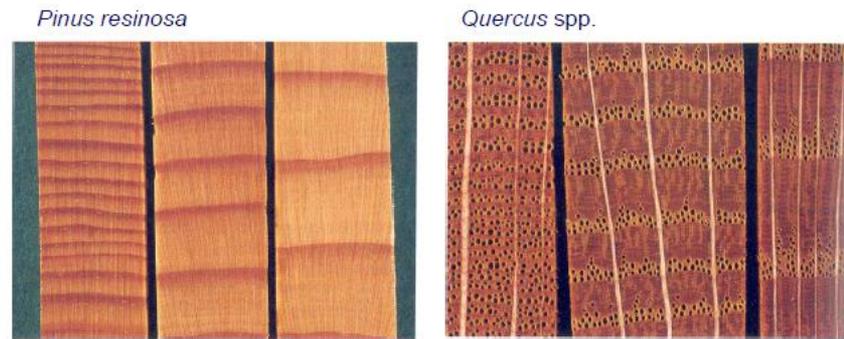
FATORES QUE INFLUEM NA DENSIDADE DA MADEIRA

F) Largura dos anéis de crescimento

Quanto mais largo o anel, maior será a proporção de lenho inicial e menor será a densidade da madeira. Desta forma, a densidade aparente da madeira aumenta com a diminuição da largura dos anéis de crescimento.

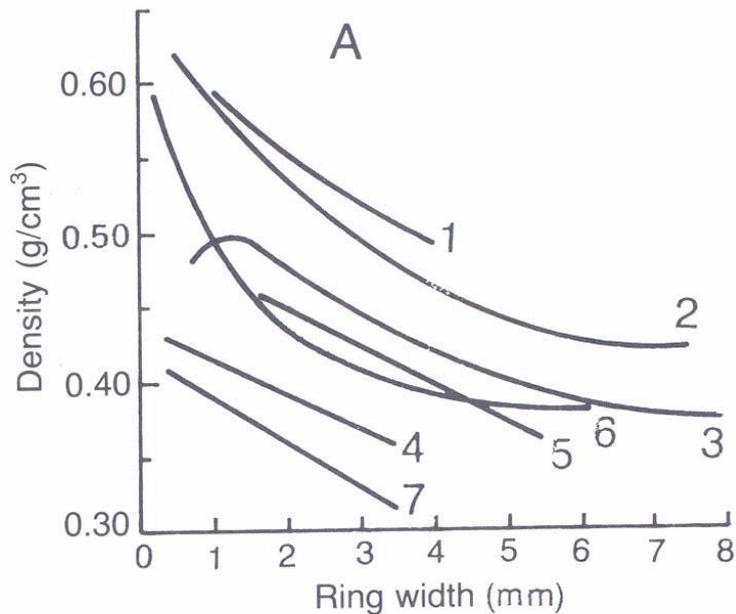


FATORES QUE INFLUEM NA DENSIDADE DA MADEIRA

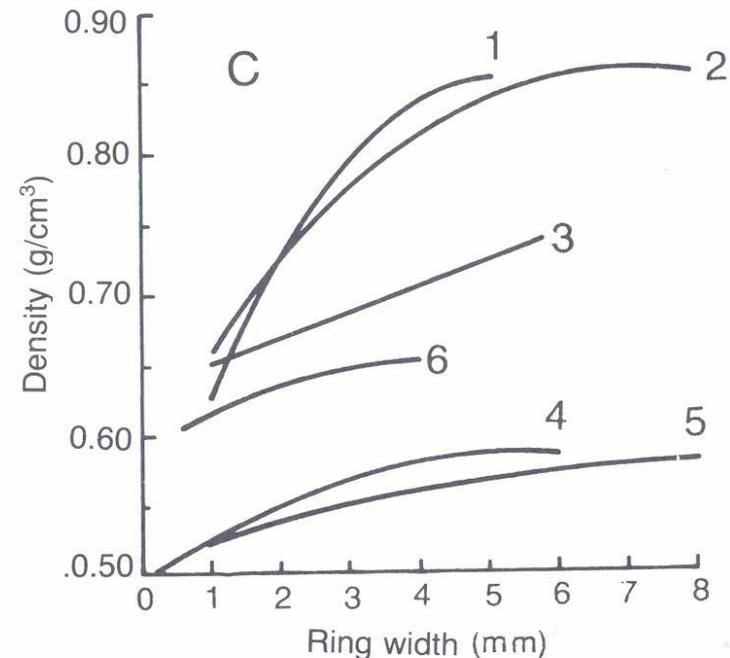


F) Largura dos anéis de crescimento

Para a maioria das coníferas, quanto mais largo o anel, maior será a proporção de lenho inicial e menor será a massa específica da madeira.



Resinosas (várias espécies)



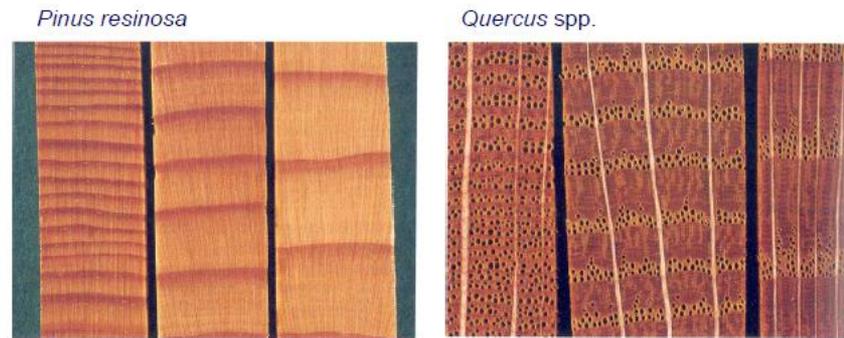
Folhosas de porosidade em anel (várias espécies)

FATORES QUE INFLUEM NA DENSIDADE DA MADEIRA

G) Posição no tronco

- Quanto MAIS ALTA FOR A ALTURA de obtenção da madeira no fuste de uma árvore, a partir da sua base, MENOR será a DENSIDADE de sua seção TRANSVERSAL;
- Quanto MAIS PRÓXIMA DA MEDULA da árvore for obtida a madeira numa mesma altura em relação ao solo, MENOR será a DENSIDADE.

FATORES QUE INFLUEM NA DENSIDADE DA MADEIRA



G) Posição no tronco

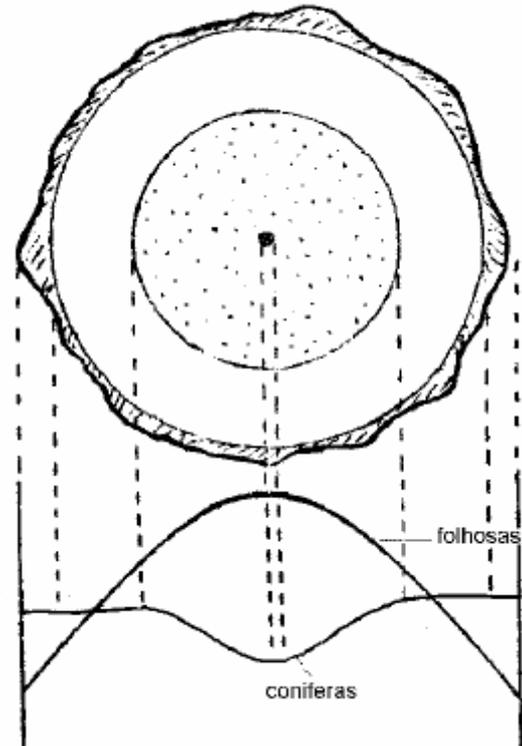
Variação transversal

Coníferas: na maioria das vezes → aumento da densidade da medula para casca

Folhosas: Frequentemente → Diminuição da densidade da medula a casca

Variação longitudinal

Apresenta grandes variações, com valores máximos na base do tronco, decrescendo à medida que se distancia em direção à copa



Variação da massa específica no sentido transversal para coníferas e folhosas

FATORES QUE INFLUEM NA DENSIDADE DA MADEIRA

H) Lenho Juvenil e adulto

- A madeira juvenil é bem mais leve, de menor densidade do que a madeira adulta. Porque:

Madeira Juvenil: traqueóides mais curtos, paredes delgadas

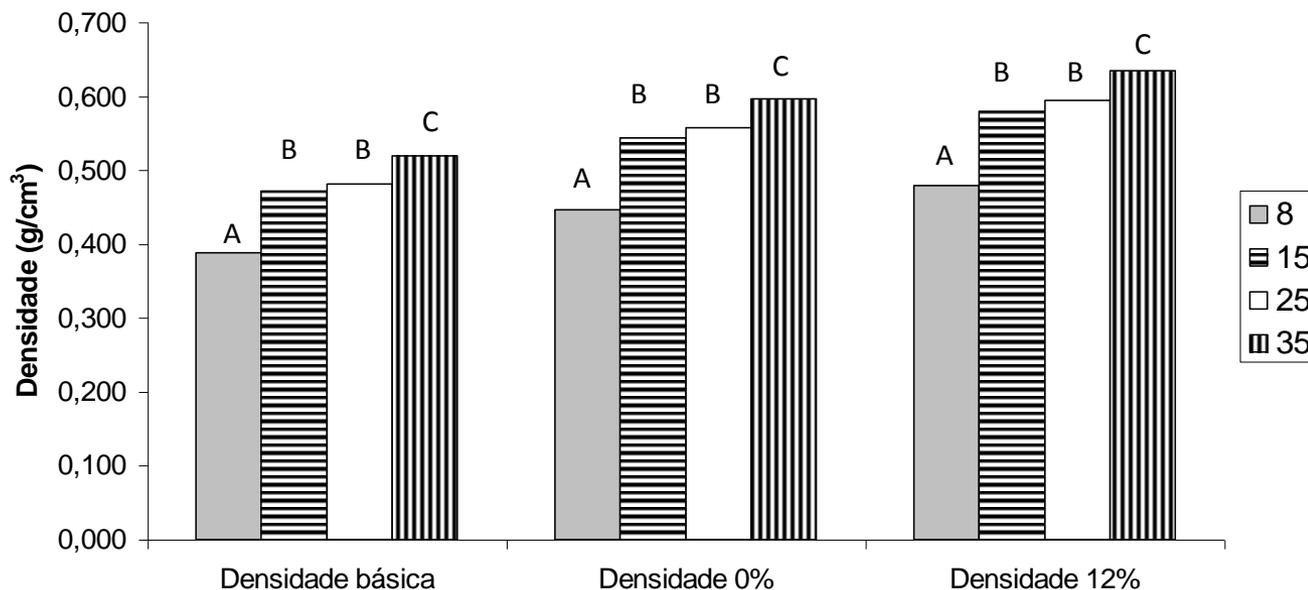
Madeira Adulta: Traqueóides mais longos, paredes espessas

FATORES QUE INFLUEM NA DENSIDADE DA MADEIRA

>idade → > densidade

I) Idade

Devido ao aumento da espessura da parede celular pela deposição de carboidratos e um aumento do teor de lignina durante a cernificação.



Densidade básica, densidade a 0% e densidade a 12%, em g/cm^3 , obtidas através do método de imersão, para as idades de 8, 15, 25 e 35 anos. Letras iguais denota igualdade estatística ao nível de 5% de significância.

FATORES QUE INFLUEM NA DENSIDADE DA MADEIRA

J) Influências externas

1) Local de crescimento:

Clima, solo (umidade e nutrientes), altitude, declividade, vento, espaçamento e associação de espécies

2) Métodos silviculturais:

Adubação, poda, desbaste, composição de espécies

Importância da densidade da madeira

A densidade está diretamente relacionada com as propriedades das madeiras e portanto com os seus usos e qualidade industrial

Higroscopicidade; Retração e Inchamento; Propriedades Mecânicas; Propriedades Térmicas; Propriedades Acústicas; Propriedades Elétricas; Processamento Industrial da Madeira

A densidade é também um **índice de produção quantitativa**, pelo que influi , por exemplo:

Produção florestal da madeira; Rendimentos das indústrias de Pasta para Papel e de Painéis Aglomerados

No entanto: A mesma densidade pode significar propriedades e qualidade industrial muito diferentes – diferenças na composição química, estrutura anatômica, teor de extrativos e defeitos

F I M