

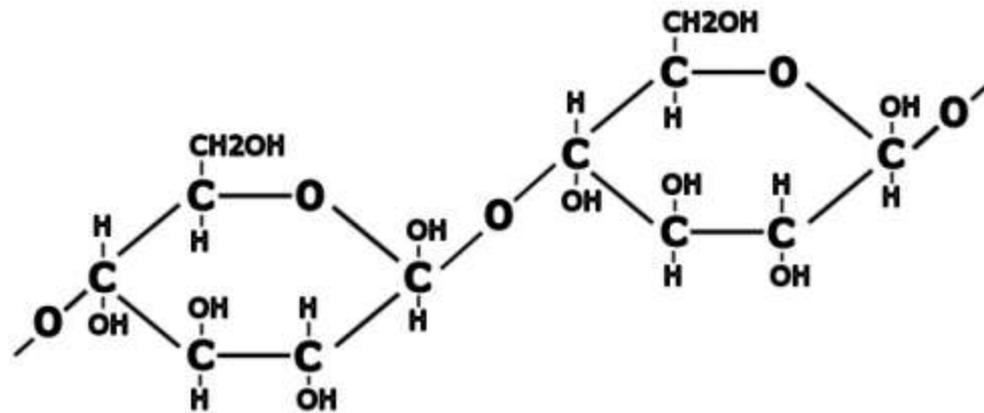
Movimentos da água na madeira



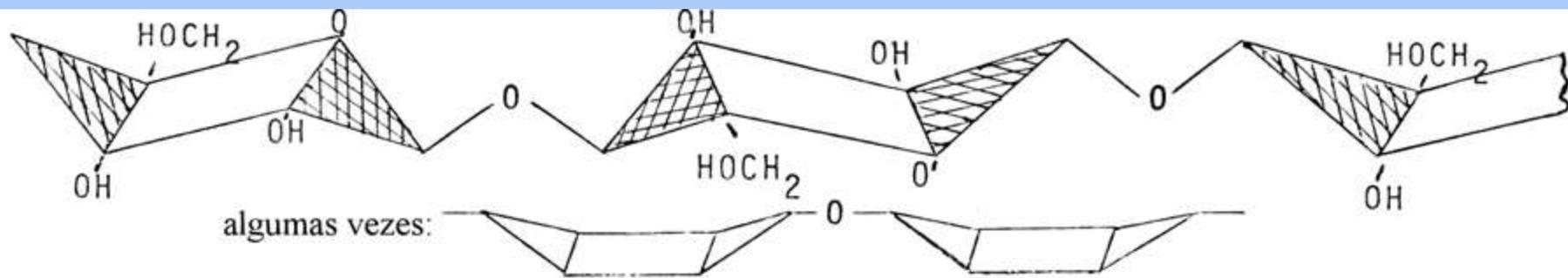
CAPILARIDADE E DIFUSÃO

PROFA. GHISLAINE MIRANDA BONDUELLE

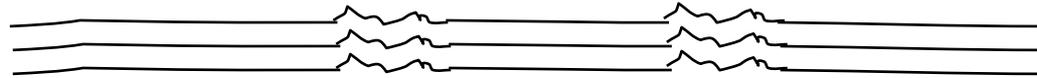
Moléculas de celulose



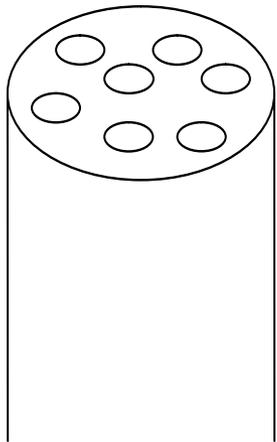
Cadeias de celulose



Pared celular



FIBRILA \pm 40 MOLÉCULAS



10 A 20 FIBRILAS \rightarrow MICROFIBRILA



20 MICRO

MACRO \rightarrow L. M.

Tipos de água na madeira



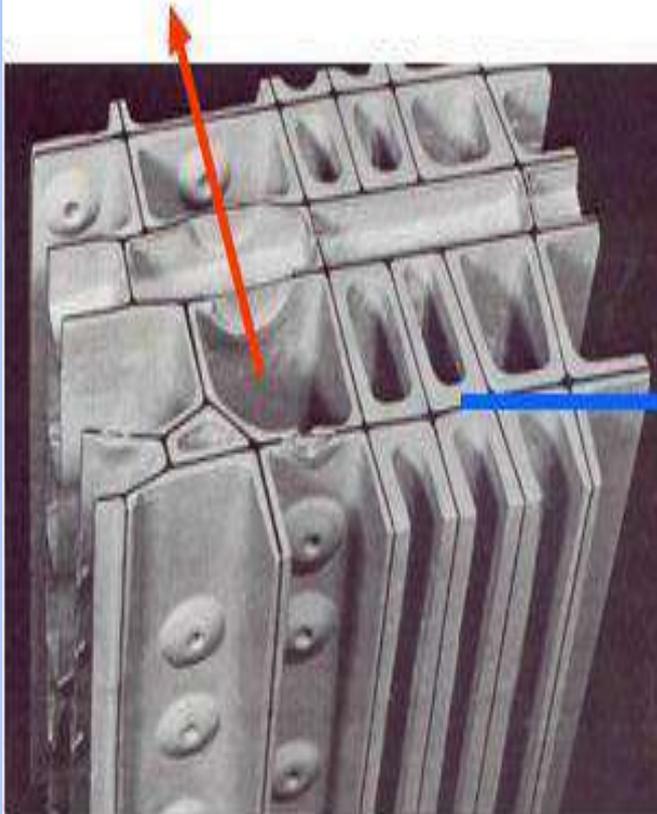
1. Água Livre ou de capilaridade (CAPILARIDADE)

2. Água na parede celular (DIFUSÃO):
 - 2.1. Água de impregnação
 - 2.2. Água química

O que consideramos como matéria lenhosa?



LUME - ÁGUA CAPILAR



PAREDE

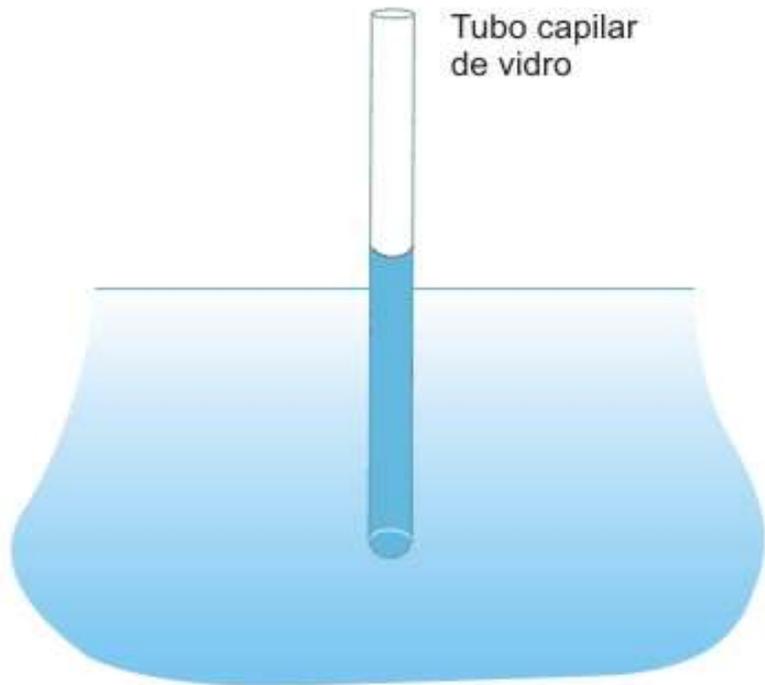
CELULOSE

HEMICELULOSES

LIGNINA

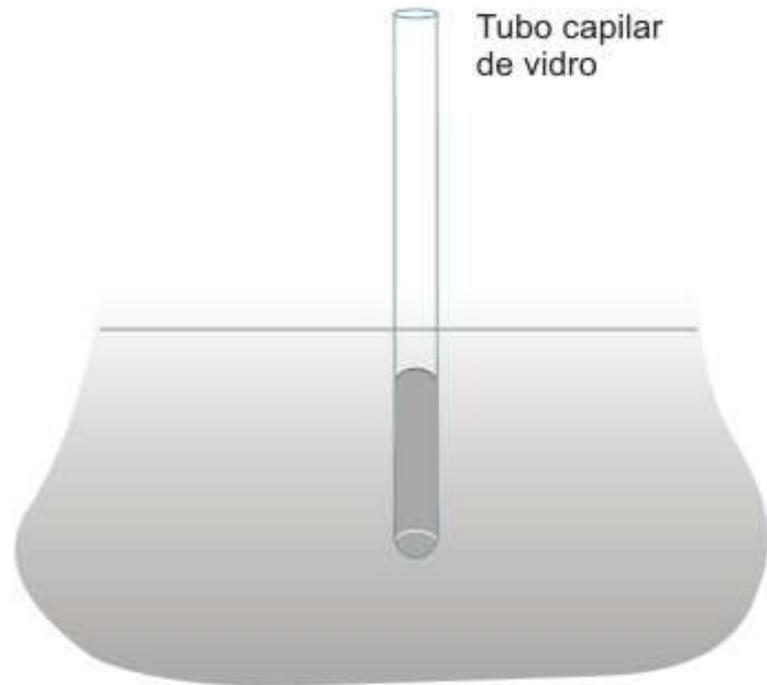
EXTRATIVOS

ÁGUA HIGROSCÓPICA



Tubo capilar
de vidro

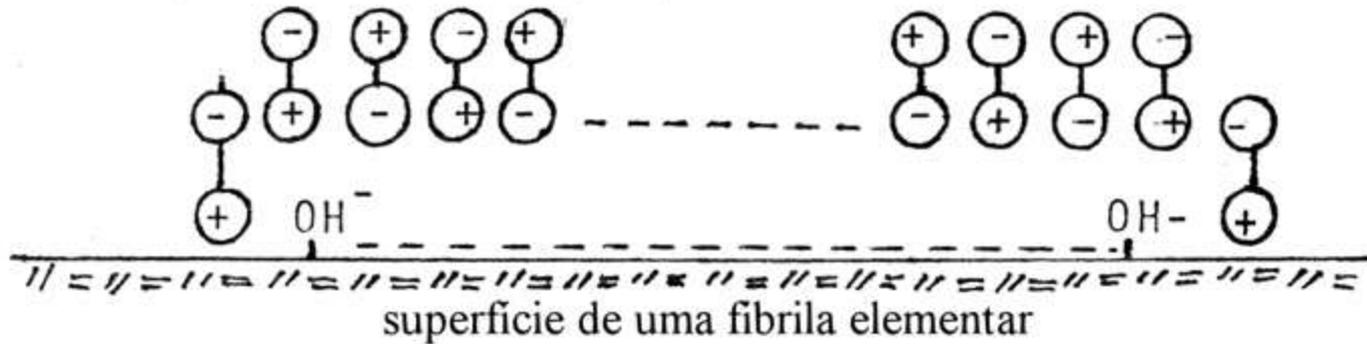
Água



Tubo capilar
de vidro

Mercúrio

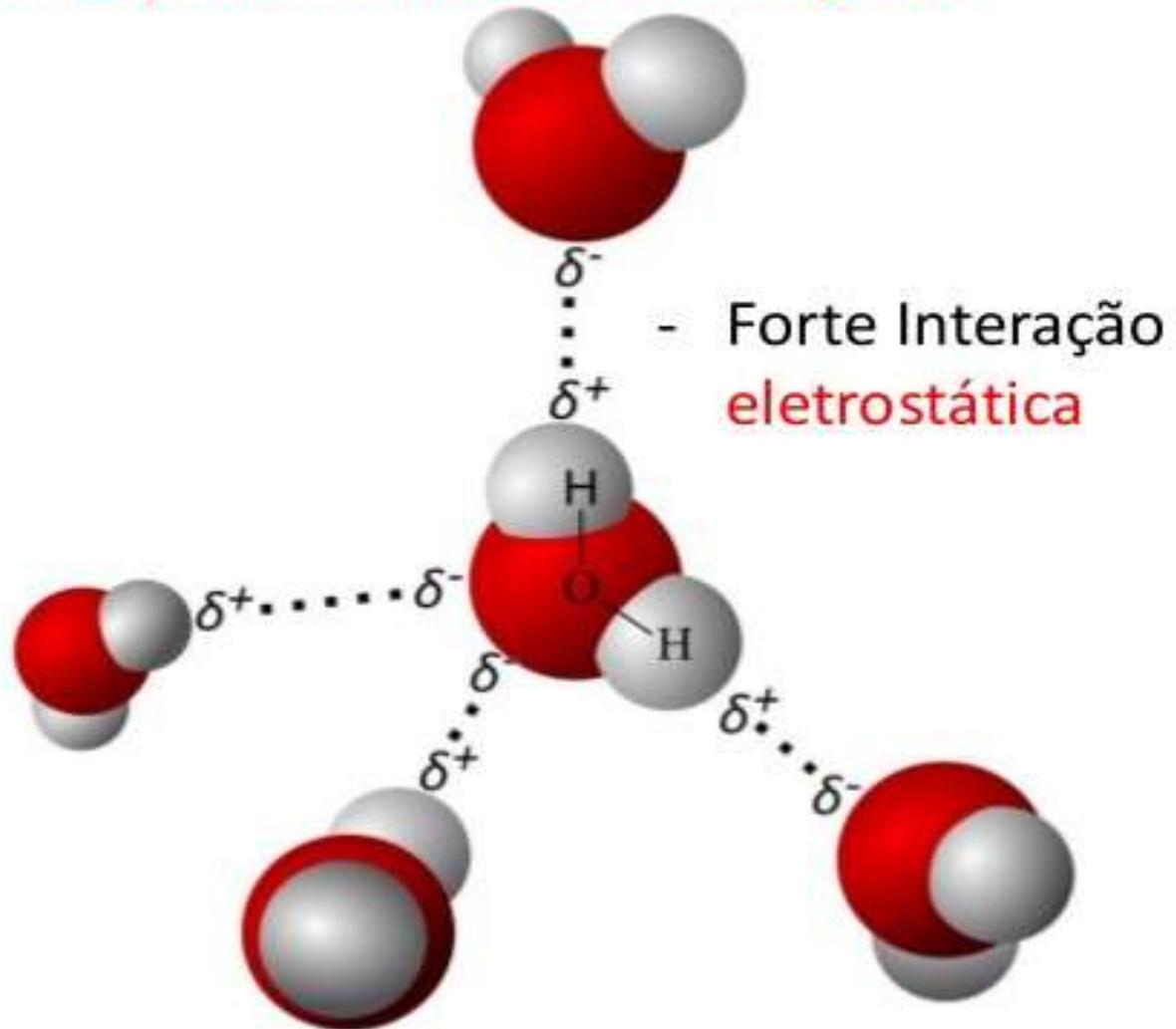
Ligação da água de impregnação na parede celular



3.2-Propriedades da água

#Pontes de
Hidrogênio

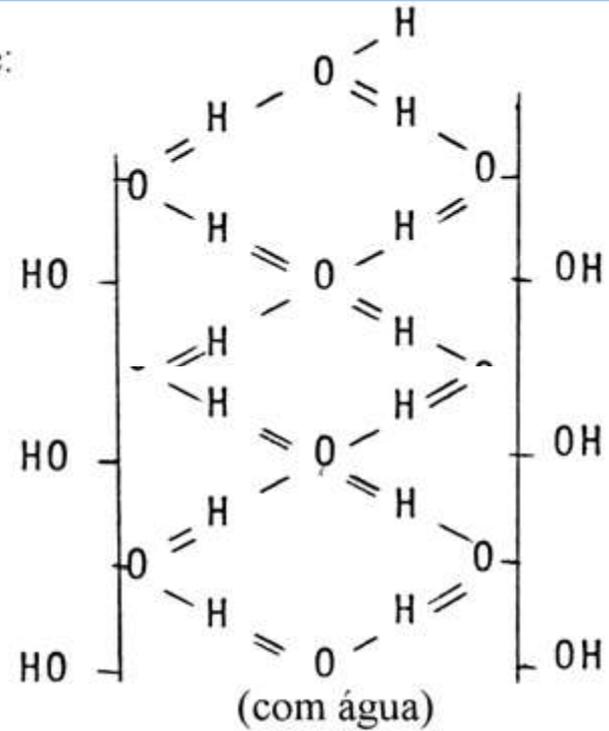
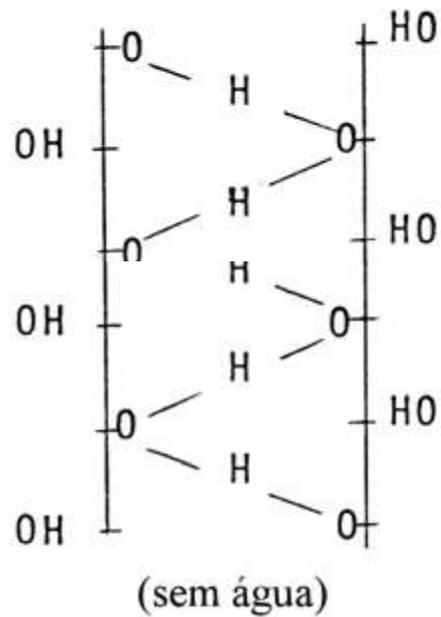
#Coesão



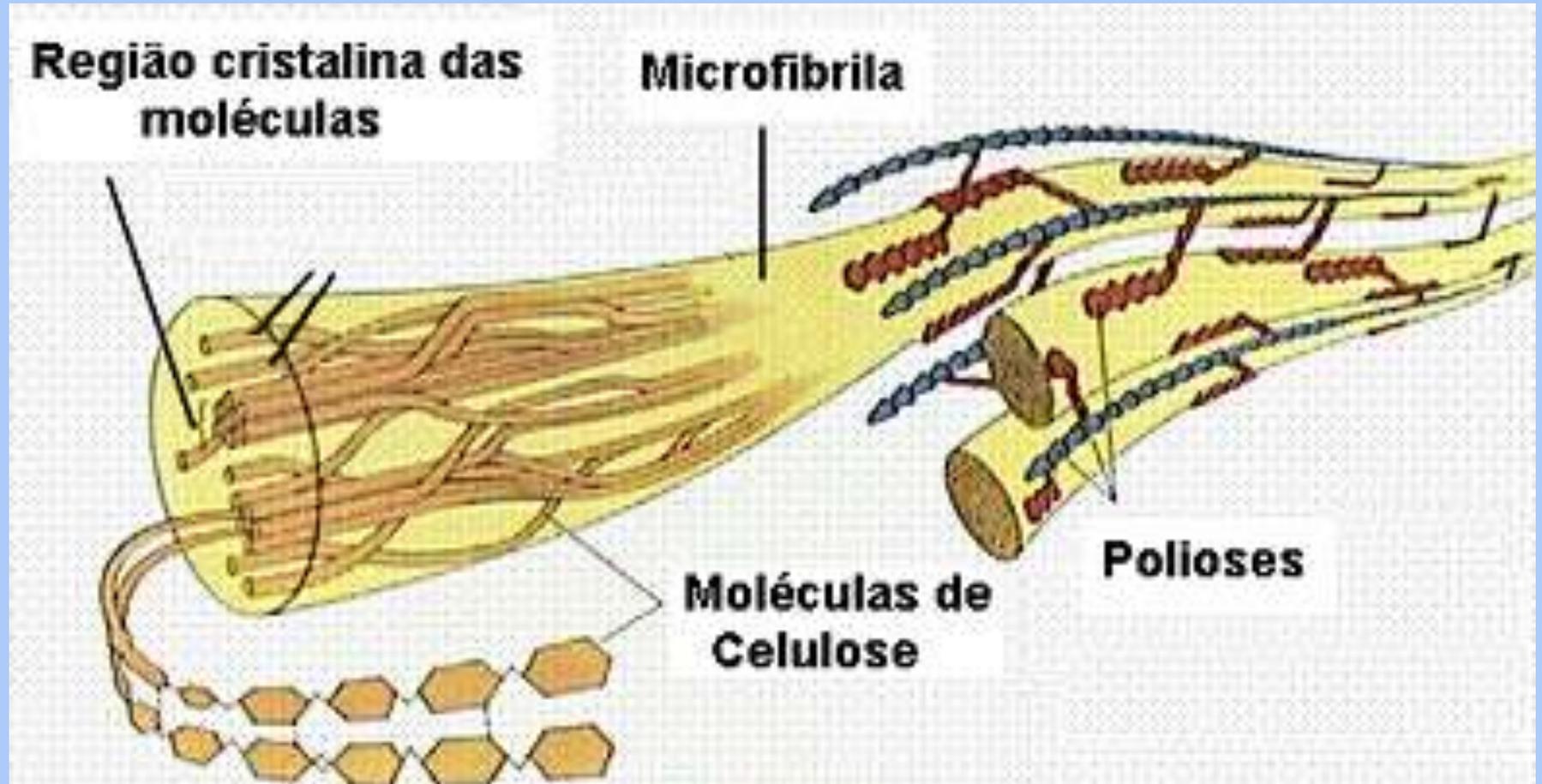
Ligação da água química na parede celular



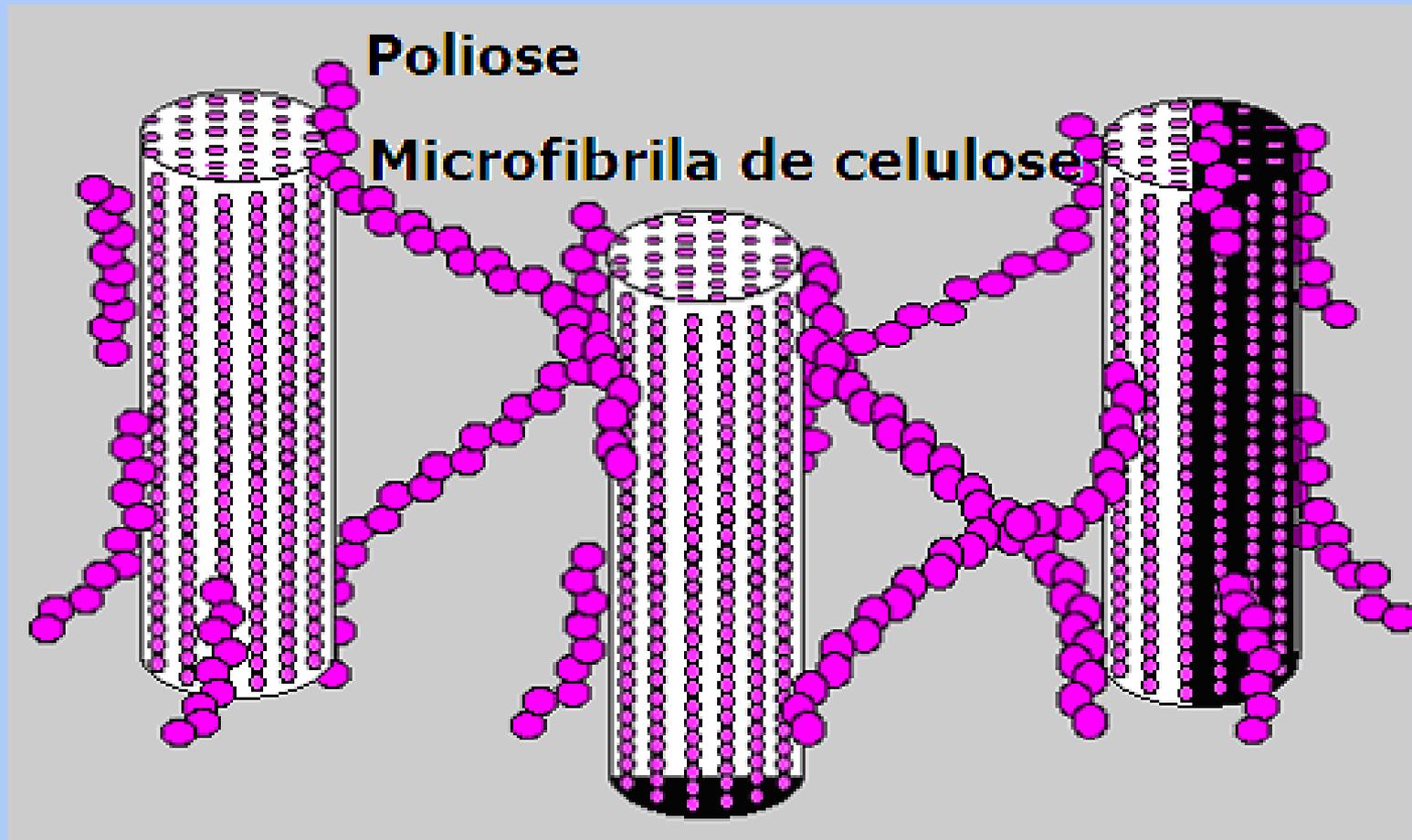
Pontes de hidrogênio entre moléculas de celulose:



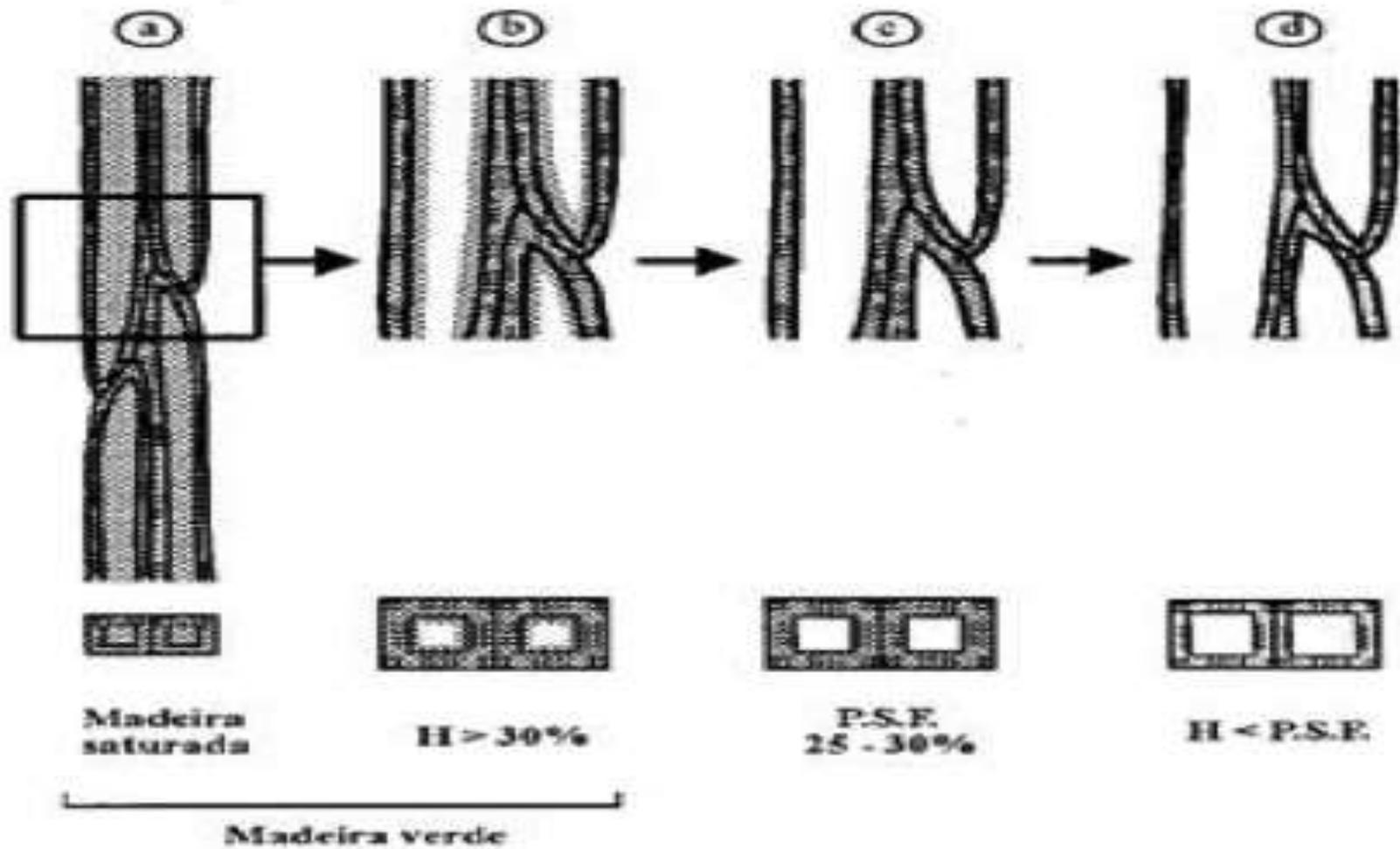
Interação entre as moléculas de celulose



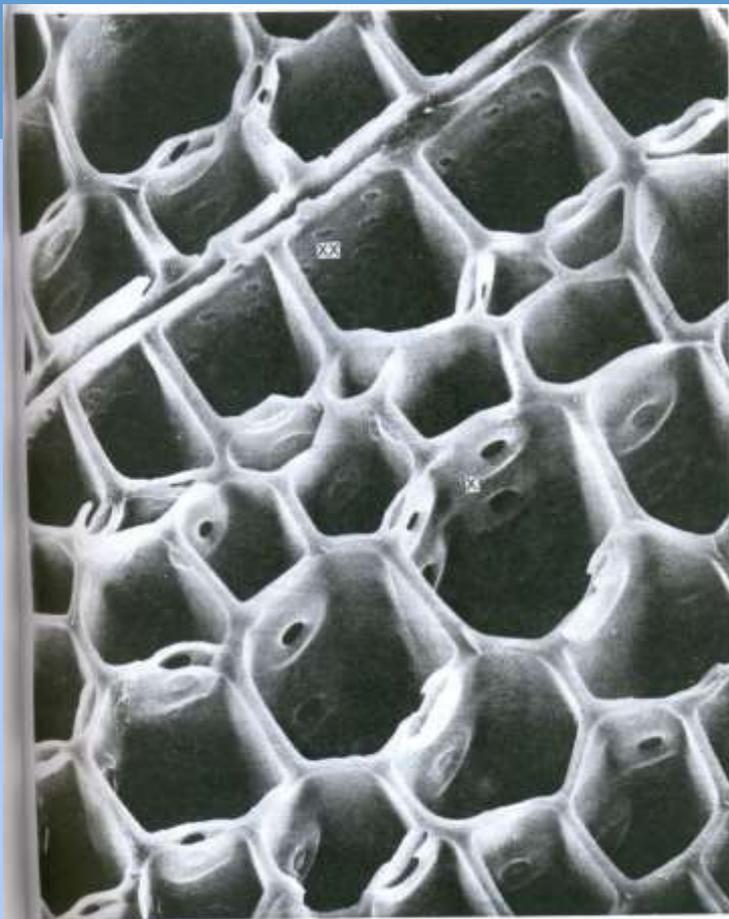
Interação entre as polioses (hemiceluloses) e as microfibrilas de celulose



Localização da água na madeira

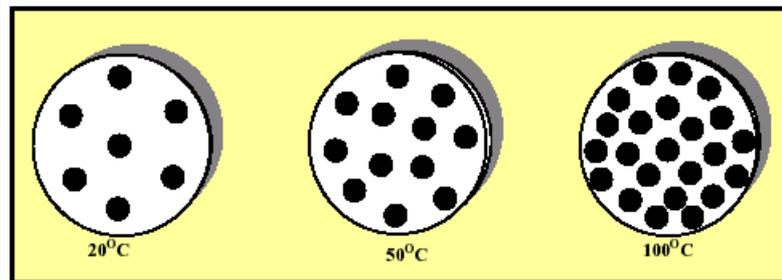


Estrutura da Madeira

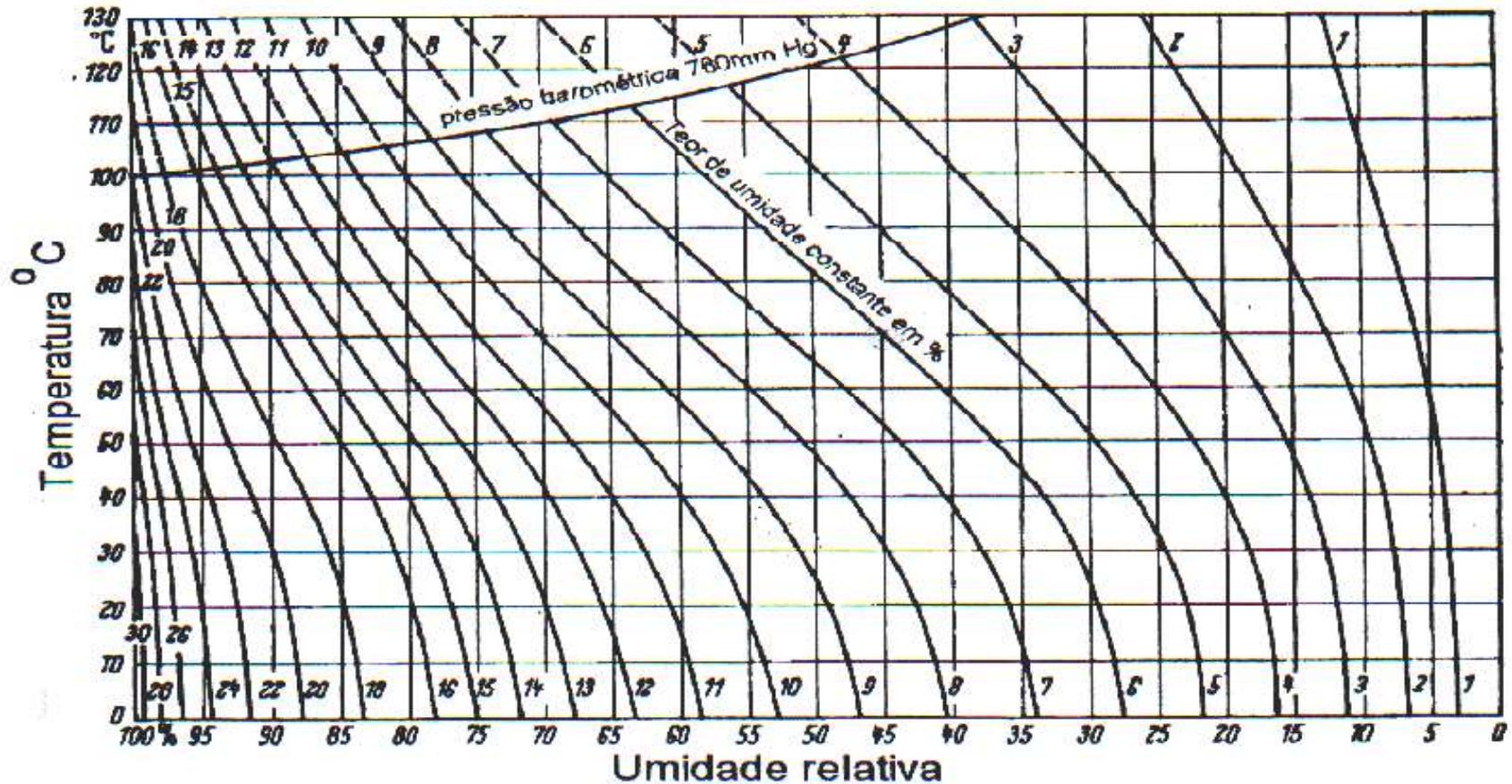


Material higroscópico

FIGURA 08 – REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DA VARIAÇÃO DA CAPACIDADE DO AR EM ABSORVER VAPOR D'ÁGUA NA SUA ESTRUTURA EM MESMO AMBIENTE VARIANDO SOMENTE A TEMPERATURA



Umidade de equilíbrio da madeira



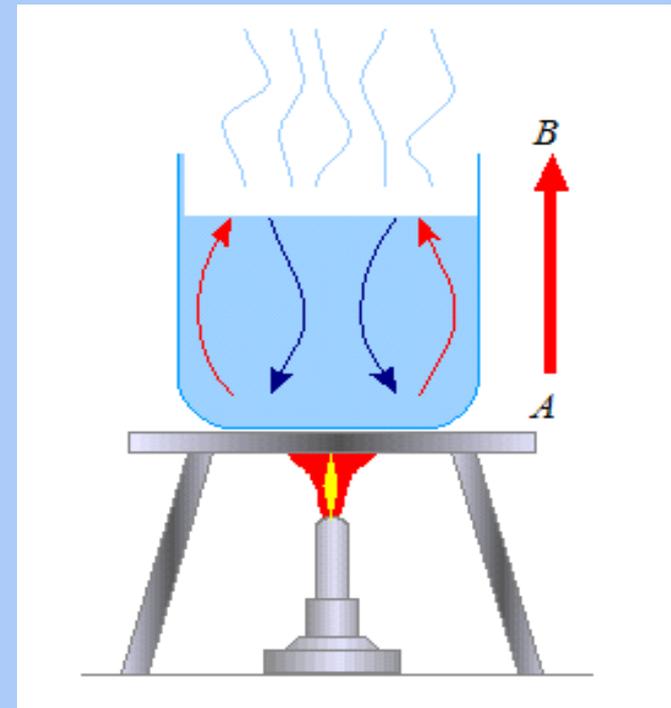
UMIDADE DE EQUILÍBRIO



UMIDADE RELATIVA DO AR

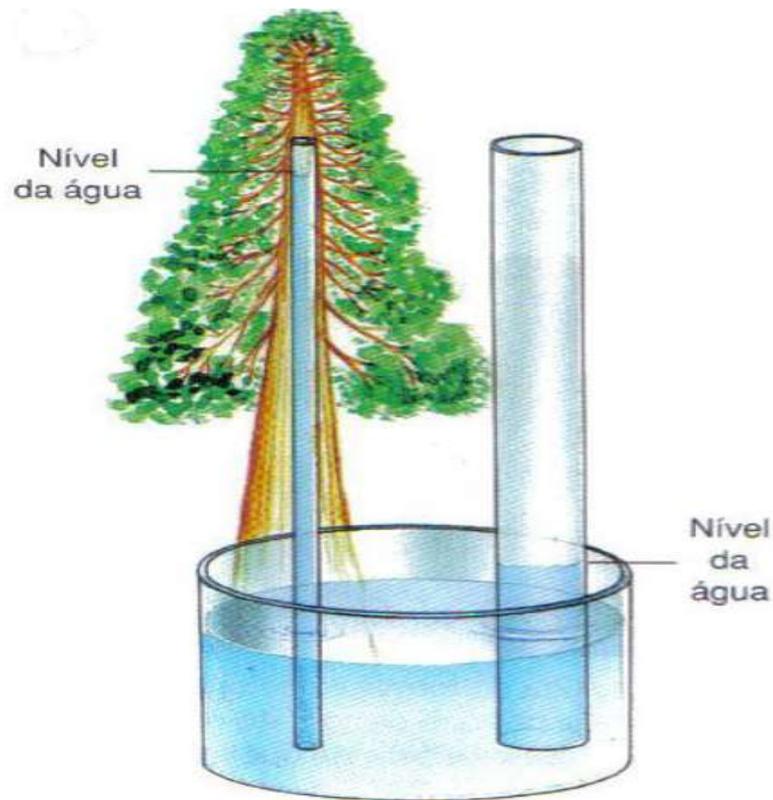
TEMPERATURA	25°C	25°C	25°C
QUANTIDADE DE VAPOR D'ÁGUA	5 g/kg	10 g/kg	20 g/kg
CAPACIDADE	20g/kg	20g/kg	20g/kg
UMIDADE RELATIVA	$5/20 = 25\%$	$10/20 = 50\%$	$20/20 = 100\%$

TEMPERATURA

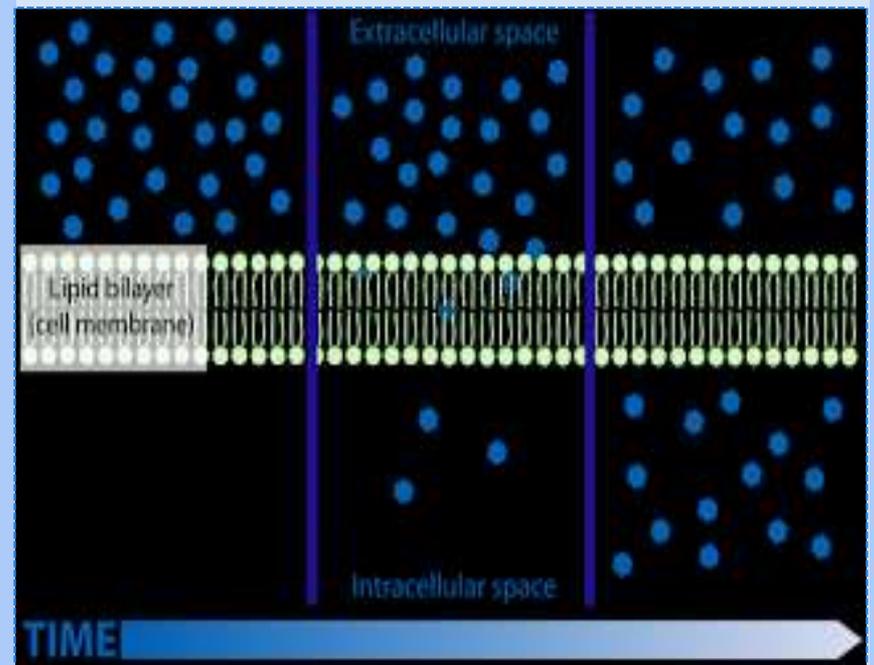


MOVIMENTOS DA ÁGUA

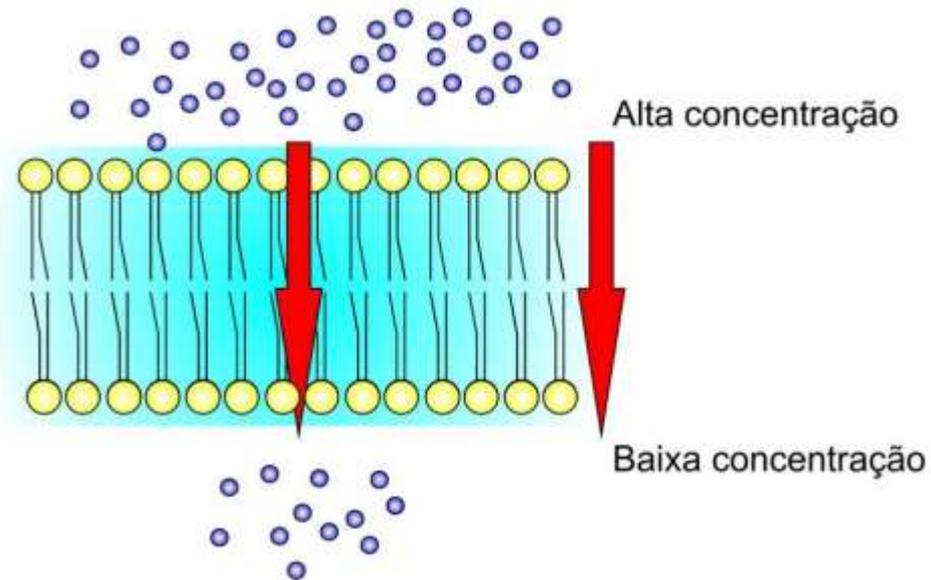
CAPILARIDADE



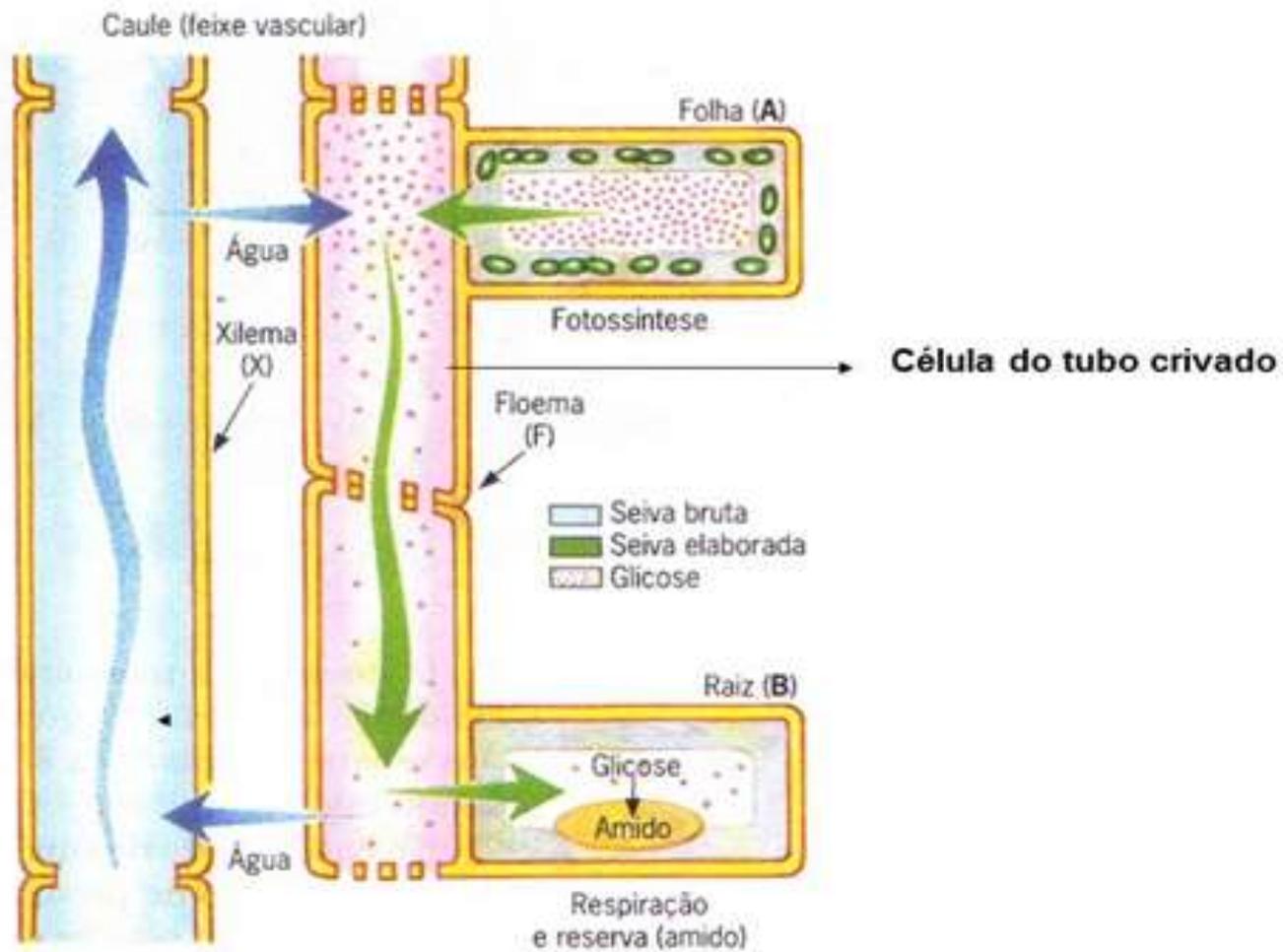
DIFUSÃO



DIFUSÃO



DIFUSÃO+CAPILARIDADE

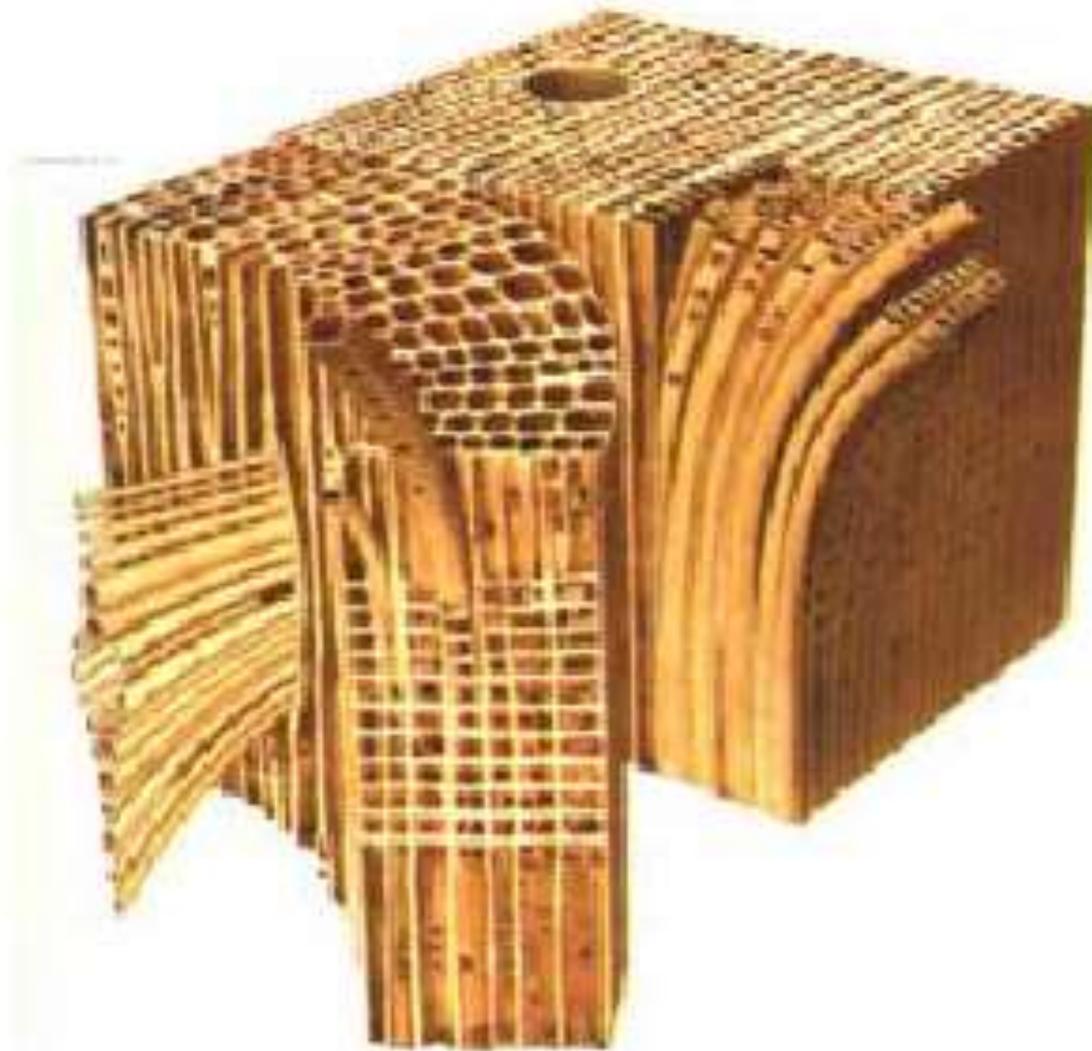


Capilaridade



- Ocorre devido a tensão superficial do líquido e ao raio do menisco
- Quanto menor o raio do menisco , maior será a tensão capilar

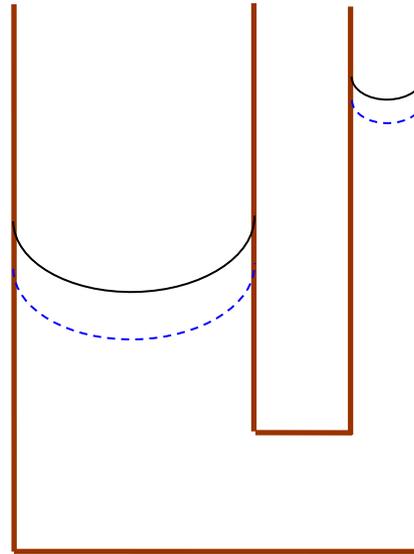
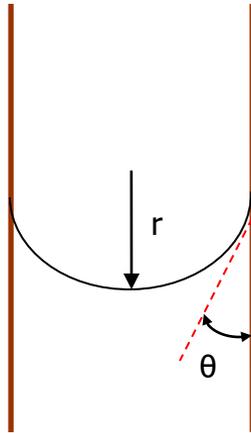
CAPILARES



Movimento capilar

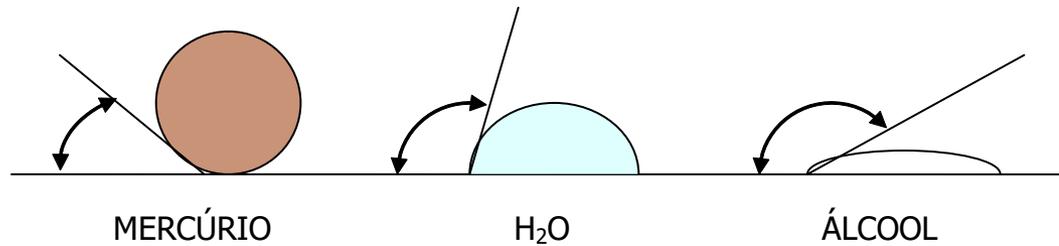


Pela tensão superficial ele se eleva



Precisa – energia p/ evaporar H₂O

Tensão superficial do líquido



LÍQUIDO EM CONTATO
C/ O AR
ÁLCOOL ETÍLICO
ÁGUA
MERCÚRIO

T (°C)

20

TENSÃO SUPERFICIAL
(DIN CM⁻¹)

22,3

72,8

63,1

LEI HAGEN-POUSEUILLE



Num capilar cheio, o movimento da água capilar é produzido pelas diferenças em tensão devido as forças existentes na superfície do menisco dentro do capilar.

Esta tensão "T", num menisco balanceado dentro de um capilar de raio "r" pode ser determinada através da equação abaixo:

$$TC = H.d = (2\sigma/d.r)d =$$

$$\mathbf{TC = 2 \sigma / r}$$

Onde:

TS = tensão superficial g/cm³

TC = tensão capilar, g/cm³

H = altura de ascensão do líquido no capilar em, cm

d = densidade da água, g/cm³

r = raio do capilar, cm

σ = tensão superficial do líquido, g/cm

Difusão



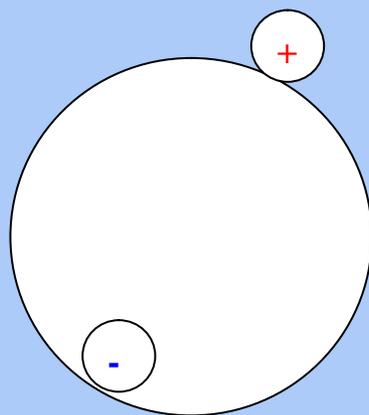
- Ocorre devido a um gradiente de umidade
- Regido pela 2ª. Lei de Fick:
- $dm/dt = Dg(d^2.M/dx^2)$
- Onde:
- dm/dt = quantidade de umidade removida (m) na unidade de tempo (t)
- Dg = coeficiente de difusão médio (cm^2/s)
- $(d^2 M/dx^2)$ = variação da umidade na distância (x).

DIFUSÃO

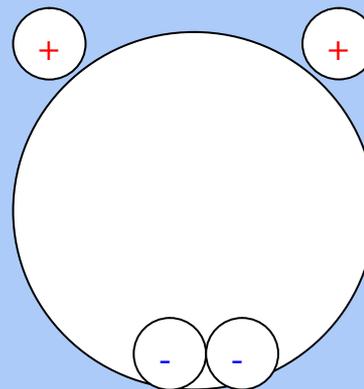


- Três caminhos:
 - Parede – cavidade – parede – superfície
 - Parede – superfície
 - Cavidade - Superfície

Ligação de água na parede: forças elétricas polares



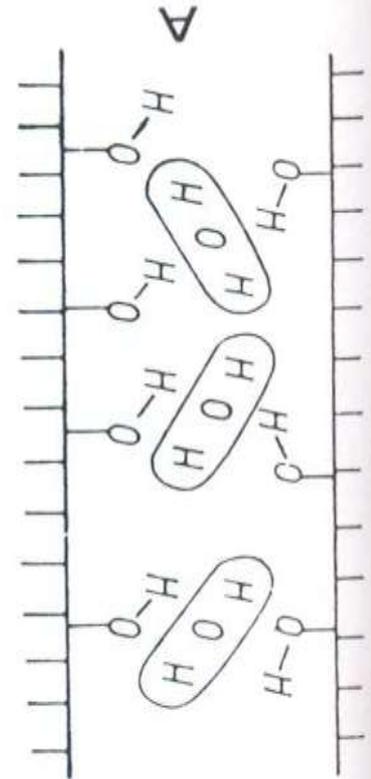
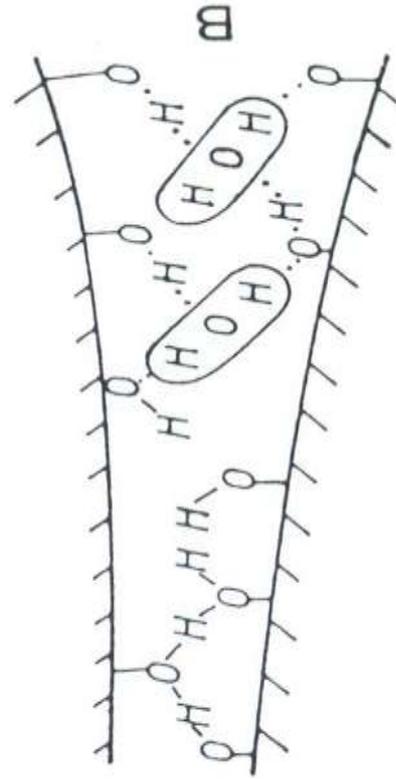
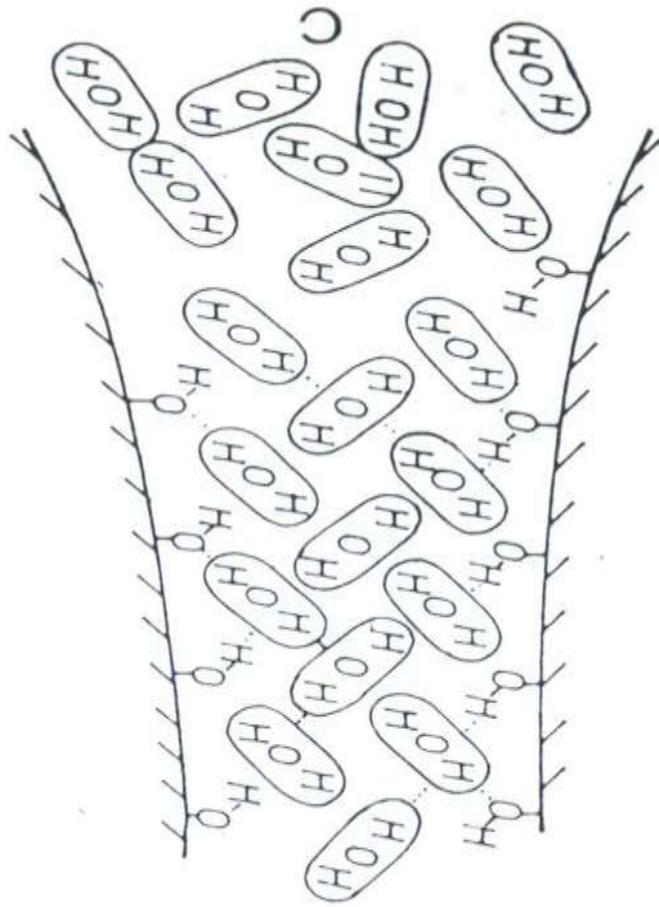
HIDROXILA (OH)



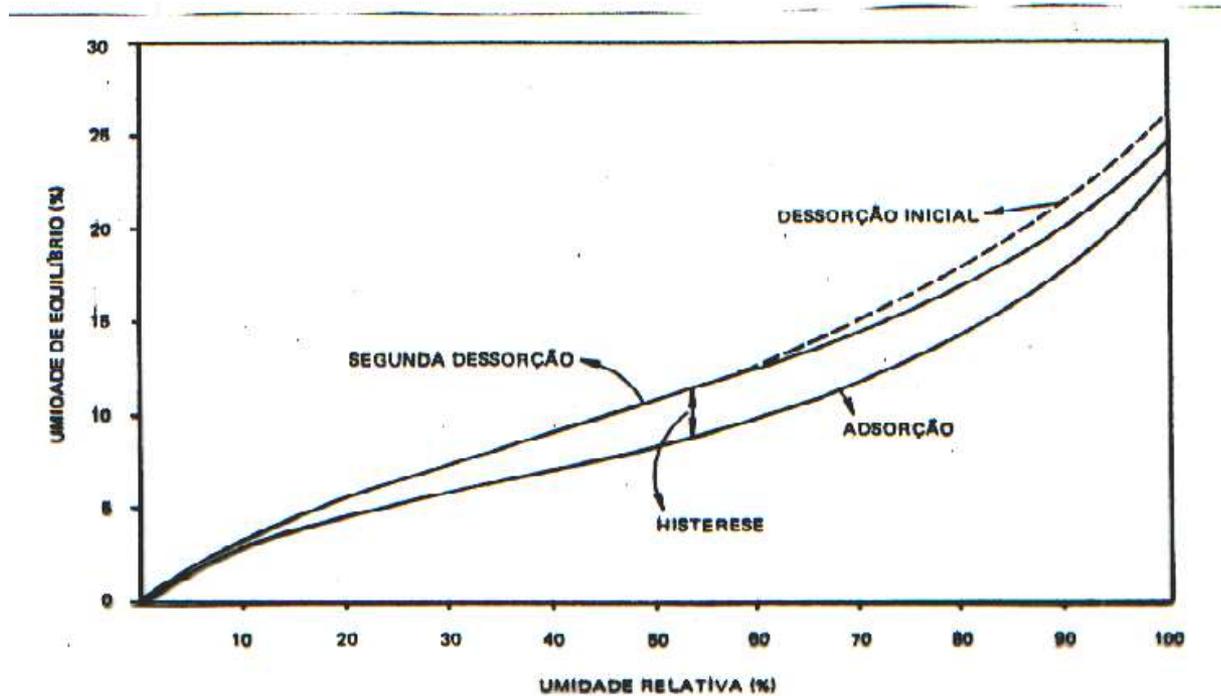
MOLÉCULA DE H₂O

Forças polares

Ligação de água na parede: pontes de hidrogênio



Histerese

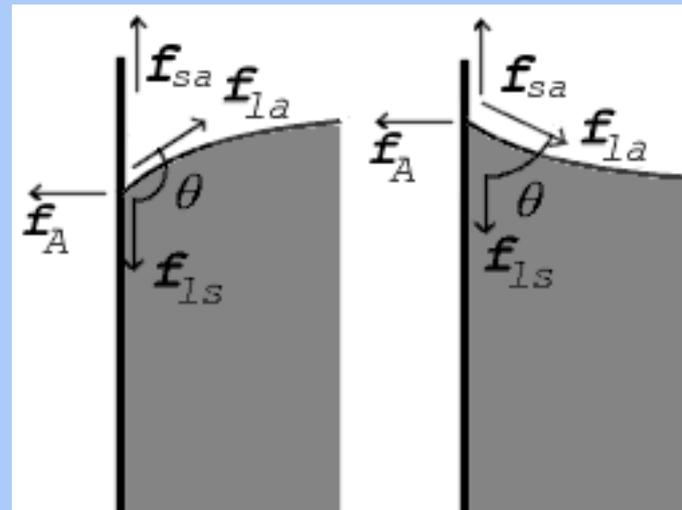


CAUSAS DA HISTERESE



- Paredes dos capilares secas na absorção subsequente
- Formação de pontes de hidrogênio irreversíveis na secagem

CAUSAS DA HISTERESE



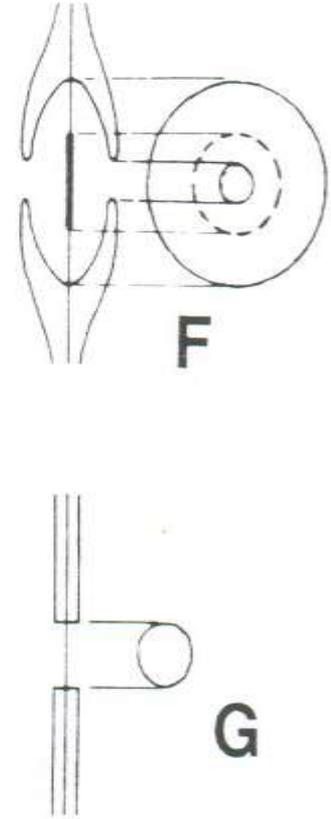
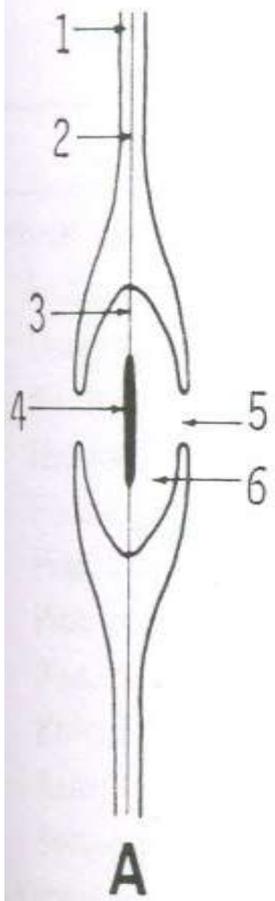
Defeitos que ocorrem acima do PSF



- **Aspiração de pontuações (coníferas)**
 - ✦ Reduz a permeabilidade da madeira

- **Colapso da Madeira (folhosas)**
 - ✦ Causa deformações, achatamento das células e gretas alveolares

ASPIRAÇÃO DE PONTUAÇÕES



Colapso na Madeira



COLAPSO EM MADEIRAS

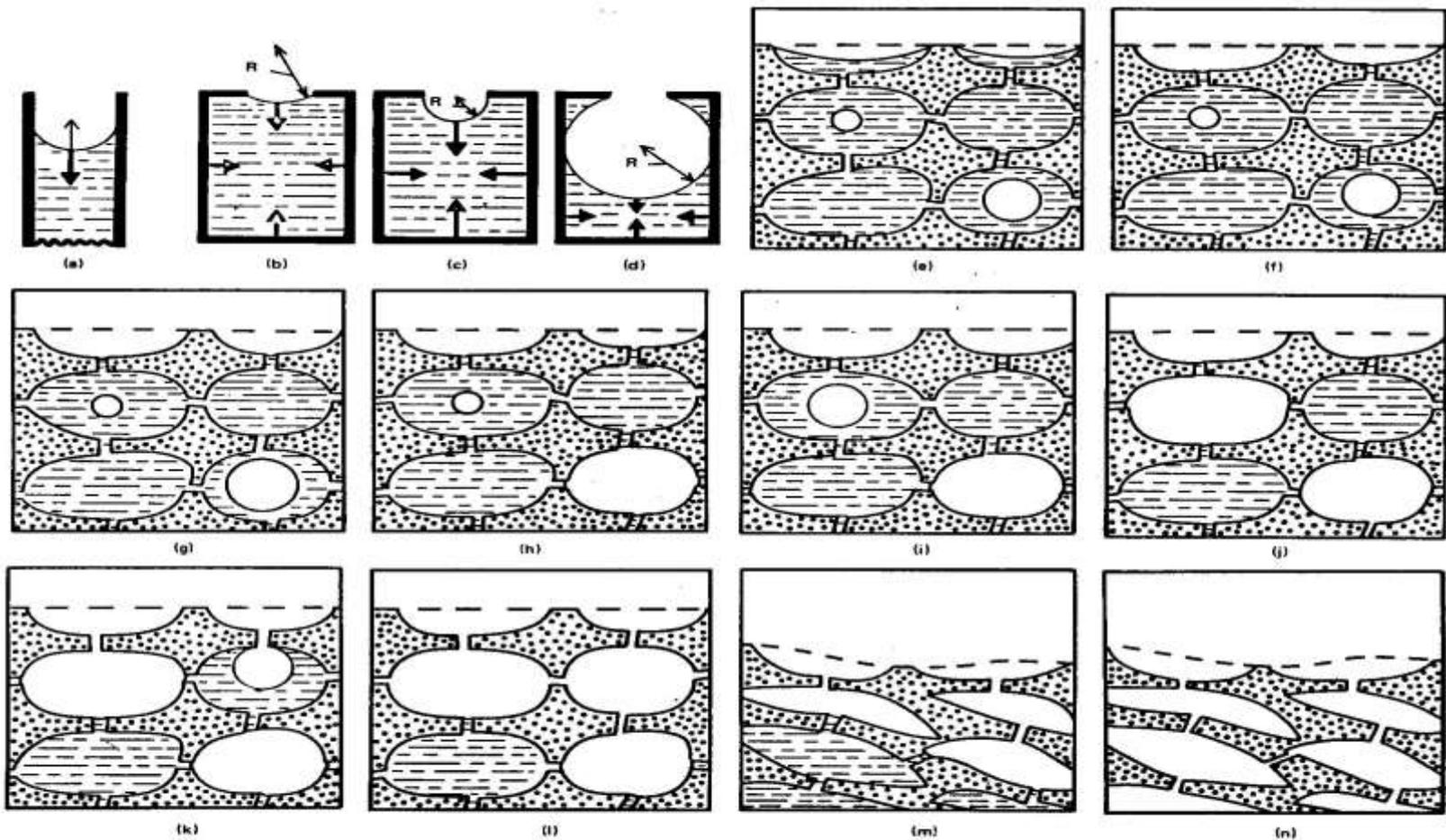


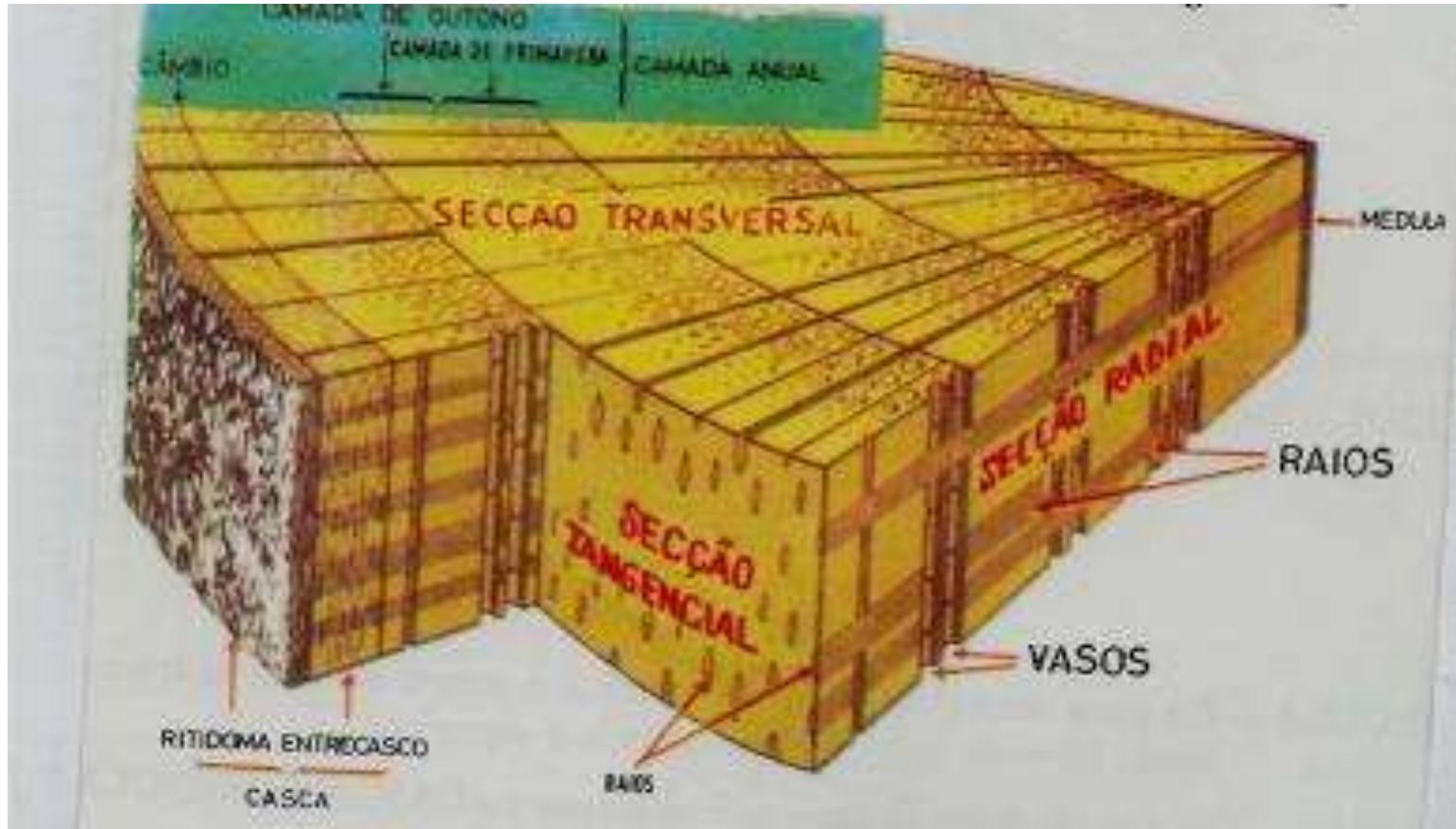
Fig. 20 Ilustra a evaporação da água capilar da madeira (original de Skar 1964).

ANISOTROPIA

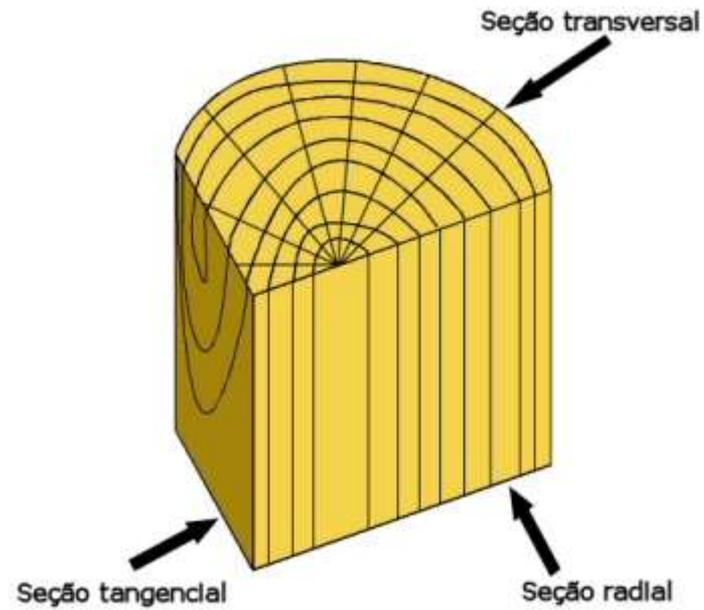


- De contração e de inchamento
- AC= contração tangencial/contração radial
- Ai= inchamento tangencial/inchamento radial
- **Tangencial > radial >> longitudinal**
2 : 1 : 0,1

Eixos da madeira



Eixos da Madeira

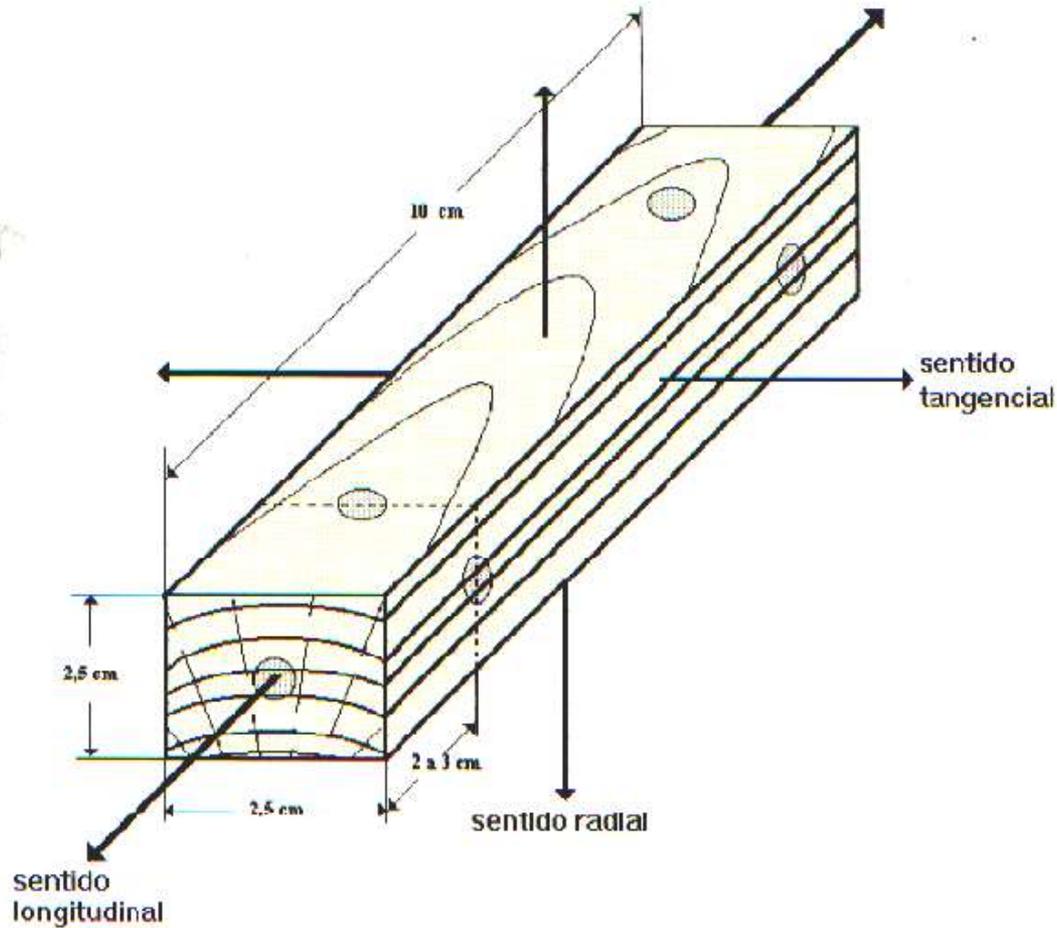


ANISOTROPIA - CAUSAS

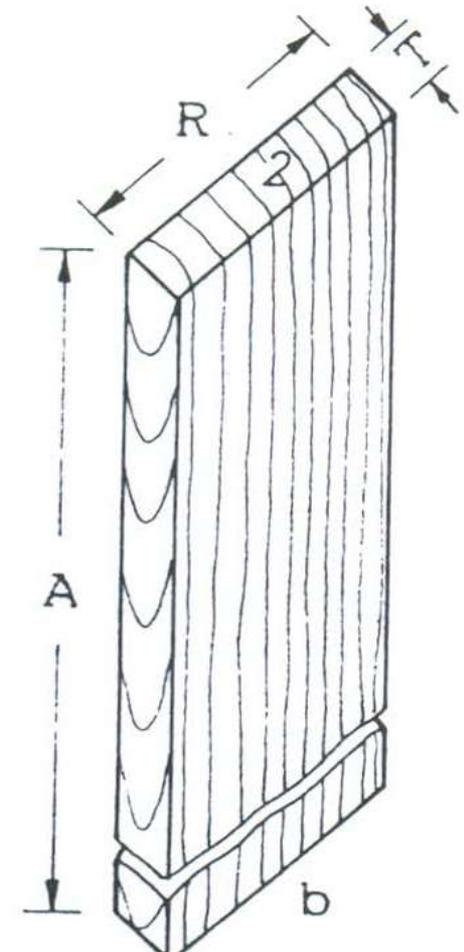
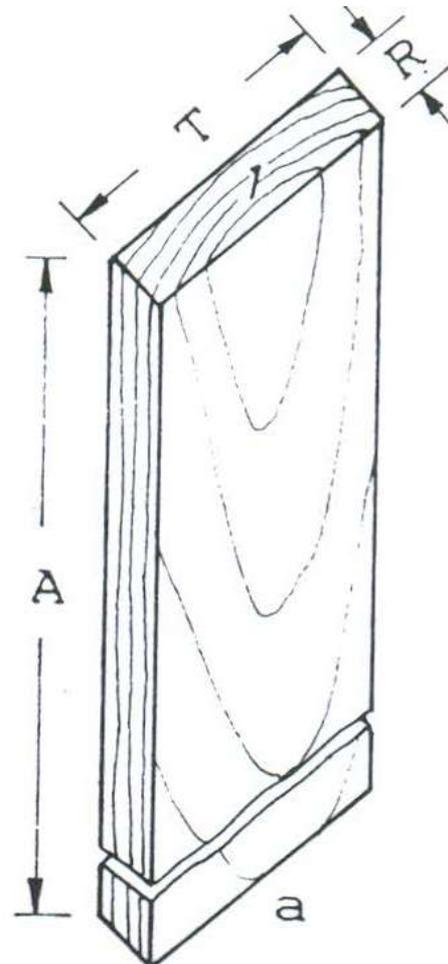
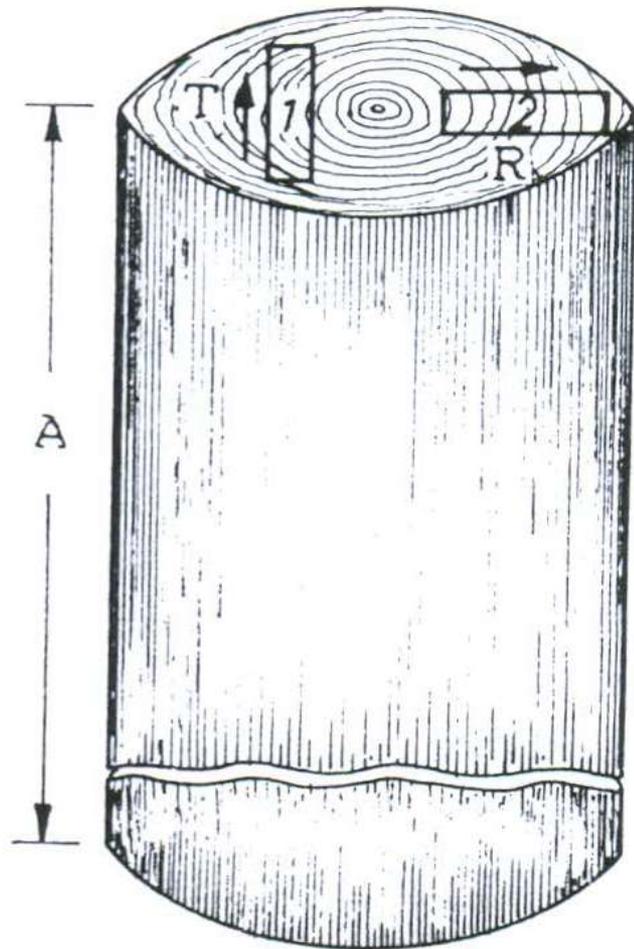


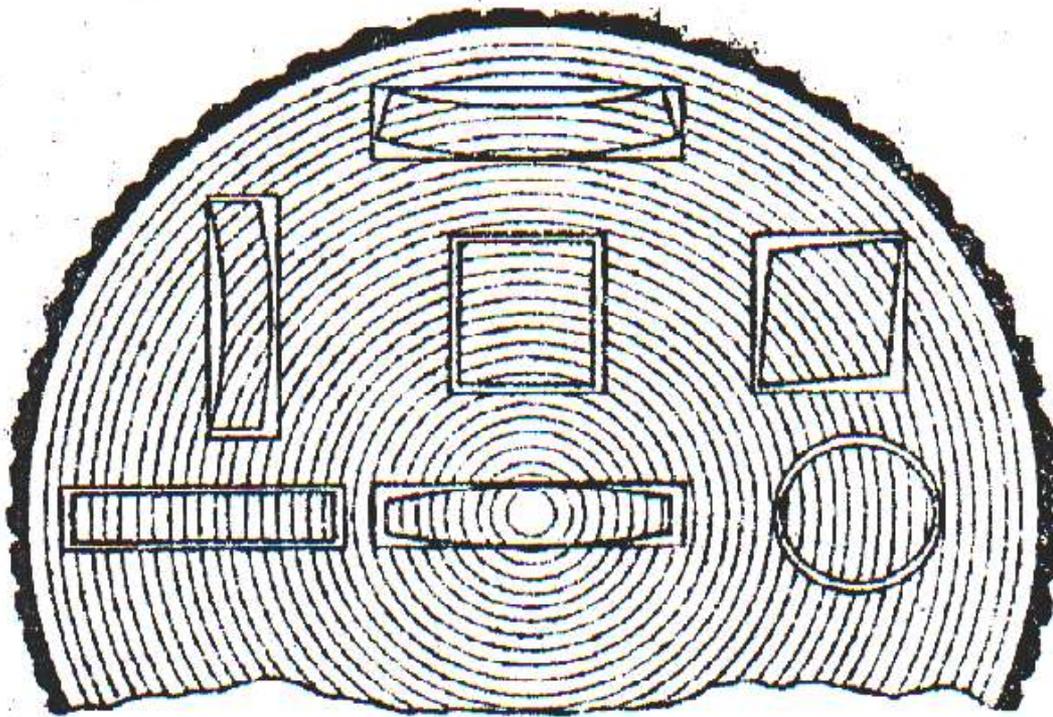
- **No sentido longitudinal:**
 - Regiões cristalinas e amorfas
 - Menor número de paredes no sentido longitudinal
- **No sentido tangencial versus radial:**
 - Alternância entre lenho tardio e lenho inicial
 - Raio orientado perpendicularmente ao eixo da árvore
 - Maior número de pontuações nas paredes da face radial

Eixos da Madeira e aplicações práticas

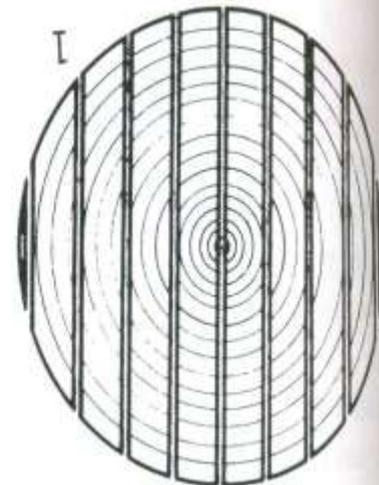
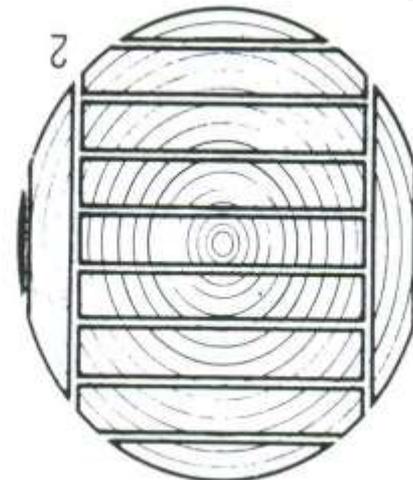
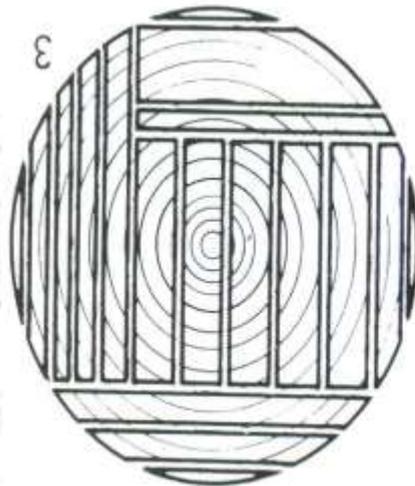
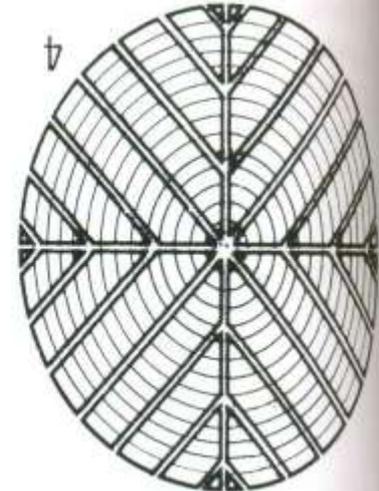
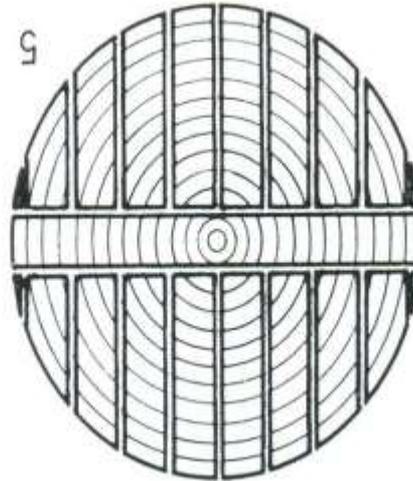
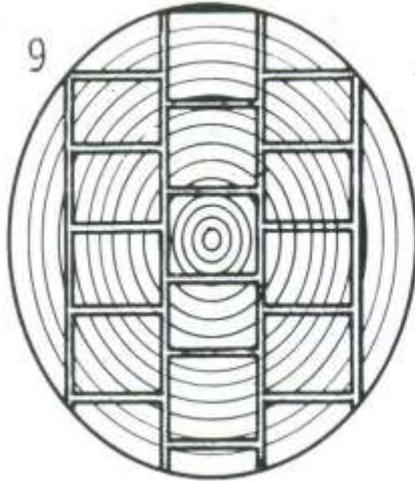


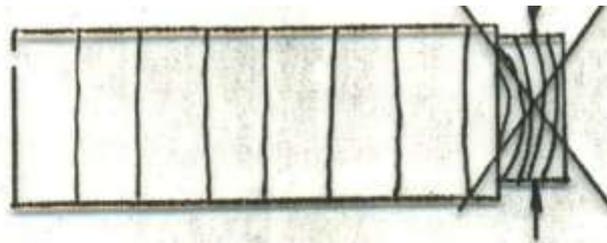
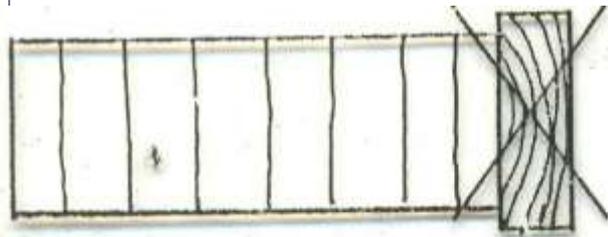
Cortes tangenciais e radiais



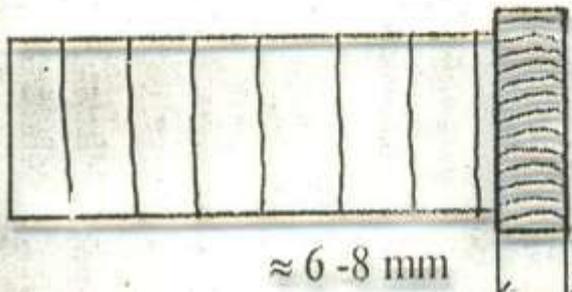


TIPOS DE CORTES

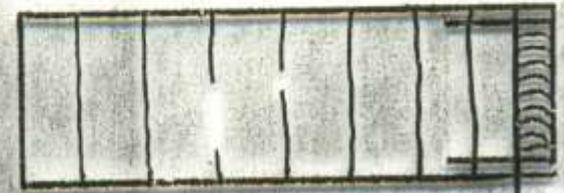
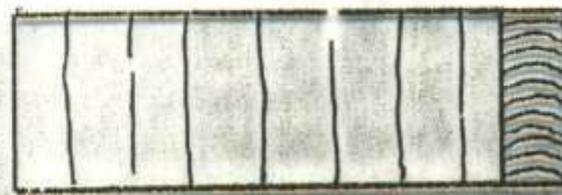




Colagem de bordas

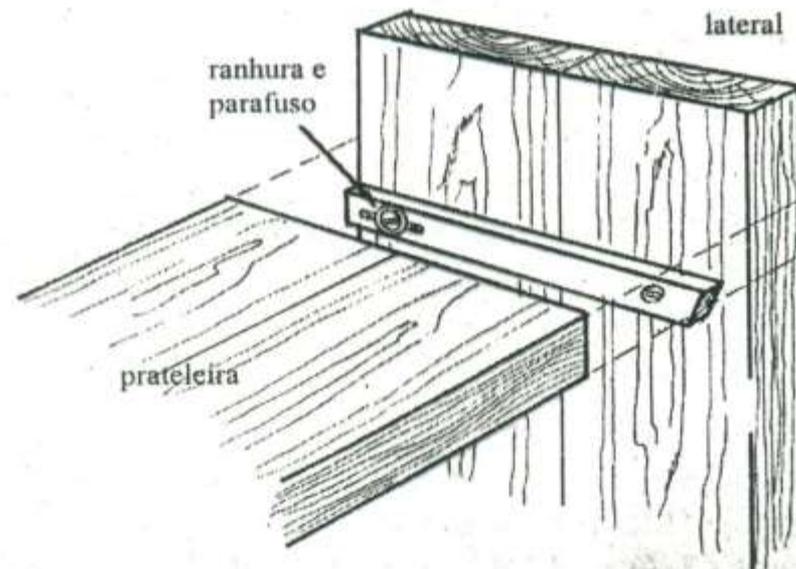
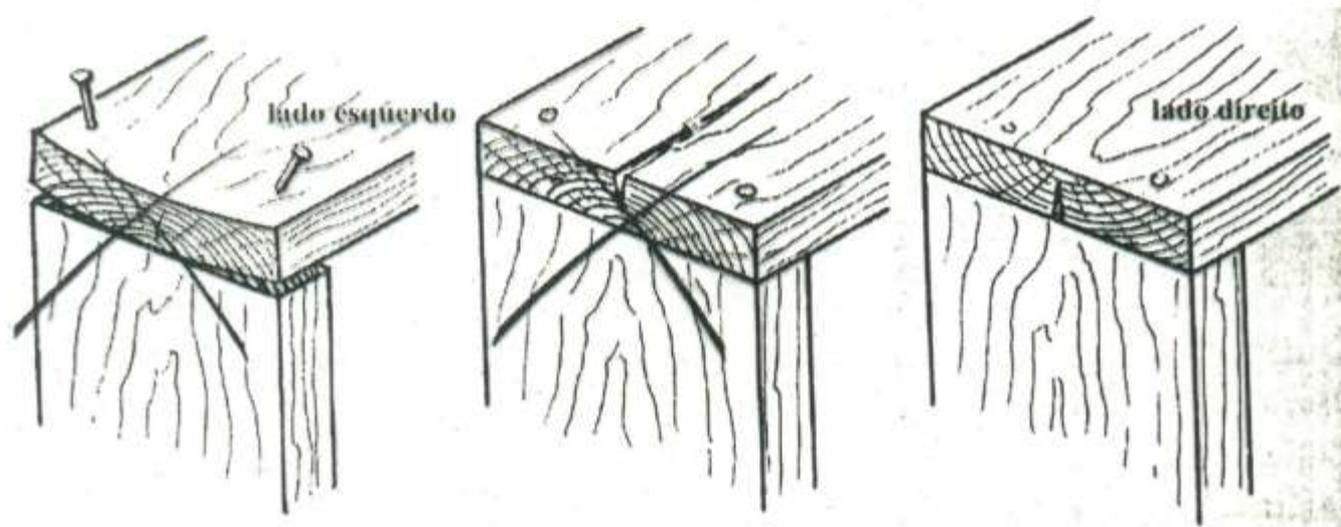


≈ 6-8 mm



4 - 5 mm

Prevenções construtivas para diminuir os efeitos do trabalho da madeira



**Nunca colar a ripa!
Explique o porquê!**

