

# ESTRUTURAS METALICAS E DE MADEIRAS - PEF 2402

Prof. Dr. Pedro A. O. Almeida

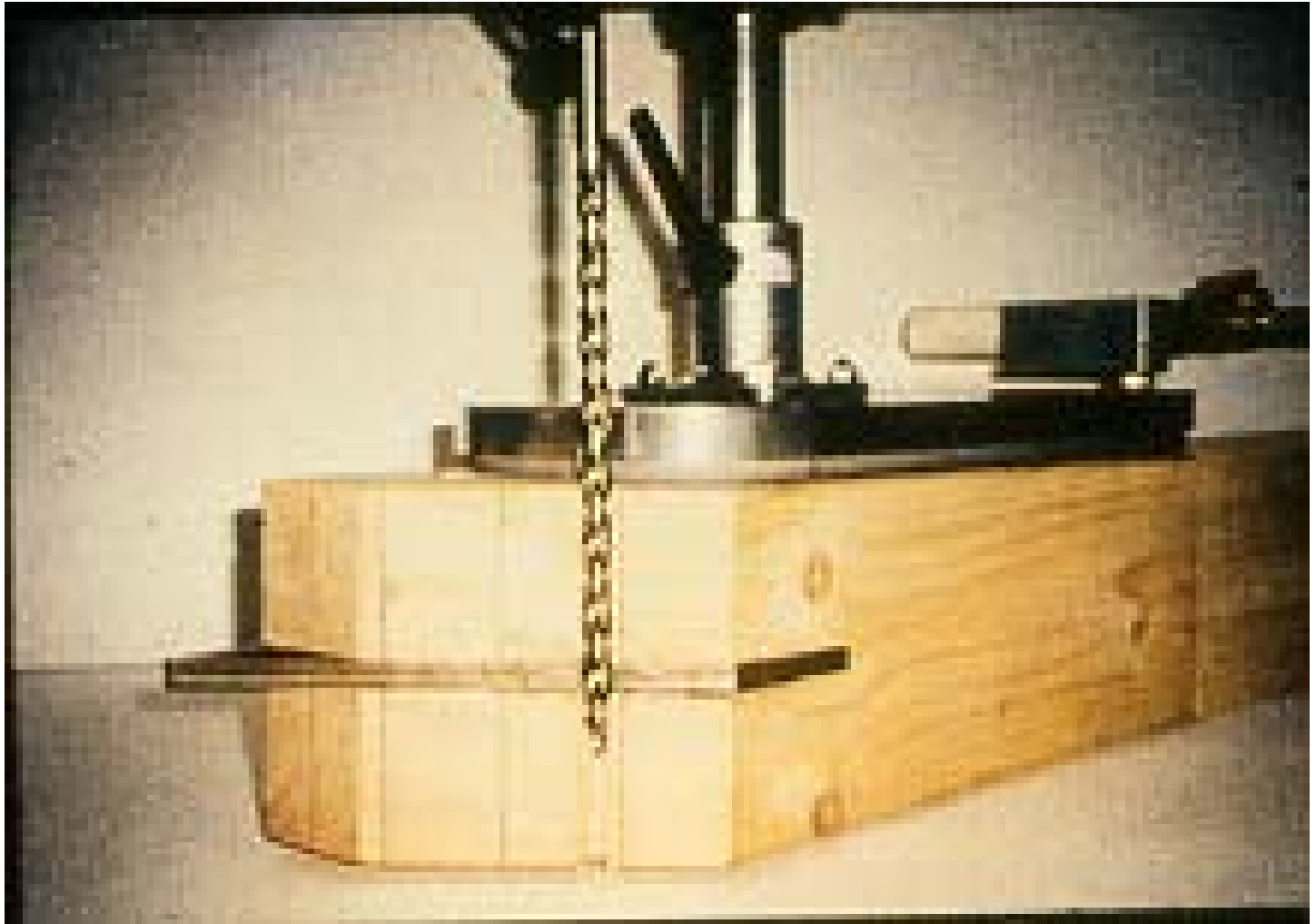
# Conectores



# Pinos para ligações alta resistencia



# Chapa de ligação interna



# Nó de treliça – chapa interna



# Nó de treliça – chapa prego interna



# Ferramentas para ligações com parafuso auto atarraxante



# Ligações de vigas com chapa metálicas fixadas por parafusos





# Mesa de montagem de treliças de madeira com chapa metálica



# Viga laminada colada



# Arranjo misto com madeira-aço-concreto



# Arranjo misto pilar-treliça



# nó de pórtico - MLC

MLC: madeira laminada colada

Ligação com chapa de dentes estampados



# Arranjo Pórticos triarticulados (a)



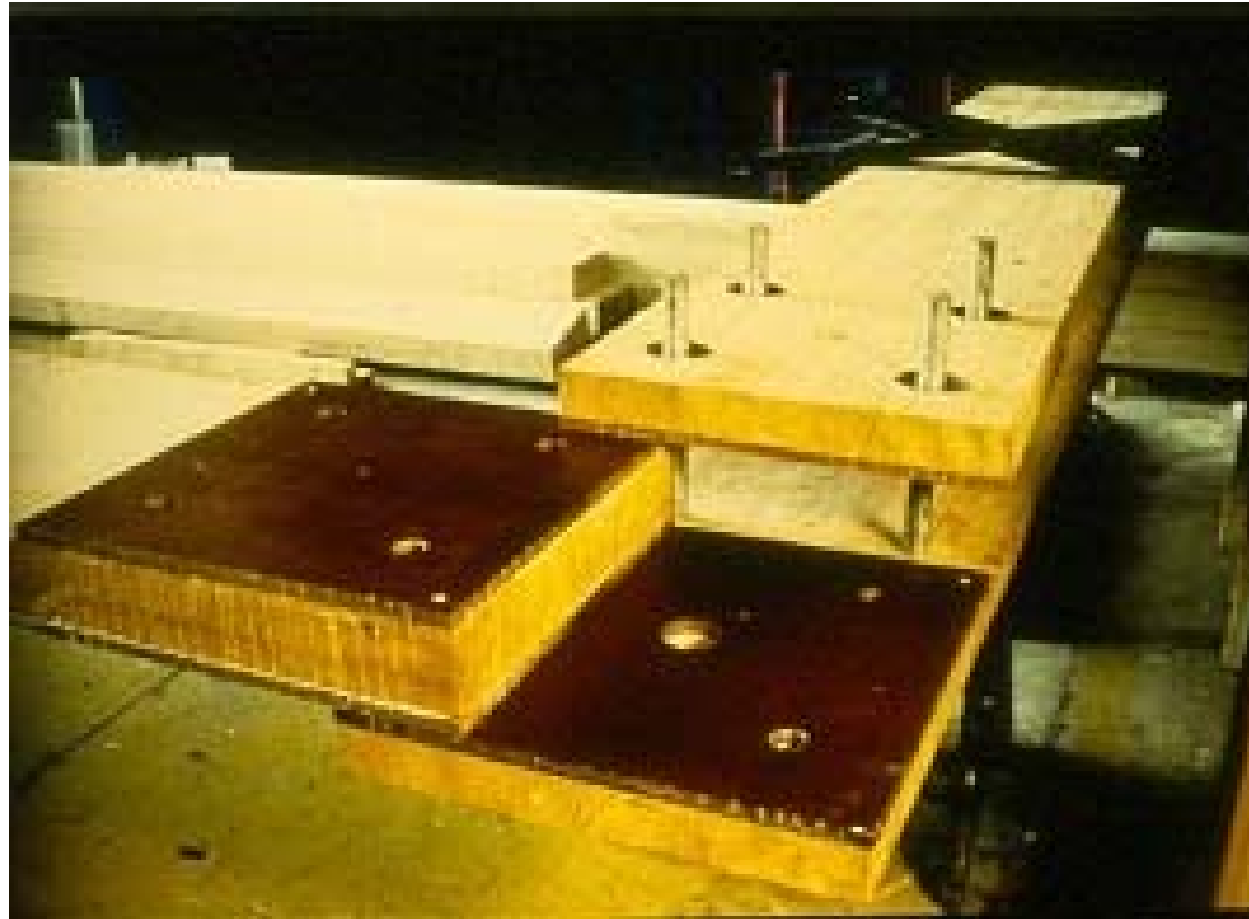
MLC

# Arranjo Pórticos triarticulados (b)



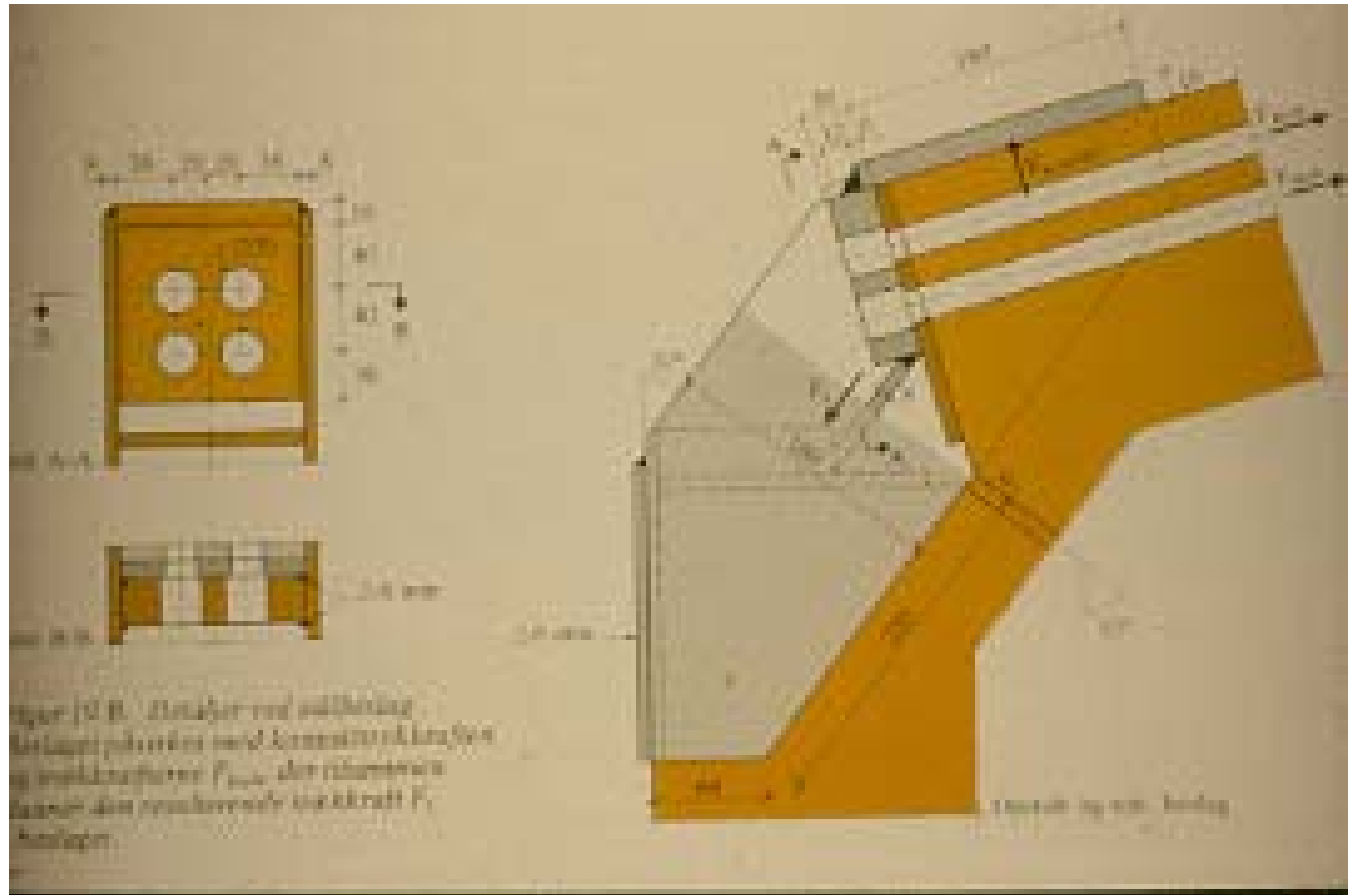
apoios  
metálicos

# Nó de pórtico - madeira densificada

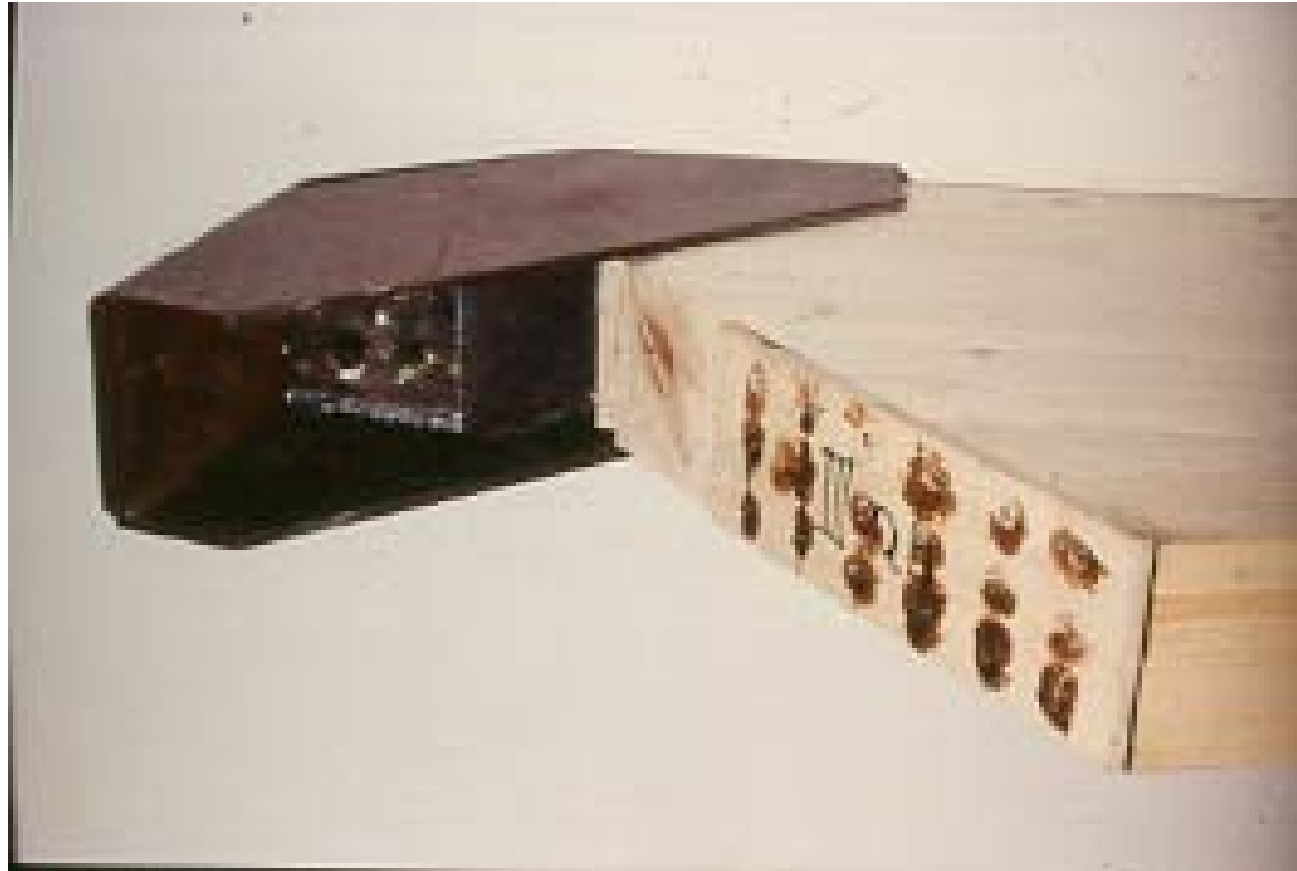




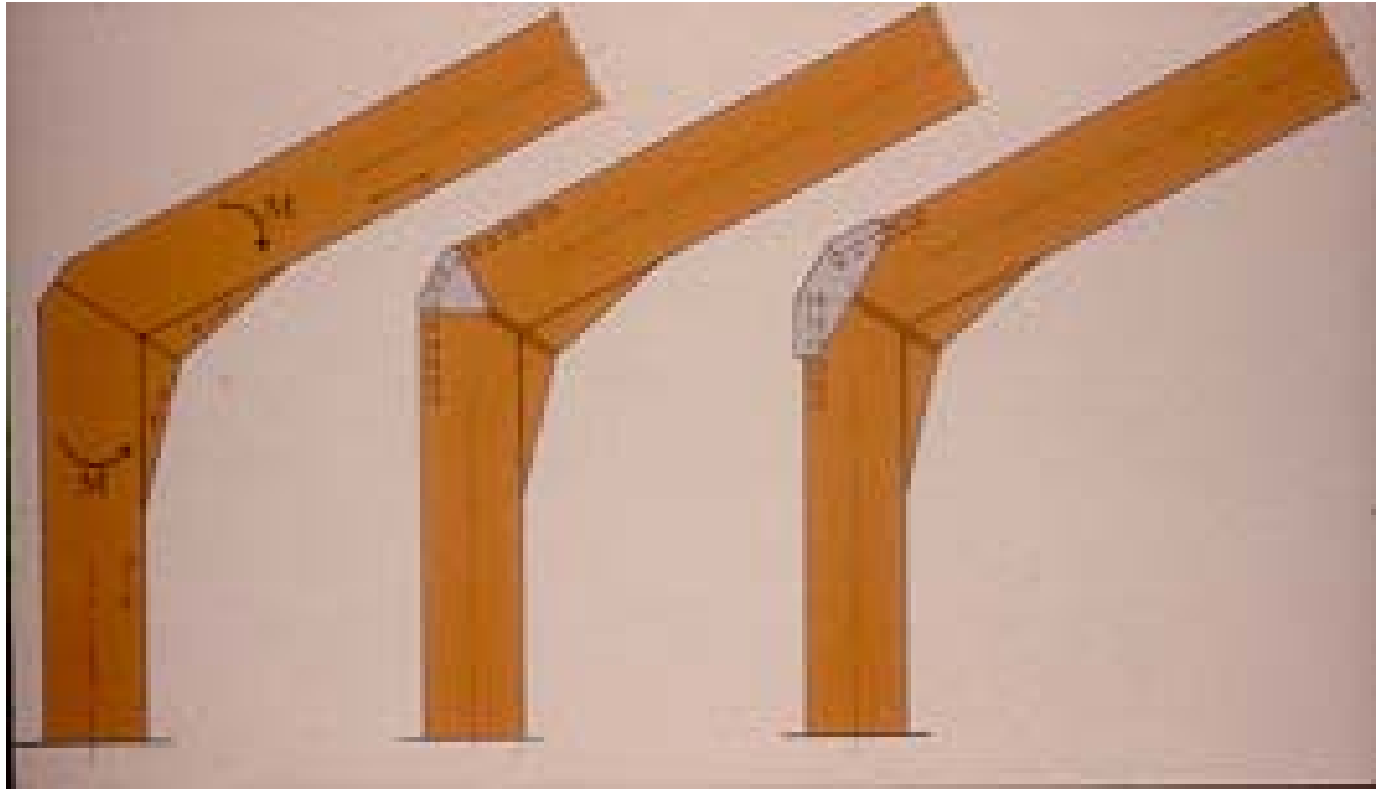
# Nó de pórtico misto



# Nó de pórtico misto



# Arranjo nó de portico MLC



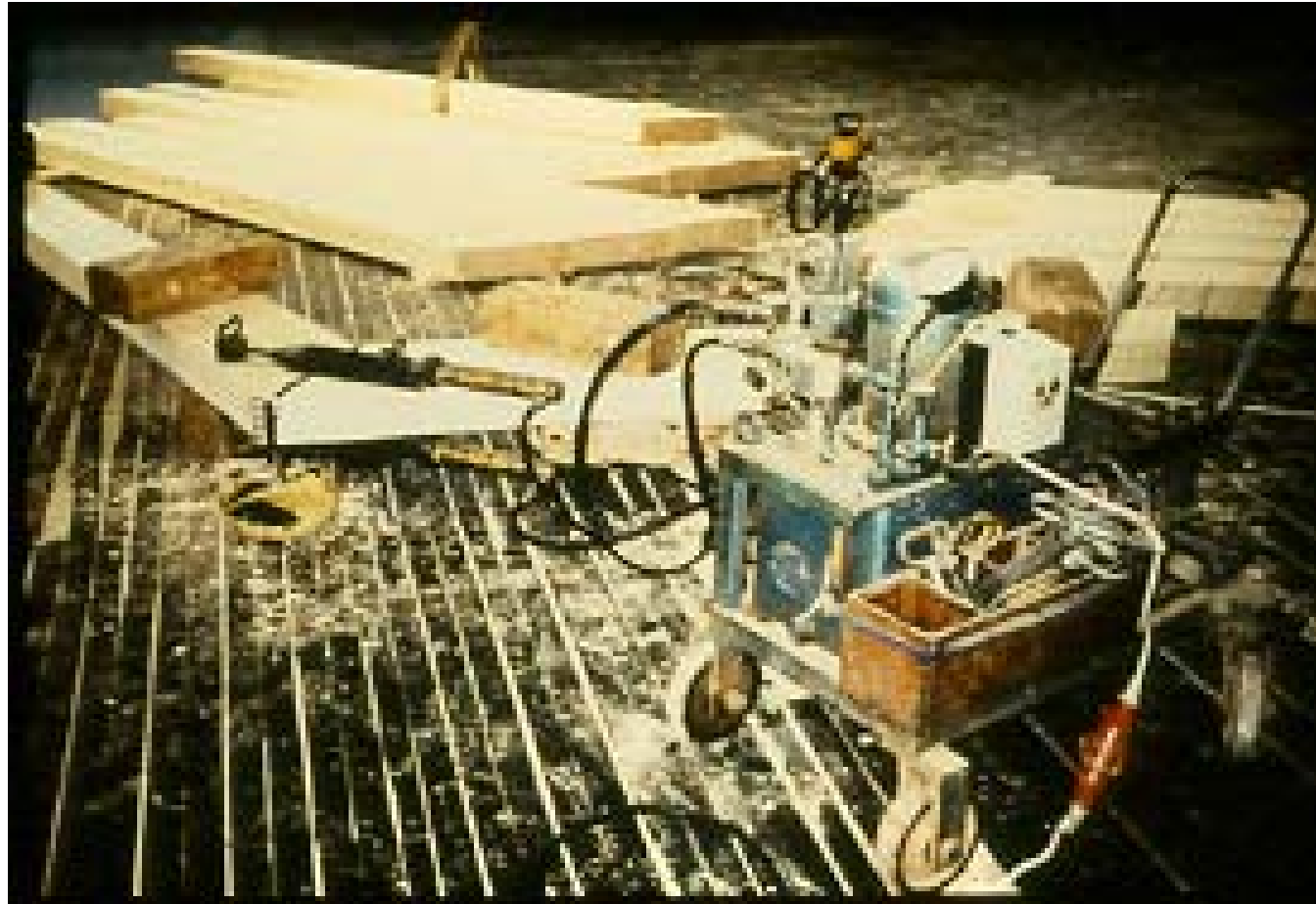
# Nó de pórtico



# Nó de pórtico – finger joints



# Nó de pórtico - montagem



# Nó de pórtico – MLC





# Nó de pórtico montagem MLC



# Nó de pórtico – finger joints



# Pórtico triarticulado - montagem









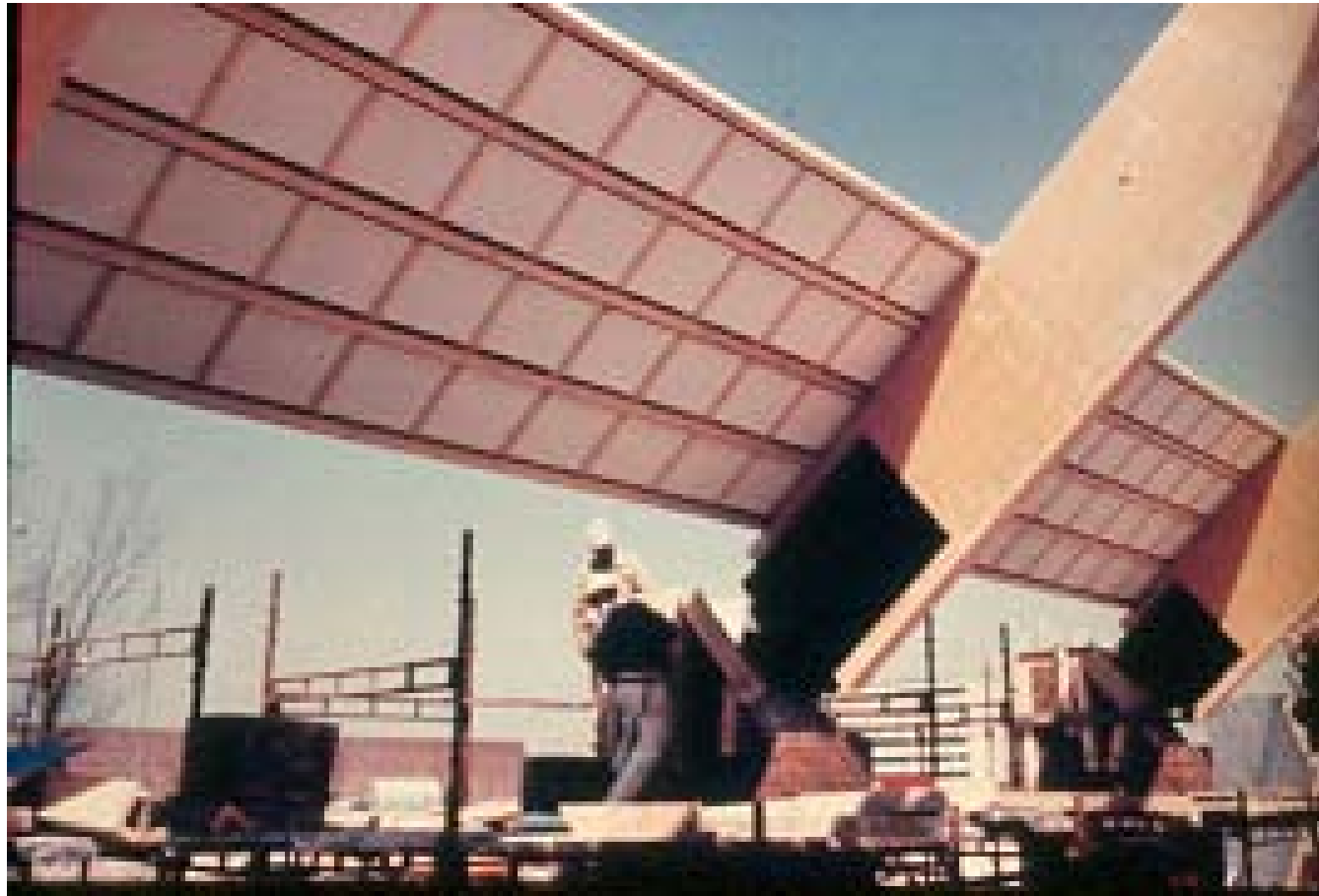
























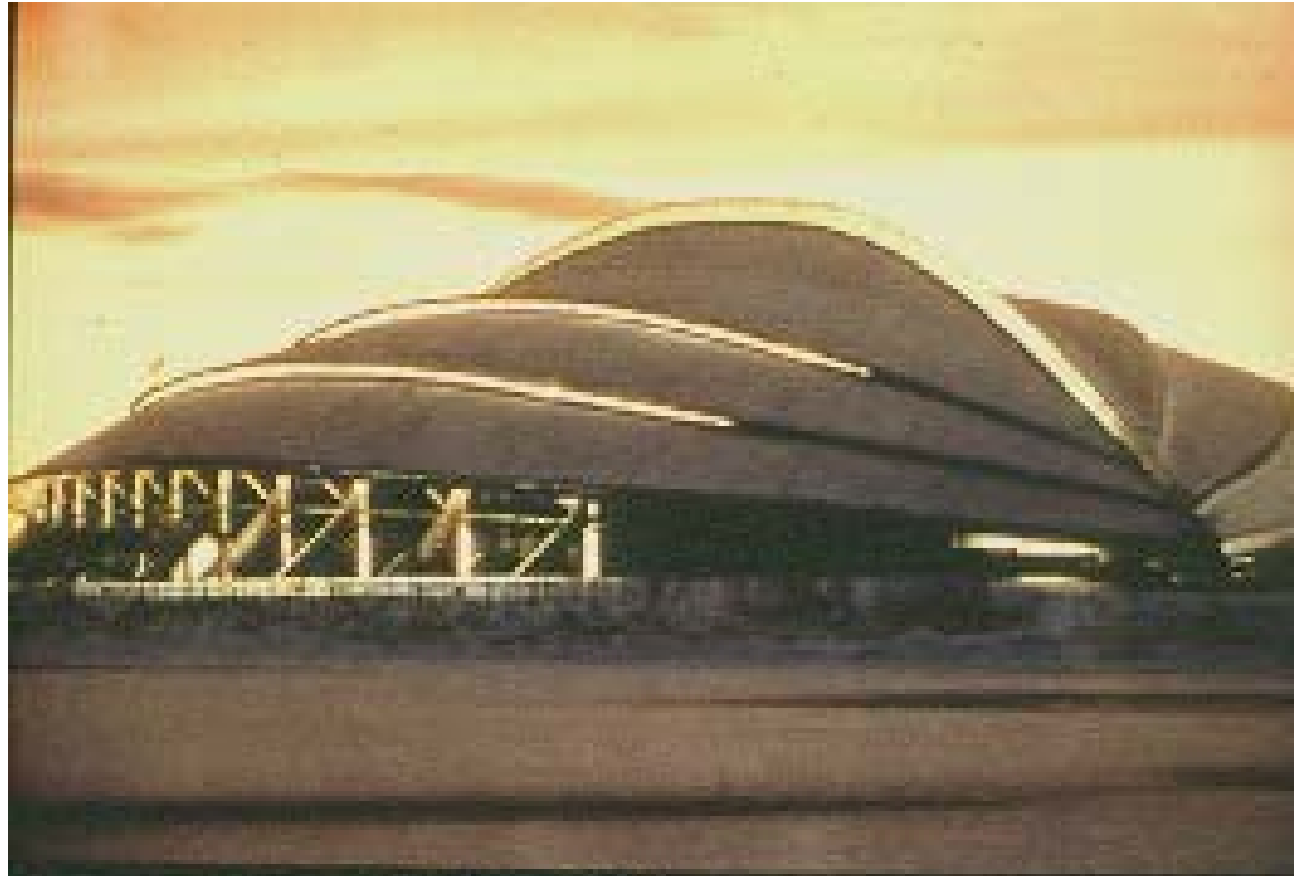






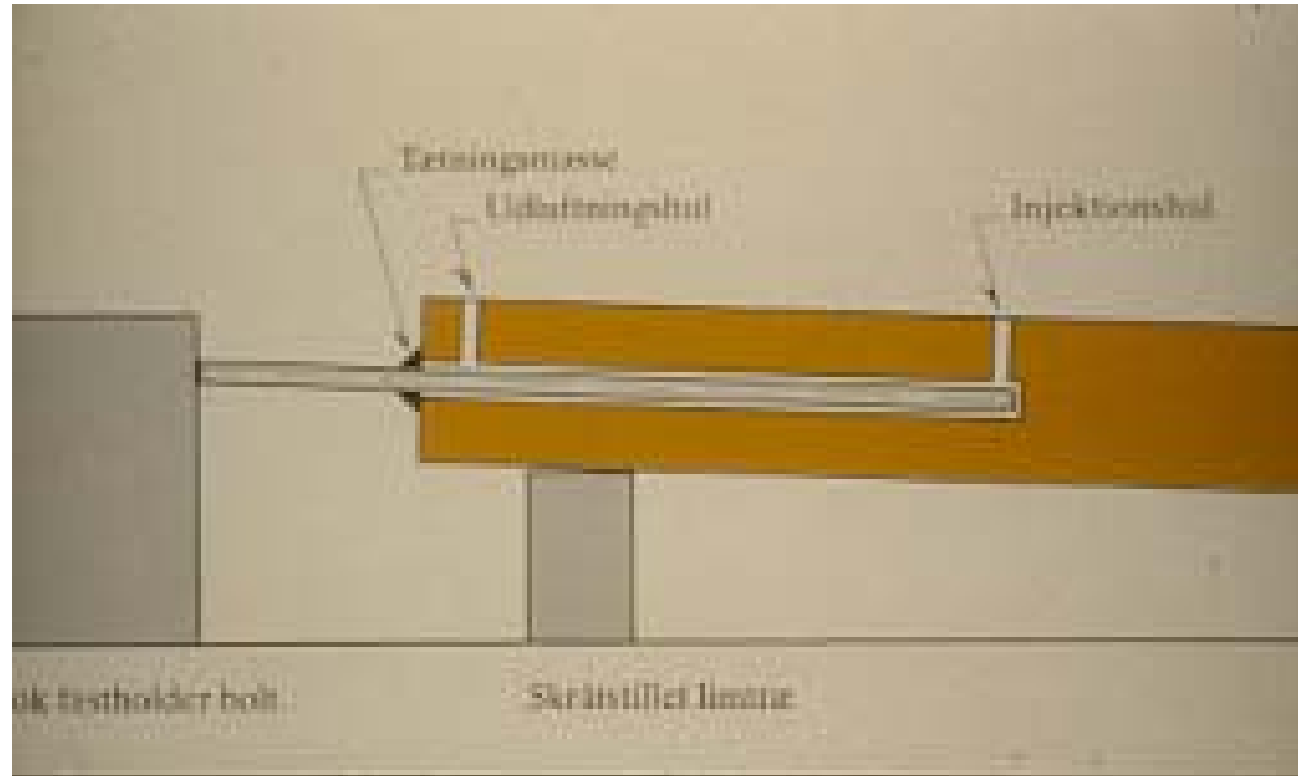




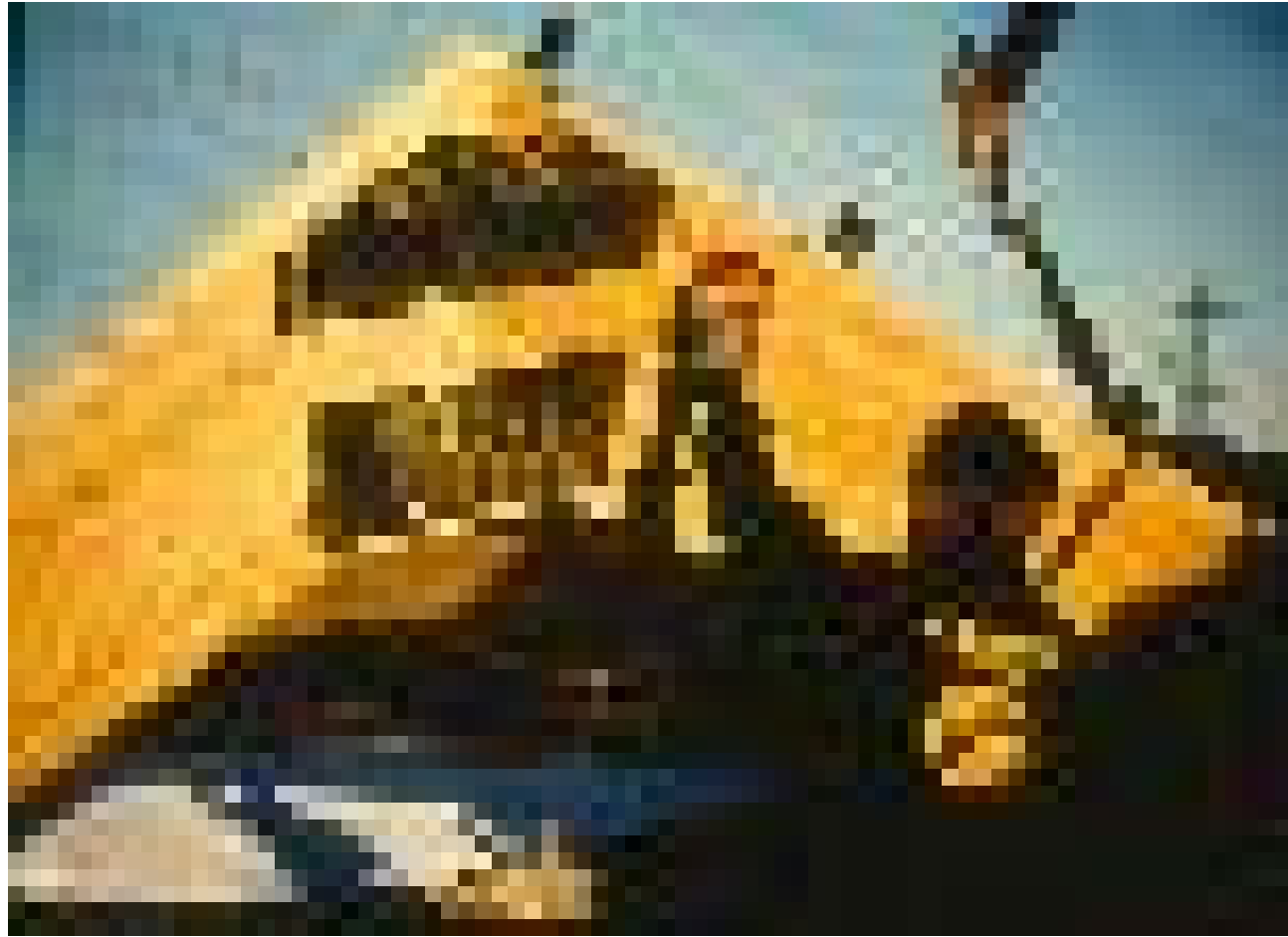












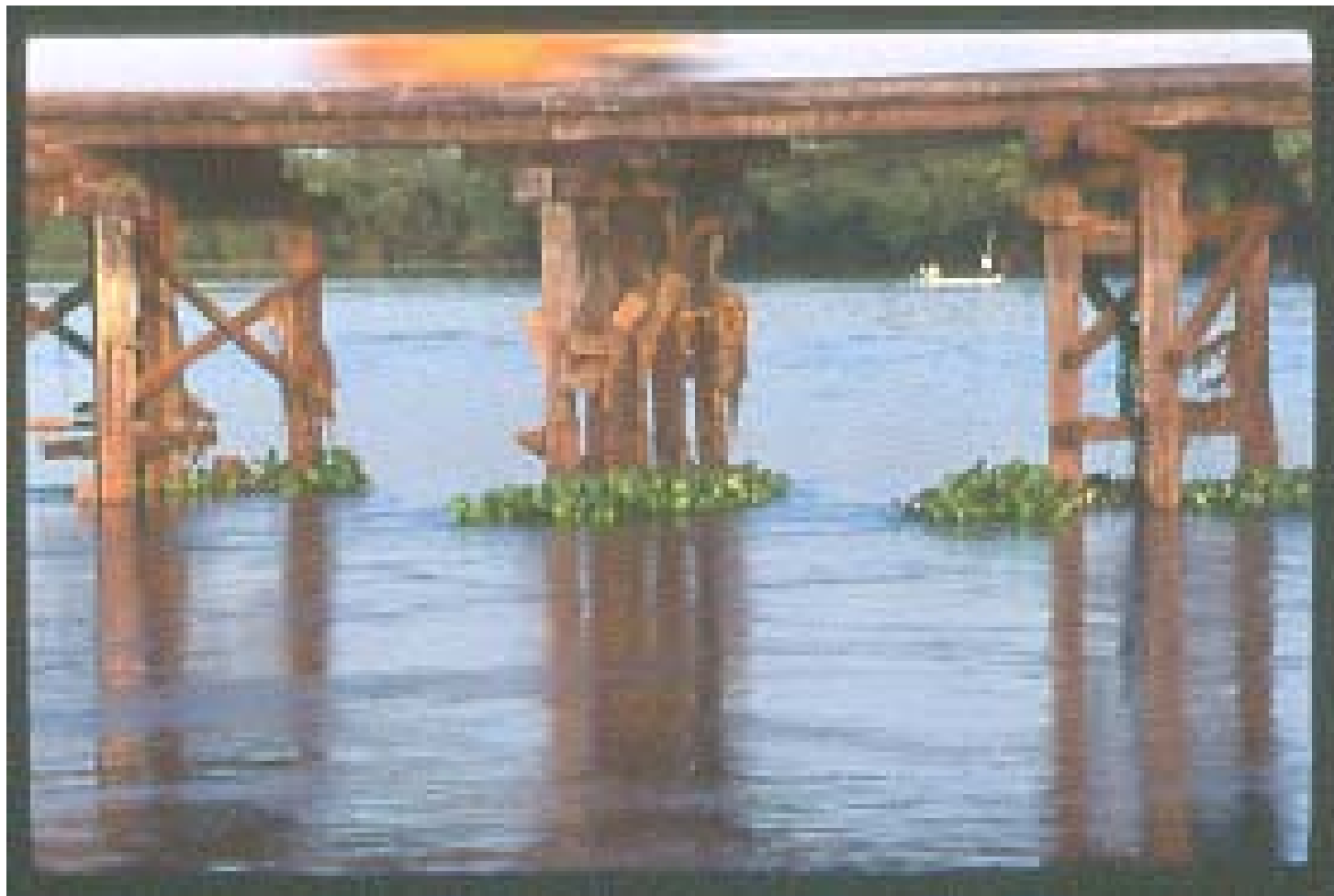












# Sumário

- Madeira como material estrutural no Brasil
- Propriedades estruturais da madeira (classes de resistência)



# Madeira como material estrutural no Brasil

- 1905 - Manual de Resistência dos Materiais , parte VII, Escola Politécnica: 47 espécies; Gabinete de Resistências dos Materiais - EP
- 1989 - Fichas de características das madeiras brasileiras, IPT: 200 espécies;
- 1996 - NBR 7190 - proposta de agrupamento de espécies em classes de Resistência – valor de referência: compressão paralela às fibras  $f_{co,k}$
- - coníferas: C20; C25; C30
- - dicotiledôneas: C20; C30; C40; C60

# classes de resistência da madeira

<b>Coníferas</b>					
(Valores na condição padrão de referência U = 12%)					
Classes	fcok (MPa)	fvk (MPa)	Eco,m (MPa)	bas,m (kg/m3)	aparente (kg/m3)
C 20	20	4	3 500	400	500
C 25	25	5	8 500	450	550
C 30	30	6	14.500	500	600

<b>Dicotiledôneas</b>						
(Valores na condição padrão de referência U = 12%)						
	Classes	fcok (MPa)	fvk (MPa)	Eco,m (MPa)	bas,m (kg/m3)	aparente (kg/m3)
	C 20	20	4	9 500	500	650
	C 30	30	5	14.500	650	800
	C 40	40	6	19.500	750	950
	C 60	60	8	24.500	800	1000

# MADEIRA COMO MATERIAL ESTRUTURAL

estrutura interna da madeira	comportamento estrutural da madeira	modos de ruptura das peças de madeira	fenômenos que afetam as propriedades físicas da madeira
modelo macroscópico (contínuo)	Anisotropia - ortótropo	- frágil - dúctil	- umidade - temperatura - duração do carregamento

# Tipos de madeira considerados pela NBR 7190/1996

- - Madeira serrada;
- - Madeira laminada colada;
- - Madeira compensada;
- - Madeira recomposta.

# Propriedades para Projeto

- - Densidade - Densidade Básica e Densidade Aparente
- - Resistência - ruptura ou de deformação específica excessiva
- - Rigidez -  $E_{w0}$  e  $E_{w90}$ . Permite-se adotar:  
 $E_{w0} = E_{w90} / 20$
- - Umidade - MB 26: umidade de referência 15%
- - NBR 7190/1996 - Anexo B: umidade de referência 12 %

# Tabela 7 - Classes de umidade

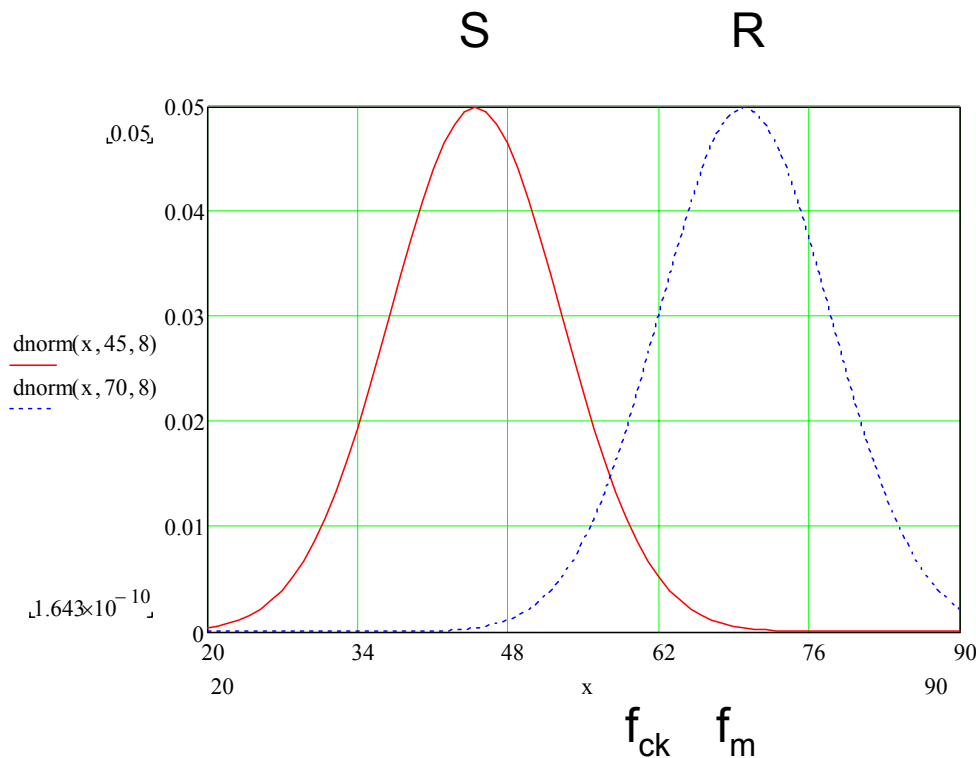
Classes de umidade	Umidade relativa do ambiente $U_{amb}$	Umidade de equilíbrio da madeira $U_{eq}$
1	$\leq 65\%$	12%
2	$65\% < U_{amb} \leq 75\%$	15%
3	$75\% < U_{amb} \leq 85\%$	18%
4	$U_{amb} > 85\%$ durante longos períodos	$\geq 25\%$

# Método de projeto

- Método probabilista dos Estados Limites
- Condição de segurança Analíticas

$$S_d \leq R_d$$

# Modelo Probabilista



$$f_{ck} = f_{cm} \cdot (1 - 1.645 \cdot \delta)$$



# Valores representativos

valores de cálculo das resistências

$$X_d = k_{\text{mod}} \frac{X_k}{\gamma_w}$$

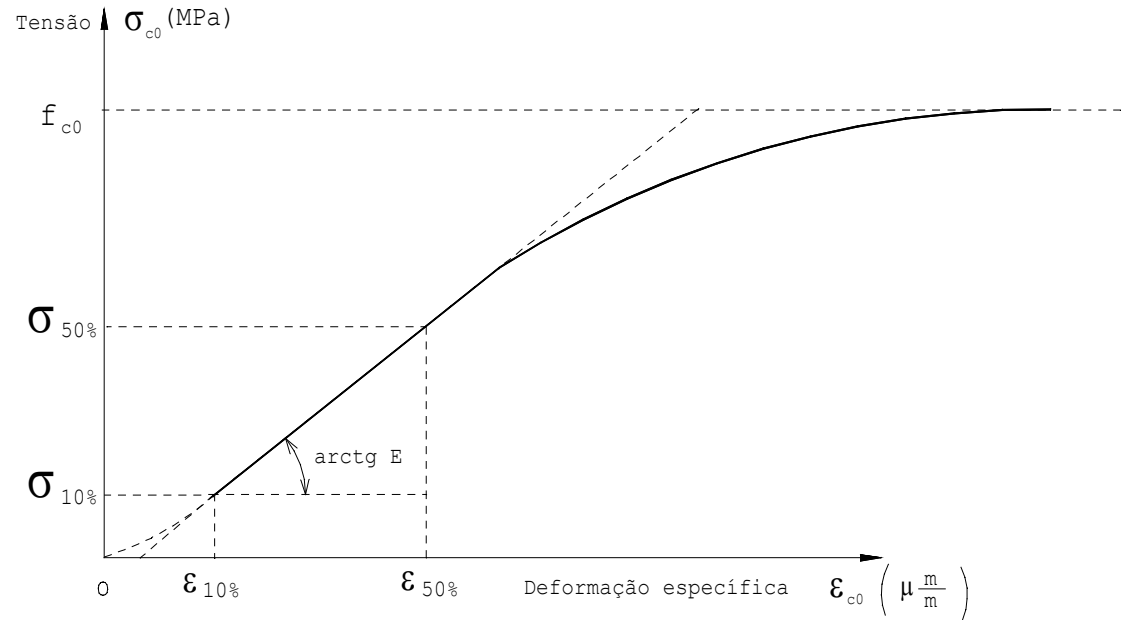
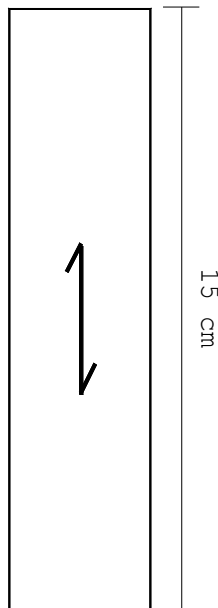
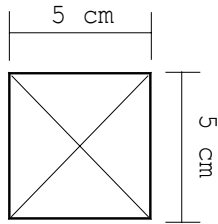
valores de rigidez

$$E_{\text{co,ef}} = k_{\text{mod},1} \cdot k_{\text{mod},2} \cdot k_{\text{mod},3} \cdot E_{\text{co,m}}$$

# Resistencia a compressão $f_{c0}$

CP – NBR 7190-97

diagrama tensão-deformação



valor da resistencia

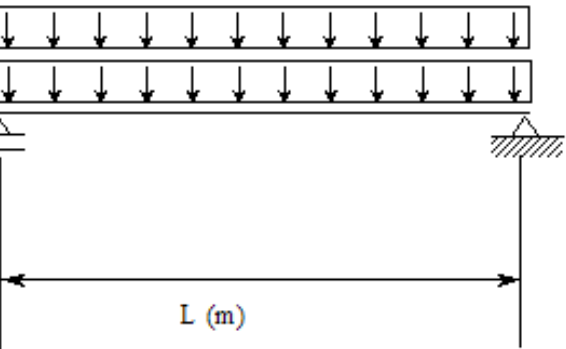


$$f_{c0i} = \frac{F_{c0i,max}}{A_i}$$

# Relações entre as resistências da madeira – valor característico

$f_{co,k} / f_{to,k} = 0,77$	→	compressão/tração
$f_{tm,k} / f_{to,k} = 1,0$	→	flexão/tração
$f_{c90,k} / f_{co,k} = 0,25$	→	flexão/tração
$f_{eo,k} / f_{co,k} = 1,0$	→	flexão/tração
$f_{e90,k} / f_{co,k} = 0,25$	→	flexão/tração
$f_{vo,k} / f_{co,k} = 0,15$	→	Para coníferas
$f_{vo,k} / f_{co,k} = 0,12$	→	Para dicotiledôneas

Verificar a resistência da viga com seção transversal  $6\text{cm} \times 16\text{cm}$ , com vão teórico de  $L=4,5\text{m}$ , isostática, considerando como carga permanente característica o peso próprio da viga acrescido de  $2,5\text{ kN/m}$  e carga acidental característica de  $1,5\text{ kN/m}$ . Considerar a situação de projeto duradoura, com madeira da classe C 60 (Dicotiledônea), umidade ambiente de  $75\%$  e madeira de 1a. categoria. Verificar para os estados limites últimos de utilização.



$$I_z := \frac{b \cdot h^3}{12} \quad W_z := \frac{I_z}{\frac{h}{2}} \quad f_{c0k} := 60\text{MPa} \quad \text{valor da tabela de resistencia}$$

$$q_k := 1.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad k_{\text{mod}} := 0.7 \cdot 1.1 \quad \gamma_{c0} := 1.4$$

$$g_k := A \cdot \gamma_w + 1.25 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad g_k = 1.37 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{zd} := \frac{1.4(g_k + q_k) \cdot L^2}{8} \quad M_{zd} = 10.171 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{Mzd} := \frac{M_{zd}}{W_z} \quad \sigma_{Mzd} = 25.426 \text{ MPa}$$

características geométricas

$$E_{c0m} := 24500 \text{ MPa} \quad \text{modulo de elasticidade da tabela de resistencia}$$

$b := 6\text{cm}$  largura da viga

$$f_{c0d} := k_{\text{mod}} \cdot \frac{f_{c0k}}{\gamma_{c0}} \quad f_{c0d} = 30 \text{ MPa}$$

$h := 20\text{cm}$  altura da viga

$$A := b \cdot h$$

$$E_{ef} := k_{\text{mod}} \cdot E_{c0m} \quad E_{ef} = 1.715 \times 10^3 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\gamma_w := 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad \gamma_{fG} = \gamma_{fQ} = 1,4$$

$$v_{ef} := \frac{5(g_k + q_k) \cdot L^4}{384 \cdot E_{ef} \cdot I_z} \quad v_{ef} = 22.338 \text{ mm}$$

$$L := 4.5 \cdot \text{m}$$

$$v_{\text{lim}} := \frac{L}{200} \quad v_{\text{lim}} = 22.5 \text{ mm}$$