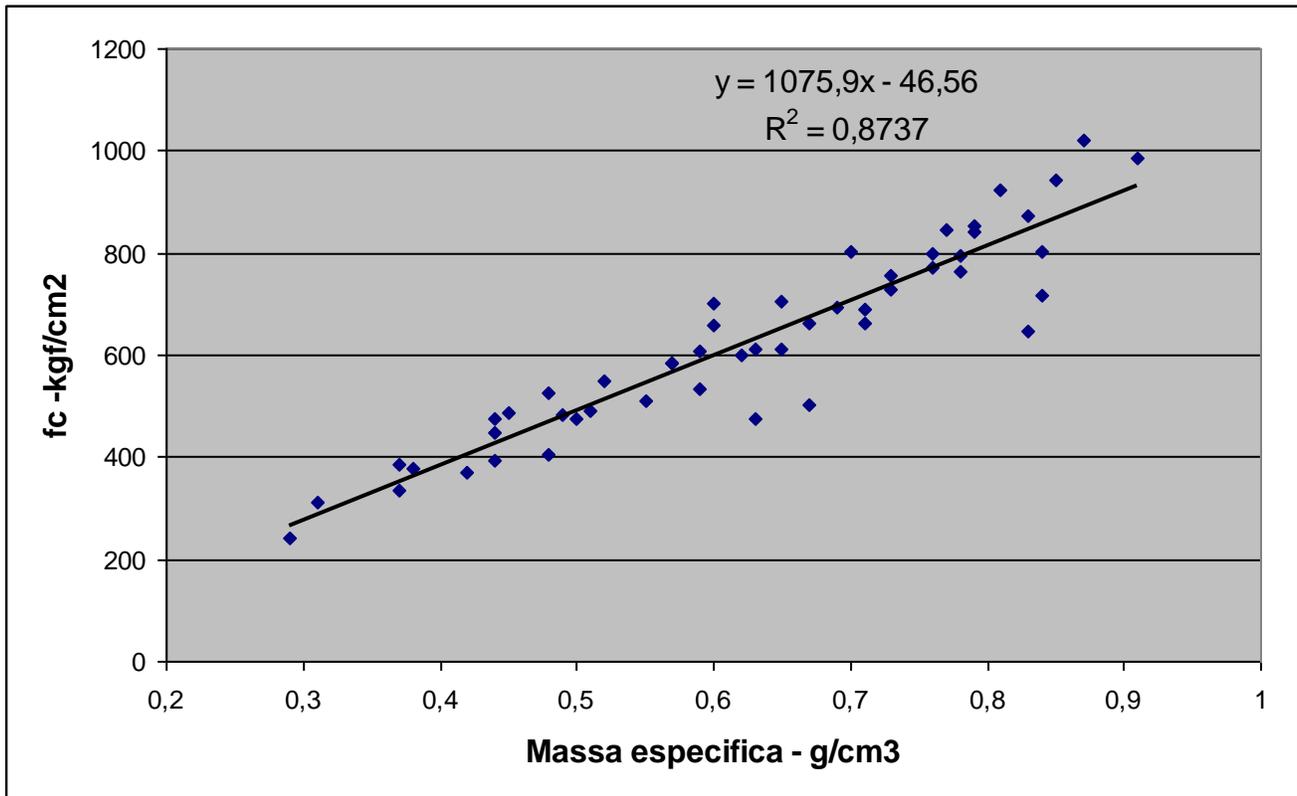


PROPRIEDADES MECÂNICAS

FATORES QUE AFETAM AS PROPRIEDADES MECÂNICAS DA MADEIRA

- DENSIDADE DA MADEIRA



- DEFEITOS
- PRESENÇA E TAMANHO DE NÓS – tração é mais afetada pela presença e tamanho dos nós

TABELA 1. Influência dos nós na resistência à tração e na compressão (KOLLMANN 1968)

	Densidade g/cm ³	Resistência à tração		Resistência à compressão	
		Kgf/cm ²	Redução (%)	Kgf/cm ²	Redução (%)
Madeira limpa	0,50	780	-	403	-
Pouco e pequenos nós	0,53	384	51	361	10
Muitos e grandes nós	0,57	119	85	314	22

- DESVIO DE GRÃ E INCLINAÇÃO DE GRÃ

As propriedades da madeira dependem do ângulo formado entre a força aplicada e o ângulo das fibras da madeira. Estas propriedades podem ser estimadas pela fórmula de HANKINSOM

$$f_{w\theta} = \frac{f_{w0} \cdot f_{w90}}{f_{w0} \cdot \text{sen}^n \theta + f_{w90} \cdot \text{cos}^n \theta}$$

Onde:

$f_{w\theta}$ = limite de resistência a um dado esforço para determinado angulo θ

f_{w0} = limite de resistência a um dado esforço paralelo às fibras

f_{w90} = limite de resistência a um dado esforço perpendicular às fibras

n = constante determinada empiricamente.

TABELA 2. Valores para “n” em função da propriedade correlata

Propriedade	Valor de n.
Resistência a tração	1,5-2
Resistência a compressão	2-2,5

Resistência a Flexão	1,5-2
Modulo de Elasticidade	2
Dureza	1,5-2

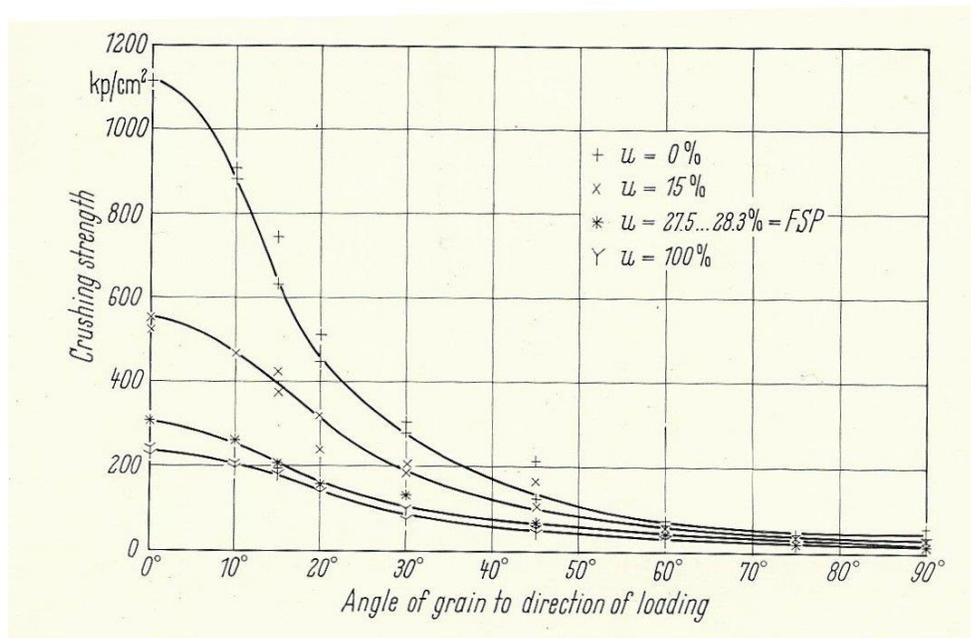
A expressão de Hankinson podem ser aplicadas para valores médios de resistência, valores de cálculo e para módulos de elasticidade. Como exemplo, fica a seguir a fórmula de Hankinson para compressão:

$$f_{c\theta} = \frac{f_c \cdot f_{cn}}{f_c \cdot \text{sen}^2 \theta + f_{cn} \cdot \text{cos}^2 \theta}$$

Exemplo numérico: Considere que uma madeira tenha resistência compressão paralela de 650 kgf/cm² e resistência normal as fibras de 160 kgf/cm². Pela equação de Hankinson dizer qual a resistência desta madeira quando o ângulo formado entre as fibras e a direção da carga for de 15 graus.

$$f_{c\theta} = \frac{f_c \cdot f_{cn}}{f_c \cdot \text{sen}^2 \theta + f_{cn} \cdot \text{cos}^2 \theta}$$

$$f_{c15} = \frac{650 \times 160}{650 \cdot \text{sen}^2 15 + 160 \cdot \text{cos}^2 15} = 539,6 \text{ kgf/cm}^2$$



Comportamento da resistência a compressão, em função do ângulo entre a direção do carregamento e grã da madeira e do teor de umidade.

TABELA 3. Resistência da madeira com várias inclinações de grã comparada com a resistência da grã alinhada.

Inclinação máxima da grã	Modulo de ruptura (%)	Flexão ao Impacto (%)	Compressão paralela a grã
Grã alinhada	100	100	100
1:25	96	95	100
1:20	93	90	100
1:15	89	81	100
1:10	81	62	99
1:5	55	36	93

- UMIDADE

Variação da resistência da madeira para cada 1% de variação da umidade

Resistência	% de mudança para cada 1% de variação da umidade
Compressão paralela	
L_p	5
f_c	6
Compressão perpendicular	
L_p	5,5
Cisalhamento	
f_v	3
Flexão estática	
L_p	5
f_b	4
E	2

Estabelecido por Bodig

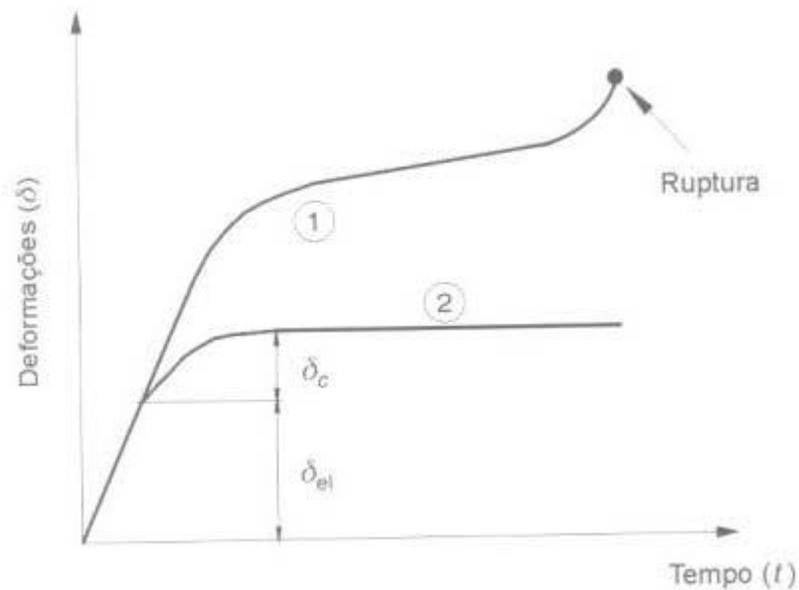
- EFEITO DA DURAÇÃO DA CARGA

TENSÃO APLICADA	TEMPO DE RUPTURA RETARDADA
f (resistência do ensaio)	5 minutos
0,8 f	7 dias
0,72 f	15 dias
0,65 f	30 dias
0,64 f	45 dias
0,62 f	10 anos

- Fluência da madeira

A madeira é um material visco elástico, ou seja, sua deformação sob esforços depende do histórico do carregamento. Uma peça de material visco elástico apresenta, além da deformação elástica, um acréscimo de deformação com o tempo, mesmo com a carga sendo mantida constante. Ao ser retirada a carga, somente uma parte da deformação é recuperada, mantendo-se um resíduo de deformação variável com o

tempo. A madeira sofre, portanto, deformação lenta (fluência), sob a ação de cargas de atuação demorada, conforme observado na Figura a seguir.



Fluência da madeira - Acréscimo de uma deformação com o tempo de atuação da carga: (1) curva correspondente a uma carga que produz ruptura retardada; a deformação cresce uniformemente, apresentando acentuado incremento próximo à ruptura; (2) curva correspondente a uma carga inferior à da curva 1; a deformação elástica imediata é acrescida de uma deformação de fluência que se estabiliza (PFEIL, 2003).

- **Fadiga da madeira (ação de cargas cíclicas)**

A resistência à fadiga de materiais fibrosos, como a madeira, é em geral superior á dos materiais cristalinos, como os metais. Ensaio de fadiga, à tração simples, realizados em madeiras duras e macias, revelaram-se que, para ciclos de carregamento com tensão mínima = 10% da tensão máxima, a tensão máxima da ruptura, após 30 milhões de ciclos, é da ordem de 50% de resistência medida em ensaios estáticos.

- **Efeitos de curta duração (impacto)**

A resistência da madeira sob ação de cargas de duração muito curta (impacto) é maior do que a obtida em ensaios rápidos. Sob a ação de cargas de impacto, a madeira apresenta também um módulo de elasticidade mais elevado, cerca de 10% superior ao valor calculado em ensaio estático.