



# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

## EFEITO DO LENHO E UMIDADE NA RESISTÊNCIA AO EMBUTIMENTO E COMPRESSÃO EM MADEIRA DE PINUS

Fagner Pinheiro da Conceição<sup>1</sup>  
Isabel Silveira Camargo<sup>2</sup>  
Alexandre Nascimento<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Floresta / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

<sup>2</sup> Departamento de Produtos Florestais / Instituto de Floresta / Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro

<sup>3</sup> Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro



# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

## EFEITO DO LENHO E UMIDADE NA RESISTÊNCIA AO EMBUTIMENTO E COMPRESSÃO EM MADEIRA DE PINUS

F. P. CONCEIÇÃO<sup>1</sup>; I. S. CAMARGO<sup>1</sup>; A. M. NASCIMENTO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Produtos Florestais, Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil

**Resumo:** Construções em madeira são usuais e requerem o uso de pinos metálicos. Ensaios de embutimento e compressão foram executados segundo norma ABNT NBR 7190/1997 onde a mesma afirma que a tensão resistente ao embutimento na direção paralela às fibras pode ser considerada igual à compressão na mesma direção. O ensaio de embutimento foi feito com pino metálico de com 12 mm de diâmetro usando madeira de cerne e alburno de *Pinus caribea* var. *caribea*, com dois diferentes teores de umidade (12% e 19%). A razão entre a variação percentual de resistência e rigidez com a variação para cada percentual de umidade foram divergentes dos indicados pela norma. O tipo de lenho não afetou as propriedades de resistência e rigidez em ensaios de compressão e embutimento. As resistências na compressão e no embutimento, foram equivalentes apenas na madeira de cerne, com 12% de umidade. Nos ensaios de compressão e no embutimento, os valores de rigidez foram equivalentes.

**Palavras-chave:** *Pinus caribea* var. *caribea*; Madeira de reflorestamento; Propriedades mecânicas; Estruturas de madeira.

## EFFECT OF WOOD TYPE AND MOISTURE IN THE EMBEDMENT AND COMPRESSION IN PINUS WOOD

**Abstract:** Wooden constructions are common and require the use of metal pins. Embedment and compression tests were performed according to ABNT NBR 7190/1997 where it states that the tensile strength in the direction parallel to the fibers can be considered equal to the compression in the same direction. The embedment test was done with a 12 mm diameter metal pin using heartwood and sapwood of *Pinus caribea* var. *Caribea*, with two different moisture contents (12% and 19%). The ratio between the percentage variation of resistance and rigidity with the variation for each percentage of humidity were different from those indicated by the standard. The wood type did not affect the properties of strength and rigidity in compression and embedment tests. The strengths in compression and embedment were equivalent only in heartwood, with 12% humidity. In the compression and embedment tests, the stiffness values were equivalent.

**Keywords:** *Pinus caribea* var. *Caribea*; Reforestation wood; Mechanical properties; Wood structures.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

## 1. INTRODUÇÃO

A madeira é um material orgânico, sólido, anisotrópico, higroscópico e de grande variabilidade nas suas propriedades. Essas características conferem algumas vantagens e outras desvantagens em sua utilização. Esse material pode ser empregado em várias funções; logo, se faz necessário o estudo aprofundado na tentativa de se esclarecer melhor quais as opções que o material oferece para ser trabalhado.

Nos últimos anos a madeira tem ganhado um significativo valor nos projetos de arquitetura sustentável, pelo uso da madeira de reflorestamento que garante sua origem legal e por ser um produto de fonte renovável, estimulando a produção e o manejo sustentável de florestas plantadas no Brasil.

Porém, para projetos como estes são necessários ter conhecimento das propriedades físicas e mecânicas da madeira utilizada para saber seu potencial para este fim e poder dimensionar as peças corretamente. Quando se trata de projeto de engenharia/arquitetura, deve-se pensar em todos os detalhes, para que não ocorra falhas construtivas e principalmente não colocar em risco a vida de nenhum ser vivo.

Ainda, segundo Meirelles (2007), ao longo da história da madeira no Brasil, o uso de técnicas construtivas inadequadas fizeram com que as construções em madeira sejam sinônimas de sub-habitação ou de pouca durabilidade.

As madeiras de reflorestamento vêm sendo utilizadas em vários países do mundo, principalmente nos da América do sul, sendo que no Brasil a maioria da produção é direcionada para indústria de celulose. Ainda não se têm muito conhecimento das propriedades destas espécies, ainda mais pela sua variabilidade genética e pela diferença encontrada até mesmo dentro de cada indivíduo.

Os estudos das propriedades da madeira devem ser considerados para que haja uma base de informações que estejam disponíveis para a execução do projeto estrutural, que deve admitir uma classe de umidade própria, e assim se ter as propriedades de resistência e rigidez, determinado pelo valor médio do comportamento elástico das fibras da madeira. A partir desses resultados da caracterização das propriedades é determinada pelo método de ensaios segundo a NBR 7190/97, para se caracterizar as espécies. Destas propriedades pode-se citar: as propriedades de resistência e rigidez na compressão (paralela e perpendicular às fibras) e o embutimento.

Em grandes estruturas de madeira se faz necessário o emprego de ligações nas peças de madeira utilizando elementos de ligação, os quais podem ser: anéis metálicos, cavilhas, chapas denteadas, parafusos, pregos e outros. As ligações mecânicas são de extrema importância em estruturas de madeira, pois normalmente são os pontos de maior fragilidade se tornando os pontos críticos e com isto há grande necessidade de que as emendas sejam muito bem dimensionadas. A ocorrência de falha em uma ligação pode colocar em risco todo o resto da edificação (CALIL JUNIOR et al., 2003).

De acordo com Calil Junior et al. (2003) os pinos metálicos são os conectores mais utilizados na construção civil em madeira, pois permitem fácil instalação e podem ser utilizados em inúmeras configurações de ligações. Os pinos metálicos são exemplificados pelos pregos e pelos parafusos. Usando os pinos metálicos é necessário fazer o ensaio que define a resistência ao embutimento, determinada pelas tensões causadas pelos pinos nas peças de madeira.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

De acordo com a NBR 7190/97 a resistência ao embutimento na direção paralela às fibras, na ausência de ensaios, pode ser considerada igual à resistência à compressão na direção paralela às fibras da madeira, porém tem se verificado que esta condição não é aplicável a todas as espécies (NASCIMENTO et al., 2012; ALMEIDA et al., 2014). O mesmo tem sido questionado quanto o efeito da umidade e o tipo de lenho (NASCIMENTO et al., 2012, XAVIER et al. 2016)

Objetiva-se então, o estudo da relação entre a resistência à compressão e ao embutimento na direção paralela às fibras da madeira de *Pinus caribaea* var. *caribaea* em função do teor de umidade e do tipo de madeira (cerne e alburno).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Obtenção, processamento e climatização do material

Para este estudo foi utilizada madeira proveniente de três árvores de *Pinus caribaea* var. *caribaea*, com idade aproximada a 45 anos. Estas foram desdobradas em pranchas com três centímetros de espessura, para a confecção dos corpos de prova de embutimento, e com seis centímetros de espessura, para a confecção dos corpos de prova de compressão. As pranchas utilizadas para a confecção dos corpos de prova de compressão foram as radiais. Os corpos de prova foram dimensionados de acordo com a norma ABNT NBR 7190/1997 (Figura 1). A climatização dos corpos de prova foi realizada em duas condições: em sala climatizada, a uma temperatura média ambiente de 22°C e umidade relativa do ar entre 65 e 70% e dentro de uma alto-clave, com presença de água no fundo da mesma, na mesma temperatura ambiente e umidade relativa do ar entre 85 e 90%. Foram confeccionados 24 corpos de prova para os ensaios de embutimento e 24 corpos de prova para compressão paralela sendo, em ambos os casos, seis para madeira de cerne seca, seis para madeira de cerne úmida, seis para madeira de alburno seca e seis para madeira de alburno úmida.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO



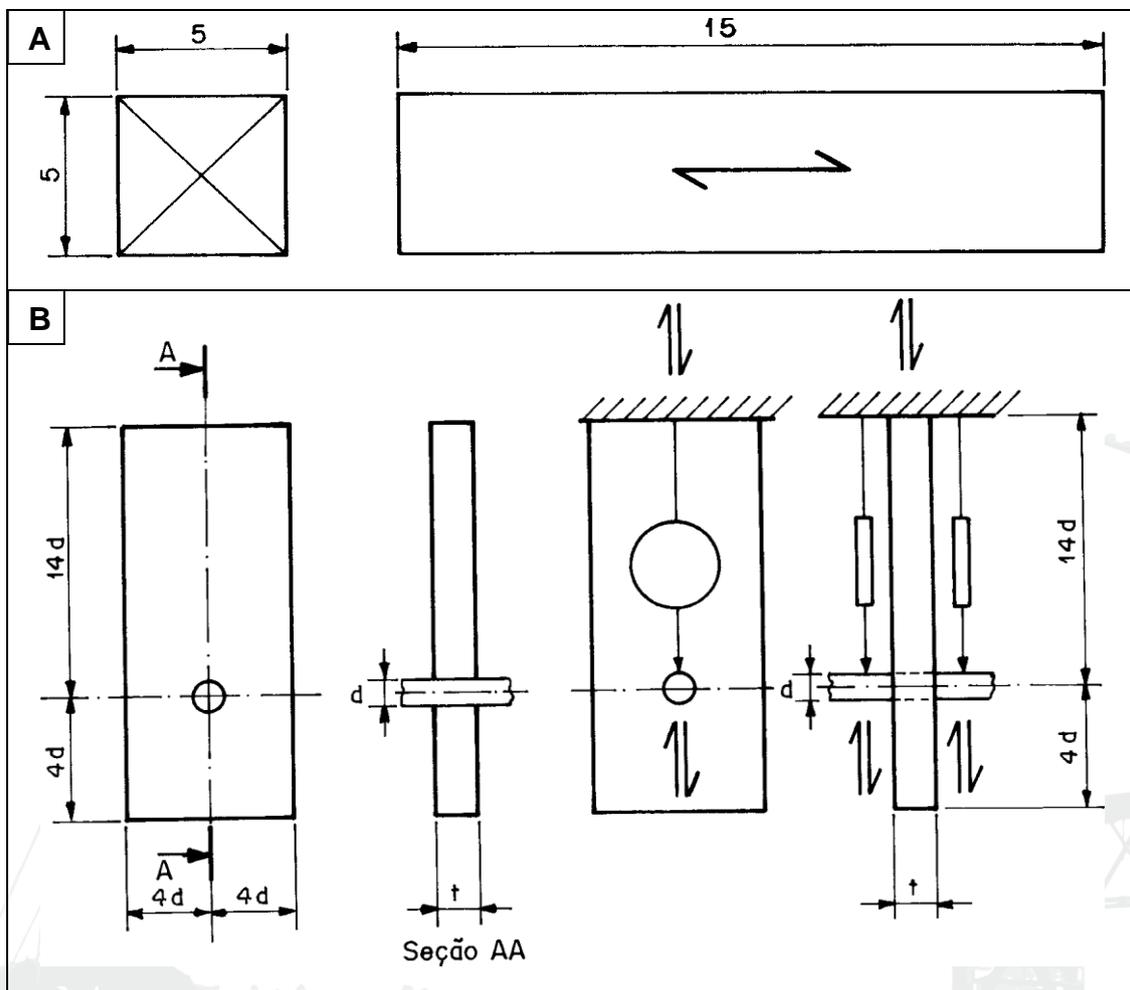


Figura 1: Dimensionamento dos corpos de prova para os ensaios de compressão paralela às fibras (A) e de embutimento (B), de acordo com a norma ABNT NBR 7190/1997.

## 2.2 Ensaio de compressão paralela às fibras da madeira

Para determinação das propriedades físicas, de umidade e densidade, e mecânicas, de resistência e rigidez, da madeira foi usada a norma ABNT NBR 7190/1997.

As propriedades foram categorizadas em função do tipo de madeira (cerne e alburno) e pelo teor de umidade de equilíbrio. Assim determinaram-se as propriedades da madeira de alburno e cerne na compressão paralela às fibras, para dois teores de umidade (12 e 19%), com seis repetições para cada condição.

Os corpos de prova de compressão foram testados em máquina universal de ensaio marca Contenco com capacidade de 30 Toneladas, onde foram levados até a ruptura. Foram determinadas as deformações dos corpos de prova, através de extensômetros, até o limite de proporcionalidade. O resultado da carga de ruptura define a carga limite para resistência da madeira à compressão paralela às fibras conforme a Equação 1.



$$f_{c0} = \frac{F_{c0\max}}{A} \quad (1)$$

Onde:  $F_{c0\max}$  = máxima força aplicada ao corpo durante o ensaio;  $A$  = área inicial da seção transversal do corpo;

Para a determinação da rigidez, foi calculado módulo de elasticidade, expresso pela Equação 2, a seguir:

$$E_{c0} = (\sigma_{50\%} - \sigma_{10\%}) / (\varepsilon_{50\%} - \varepsilon_{10\%}) \quad (2)$$

$$\varepsilon_{50\%} = \frac{\delta_{50\%}}{l_0} \text{ e } \varepsilon_{10\%} = \frac{\delta_{10\%}}{l_0}$$

Onde:  $\sigma_{50\%}$  = 50% da tensão máxima;  $\sigma_{10\%}$  = 10% da tensão máxima;  $\delta_{50\%}$  = deformação média obtida nos extensômetros para uma tensão de 50% da máxima obtida;  $\delta_{10\%}$  = deformação média obtida no extensômetros para uma tensão de 10% da máxima obtida;  $l_0$ : distância entre os fixadores do extensômetro;

### 2.3 Ensaio de embutimento na madeira.

A resistência ao embutimento é definida como a razão entre a força que causa a deformação específica residual de 2‰ e a área de embutimento do pino metálico, ou área do pino metálico em contato com a madeira. A área de embutimento é obtida pelo produto do diâmetro do pino metálico, que neste estudo foi de 1,186 centímetros, e a espessura da peça de madeira (Figura 1), de acordo com a Equação 3, para determinação da resistência ao embutimento paralelo às fibras utilizou.

$$f_{e0} = \frac{F_{e0}}{td} \quad (3)$$

Em que:  $f_e$ : resistência ao embutimento (MPa);  $F_{e0}$ : força que causa a deformação específica residual de 2‰ (N);  $t$ : espessura da peça de madeira (mm);  $d$ : diâmetro do pino metálico (mm)

Para essa finalidade, a resistência ao embutimento na direção paralela, em relação às fibras da madeira, foi determinada a partir do diagrama tensão x deformação específica de embutimento (Figura 2).



# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

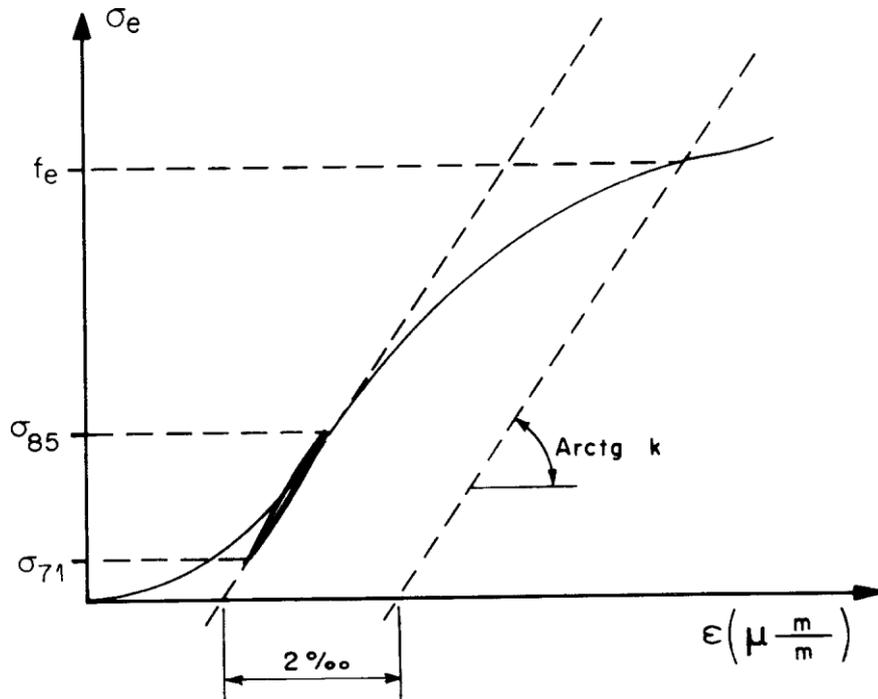


Figura 2 - Diagrama tensão x deformação específica de embutimento. Fonte: ABNT NBR 7190/1997.

Segundo a ABNT NBR 7190/1997, no caso de ausência de ensaios experimentais específicos, a resistência ao embutimento da madeira na direção paralela ( $f_{e0}$ ) pode ser adotada como sendo igual à resistência à compressão paralela sendo determinada a partir da Equação 4.

$$f_{e0} = f_{c0} \quad (4)$$

Em que:  $f_{e0}$  é a resistência ao embutimento paralela às fibras (MPa);  $f_{c0}$  é a resistência à compressão paralela às fibras (MPa).

Deste modo foram calculados os valores teóricos da resistência ao embutimento paralelo às fibras, e comparados aos valores obtidos experimentalmente.

A rigidez, no ensaio de embutimento, foi determinada entre os pontos 71 e 85, conforme mostrado na Figura 2, usando o mesmo procedimento de cálculo descrito no ensaio de compressão paralela.

## 2.4 Análises estatísticas

As variáveis estudadas, relativas às propriedades mecânicas de compressão e embutimento tais como: tensão resistente, limite de proporcionalidade e rigidez, foram submetidas à verificação de normalidade e da heterocedasticidade, pressupostos para aplicação da análise de variância, e para tal usou-se o método de Kolmogorov-Smirnov e Levene, respectivamente, ao nível de 5% de significância. Quando a variável dependente não atendeu aos pressupostos paramétricos, foi aplicado teste não paramétrico de Kruskal-Wallis. Quando diferenças entre tratamentos foram detectadas, no campo paramétrico e não

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





paramétrico, usou o teste de Tukey e teste de Dunn, respectivamente, ao nível de 5% de significância, para diferenciar as médias ou médias dos postos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após os ensaios foram gerados gráficos para obtenção das variáveis de interesse. Na Figura 3 tem-se exemplos de alguns resultados obtidos.

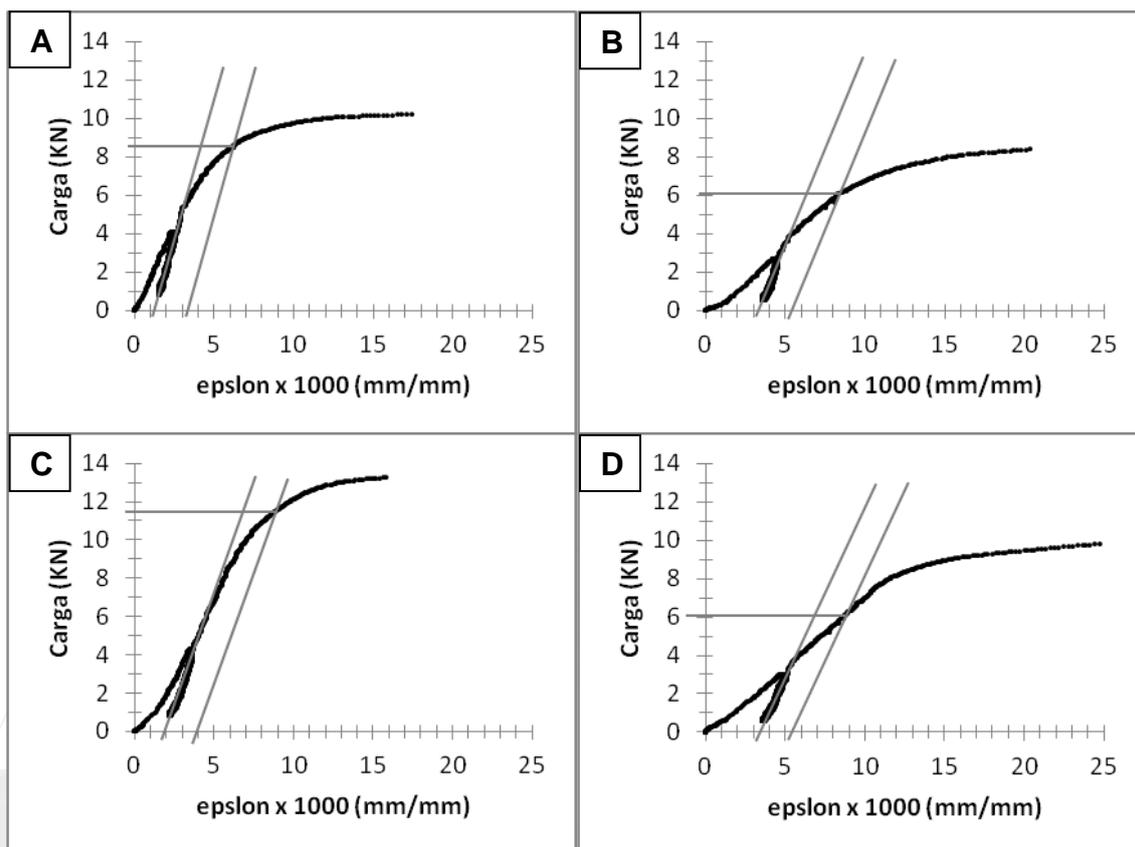


Figura 3 – Gráficos de embutimento para madeira de alburno climatizada à 12% de umidade (A), madeira de alburno climatizada à 19% de umidade (B), madeira de cerne climatizada à 12% de umidade (C), madeira de cerne climatizada à 19% de umidade (D).

Nas Tabelas 1 e 2 encontram-se os valores médios das propriedades físicas e mecânicas para compressão e embutimento, respectivamente.



# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

Tabela 1 - Valores médios de resistência e rigidez na compressão paralela, da madeira de *Pinus caribaea* var. *caribaea*, de cerne e alburno e dois diferentes teores de umidade.

Madeira	U %	$\rho_a$ kgf.cm <sup>-3</sup>	$\gamma_c$	$f_c$ MPa	$\frac{\Delta f_c}{\%T_u}$	$f_{c(Lp)}$ MPa	$\frac{\Delta f_{c(lp)}}{\%T_u}$	$E_c$ MPa	$\frac{\Delta E_c}{\%T_u}$
Cerne	13,2	0,629	1,45	38,0 <sub>(3,7)</sub>	6,3	26,2 <sub>(2,7)</sub>	5,3	7.228 <sub>(3510)</sub>	8,6
	20,3	0,648	1,39	26,3 <sub>(1,6)</sub>		19,0 <sub>(2,1)</sub>		4.486 <sub>(679)</sub>	
Média	-	0,639	1,42	32,2	-	22,6	-	5.857	-
Alburno	14,0	0,551	1,50	41,3 <sub>(2,6)</sub>	6,1	27,8 <sub>(3,2)</sub>	3,9	7.631 <sub>(2717)</sub>	4,0
	21,3	0,603	1,32	28,6 <sub>(1,3)</sub>		21,6 <sub>(0,5)</sub>		5.916 <sub>(1269)</sub>	
Média	-	0,577	1,41	35,0	-	24,7	-	6.774	-

U% = Umidade de equilíbrio dos corpos de prova (%);  $\rho_a$  = Densidade aparente;  $\gamma_e$  = Coeficiente de minoração;  $f_c$  = Tensão resistente ao embutimento;  $\Delta f_c / \%T_u$  = Variação percentual de tensão resistente ao embutimento para cada percentual de umidade  $f_{c(Lp)}$  = Limite de proporcionalidade no embutimento;  $\Delta f_{c(Lp)} / \%T_u$  = Variação percentual do limite de proporcionalidade para cada percentual de umidade;  $E_c$  = Rigidez ao embutimento;  $\Delta E_c / \%T_u$  = Variação percentual da rigidez ao embutimento para cada percentual de umidade. Os valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão.

Tabela 2 - Valores médios de resistência e rigidez ao embutimento, para madeira de *Pinus caribaea* var. *caribaea*, de cerne e alburno e dois diferentes teores de umidade

Madeira	U %	$\rho_a$ kgf.cm <sup>-3</sup>	$\gamma_e$	$f_e$ MPa	$\frac{\Delta f_e}{\%T_u}$	$f_{e(Lp)}$ MPa	$\frac{\Delta f_{e(lp)}}{\%T_u}$	$E_e$ MPa	$\frac{\Delta E_e}{\%T_u}$
Cerne	12,9	0,568	1,49	34,1 <sub>(2,6)</sub>	9,0	23,7 <sub>(5,9)</sub>	10,2	9.181 <sub>(1825)</sub>	2,7
	18,8	0,533	1,57	22,3 <sub>(1,0)</sub>		14,8 <sub>(3,9)</sub>		7.932 <sub>(1816)</sub>	
Média	-	0,551	1,53	28,2	-	19,9	-	8.557	-
Alburno	12,7	0,574	1,47	30,2 <sub>(2,1)</sub>	6,9	20,8 <sub>(3,3)</sub>	7,5	11.194 <sub>(2463)</sub>	6,1
	19,3	0,544	1,52	20,8 <sub>(2,9)</sub>		13,9 <sub>(2,8)</sub>		7.967 <sub>(2706)</sub>	
Média	-	0,559	1,50	25,5	-	17,4	-	9.581	-

U% = Umidade de equilíbrio dos corpos de prova (%);  $\rho_a$  = Densidade aparente;  $\gamma_e$  = Coeficiente de minoração;  $f_e$  = Tensão resistente ao embutimento;  $\Delta f_e / \%T_u$  = Variação percentual de tensão resistente ao embutimento para cada percentual de umidade  $f_{e(Lp)}$  = Limite de proporcionalidade no embutimento;  $\Delta f_{e(Lp)} / \%T_u$  = Variação percentual do limite de proporcionalidade para cada percentual de umidade;  $E_e$  = Rigidez ao embutimento;  $\Delta E_e /$

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

$\%T_u$  = Variação percentual da rigidez ao embutimento para cada percentual de umidade. Os valores entre parênteses correspondem ao desvio padrão.

Ao se comparar o tipo de lenho, tanto na compressão quanto no embutimento não houve diferença entre os coeficientes de minoração. Porém, ao se comparar os diferentes teores de umidade notou-se diferença nos dois ensaios. Sabendo que, quanto menor for o coeficiente de minoração, maior será o limite elástico da madeira tem-se o resultado de que, no ensaio de compressão a madeira mais úmida apresentou um maior limite elástico e, no ensaio de embutimento o maior limite elástico foi encontrado para a madeira mais seca.

Na norma ABNT NBR 7190/1997 a variação percentual da resistência e da rigidez em decorrência da variação da umidade são mencionadas, porém, os valores encontrados neste trabalho diferem da norma e são mais condizentes aos encontrados por Bodig e Jayne (1982). Enquanto a norma utiliza os valores de 3% para resistência e 2% para rigidez, Bodig e Jayne encontraram os valores de 5% para o limite de proporcionalidade em ensaios de compressão e flexão, 6% para a resistência na compressão e 4% na flexão.

Os valores de resistência na compressão e ao embutimento foram corrigidos pelas equações abaixo. Os valores de delta ( $\Delta$ ) se encontram nas tabelas 1 e 2.

$$f_{12} = f_u \left[ 1 + \frac{\Delta(U - 12)}{100} \right] \quad f_{19} = f_u \left[ 1 + \frac{\Delta(U - 19)}{100} \right] \quad (5) \text{ e } (6)$$

$$E_{12} = E_u \left[ 1 + \frac{\Delta(U - 12)}{100} \right] \quad E_{19} = E_u \left[ 1 + \frac{\Delta(U - 19)}{100} \right] \quad (7) \text{ e } (8)$$

Onde:  $f_{12}$  e  $f_{19}$  = tensão corrigida para umidade de 12% e 19%, respectivamente;  $E_{12}$  e  $E_{19}$  = rigidez corrigida para umidade de 12% e 19%, respectivamente;  $f_u$  = tensão na umidade real a ser corrigida;  $E_u$  = rigidez na umidade real a ser corrigida;  $\Delta$  = fator de correção encontrado nas tabelas 1 e 2;  $U$  = umidade real a ser corrigida.

Na tabela 3 encontram-se os valores médios de resistência e rigidez corrigidos para 12% e 19% de umidade.

Tabela 3 - Valores médios de resistência e rigidez na compressão e ao embutimento, corrigidos para 12% e 19% de umidade, da madeira de *Pinus caribaea* var. *caribaea*

Madeira	U %	$f_c$ MPa	$f_e$ MPa	$f_c/f_e$	$f_{c(Lp)}$ MPa	$f_{e(Lp)}$ MPa	$f_{c(Lp)}/f_{e(Lp)}$	$E_c$ MPa	$E_e$ MPa	$E_c/E_e$
cerne	12	40,6 <sup>aA</sup>	36,8 <sup>aA</sup>	1,10	27,6 <sup>aA</sup>	26,3 <sup>aA</sup>	1,05	8.282 <sup>aA</sup> <sub>[14,5]</sub>	9.408 <sup>abA</sup> <sub>(1056)</sub>	0,88
	19	28,3 <sup>bA</sup>	22,0 <sup>bB</sup>	1,29	20,2 <sup>bA</sup>	14,9 <sup>bA</sup>	1,36	4.955 <sup>bA</sup> <sub>[5]</sub>	7.894 <sup>bA</sup> <sub>(1784)</sub>	0,63
alburno	12	46,4 <sup>aA</sup>	31,6 <sup>aB</sup>	1,47	29,9 <sup>aA</sup>	21,8 <sup>bA</sup>	1,37	8.263 <sup>aA</sup> <sub>[17,7]</sub>	11.635 <sup>aA</sup> <sub>(2397)</sub>	0,71
	19	32,7 <sup>bA</sup>	21,3 <sup>bB</sup>	1,54	23,6 <sup>aA</sup>	14,2 <sup>bB</sup>	1,66	6.473 <sup>abA</sup> <sub>[12,8]</sub>	8.131 <sup>bA</sup> <sub>(2839)</sub>	0,80

$f_c$  = Tensão resistente à compressão paralela às fibras da madeira;  $f_e$  = Tensão resistente ao embutimento;  $f_{c(Lp)}$  = Limite de proporcionalidade na compressão paralela às fibras;  $f_{e(Lp)}$  = Limite de proporcionalidade no embutimento;  $E_c$  = Rigidez à compressão paralela às fibras;  $E_e$  = Rigidez ao embutimento. Letras minúsculas comparam médias na mesma coluna, e letras maiúsculas na mesma linha, pelo teste de Tukey, a 5% de significância. Valores sub-

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





# III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

escrito e entre colchetes são as médias dos postos. Letras distintas, para a variável  $E_c$ , mostram diferenças estatísticas pelo teste de Dunn, ao nível de 5% de significância.

Os valores de tensão resistente na compressão foram superiores aos de embutimento, com exceção da madeira de cerne com 12% de umidade. Nascimento et al (2012) e Almeida et al (2014) também encontraram valores para resistência na compressão e no embutimento que não foram equivalentes ao que a norma preconiza, mostrando que os resultados variam de acordo com a espécie estudada.

No limite de proporcionalidade, considerando a diferença entre compressão e embutimento, só foi notada diferença na madeira de alburno a 19% de umidade. Na madeira de alburno, o efeito da umidade no limite de proporcionalidade, no embutimento e na compressão não foi significativo.

O efeito da umidade na rigidez da compressão foi significativo na madeira de cerne, o que não ocorreu no alburno. Na rigidez ao embutimento, ocorreu o inverso, onde a diferença ocorreu no alburno e não no cerne. Ao comparar a rigidez na compressão e no embutimento não houve diferença significativa, mas, numericamente, os valores para embutimento foram superiores.

## 5. CONCLUSÕES

Os valores das variações percentuais na resistência e na rigidez, para cada percentual de umidade, foram diferentes daqueles sugeridos pela norma ABNT NBR 7190/1997.

O tipo de lenho não afetou as propriedades de resistência e rigidez em ensaios de compressão e embutimento.

As resistências na compressão e no embutimento foram equivalentes apenas na madeira de cerne com 12% de umidade.

A rigidez na compressão e no embutimento foram equivalentes.

O efeito da umidade na rigidez da madeira foi notado nos testes de compressão no lenho de cerne, e no ensaio de embutimento, no lenho de alburno.

## 6. AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq, à UFRRJ e à Faperj pelo apoio prestado ao desenvolvimento deste trabalho.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, D. H. De; SCALIANTE, R. de M.; CHRISTOFORO, A. L.; LAHR, F. A. R.; MOLINA, J. C. M.; CALIL JUNIOR, C. Comparação das resistências ao embutimento paralelo às fibras de madeiras de pínus oocarpa, cumaru e pínus taeda. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 14, n. 3, p. 113-119, jul./set. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – NBR 7190: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO





## III CBCTEM

Congresso Brasileiro de Ciência  
e Tecnologia da Madeira  
Florianópolis - 2017

BODIG, J.; JAYNE, B. A. Mechanics of wood and wood composites. Van Nostrand Reinhold, New York. 1982.

CALIL JUNIOR, C.; LAHR, F. A. R.; DIAS, A. A. Dimensionamento de elementos estruturais de madeira. Barueri, Manole. 2003.

MEIRELLES, C. R. M.; DINIS, H.; SEGALL, M. L.; SANT'ANNA, S. S. Considerações sobre o uso da madeira no Brasil em construções habitacionais. III Fórum de Pesquisa FAU. Mackenzie. São Paulo, 2007.

NASCIMENTO, A. M.; XAVIER, C. N.; SILVA, M. A.; NASCIMENTO, L. A. C. Resistências à compressão e ao embutimento, e densidade das madeiras de *Corymbia citriodora*, *Eucalyptus pellita* e *Eucalyptus paniculata*. XIII Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeira. UFES. Vitória, 2012.

PONCE, R. H. (1995). Madeira Serrada de Eucalipto: Desafios e Perspectivas. Seminário Internacional de Utilização da Madeira de Eucalipto para Serraria. Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). São Paulo, 1995.

XAVIER, C. N.; NASCIMENTO, A. M.; NASCIMENTO, L. A. C.; SILVA, M. A. Efeito do teor de umidade e da direção de carregamento na resistência de ligações pregadas em madeiras de reflorestamento. Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science) 7(1): 51-60, 2016.

REALIZAÇÃO



APOIO



ORGANIZAÇÃO

