

Resistência da madeira ao embutimento perpendicular às fibras: comparação de métodos de ensaio

Embedment strength of wood perpendicular to the grain: comparison of test methods

Diego Henrique de Almeida
Antonio Alves Dias

Resumo

As ligações em estruturas de madeira são os pontos com maiores concentrações de tensões. Para o dimensionamento de ligações por pinos metálicos, dois parâmetros são utilizados: a resistência ao escoamento do aço e a resistência da madeira ao embutimento. O objetivo deste trabalho foi comparar métodos de ensaio e critérios de dimensionamento de documentos normativos (NBR 7190, EN 383, ASTM D-5764, EUROCODE 5 e NDS) para a determinação da resistência da madeira ao embutimento na direção perpendicular às fibras. Foram utilizadas seis espécies de madeira (*Schizolobium amazonicum*, *Pinus elliottii* var. *elliottii*, *Pinus oocarpa* Shiede, *Hymenaea* sp, *Lyptus* (*Eucalyptus grandis*/*Eucalyptus urophylla*) e *Goupia glabra*) e quatro diâmetros (8 mm, 10 mm, 12 mm e 16 mm) para os pinos metálicos nos testes. Em todos os casos observaram-se maiores valores médios da resistência da madeira ao embutimento determinados pelo método EN 383, sendo que em nenhum dos ensaios realizados, de acordo com essa norma, foi atingido o limite de 5 mm de deslocamento entre o pino metálico e a peça de madeira. Os resultados experimentais obtidos nesse caso tiveram boa concordância com os valores calculados pelos critérios da NBR 7190. Não foi possível realizar os testes usando o método de ensaio da norma NBR 7190, devido à dificuldade de obter as dimensões requeridas para os corpos de prova na direção perpendicular às fibras.

Palavras-chave: Estruturas de madeira. Ligações. Madeira. Pinos metálicos. Resistência ao embutimento.

Abstract

*Connections are the points with higher stress concentrations in wood structures. For the design of this fasteners two parameter are used: tensile strength of the steel and the embedment strength of the wood member. The aim of this study was to compare the testing methods and design criteria of different normative documents (NBR 7190, EN 383, ASTM D-5764, EUROCODE 5 and NDS) to determine the wood embedment strength perpendicular to the grain. Six species of wood (*Schizolobium amazonicum*, *Pinus elliottii* var. *elliottii*, *Pinus oocarpa* Shiede, *Hymenaea* sp, *Lyptus* (*Eucalyptus grandis*/*Eucalyptus urophylla*) and *Goupia glabra* and four metal dower diameters (8 mm, 10 mm, 12 mm and 16 mm) were used in the tests. In all cases, the average value of the experimental results of embedment strength to the grain obtained from the EN 383 standard were the highest; the limit slip of 5 mm between metal dowel and wood member never was reached in tests performed according to this standard. The experimental results obtained in this case presented good agreement with the values calculated according to the design criteria of NBR 7190. It was not possible to carry out the tests according to the NBR 7190 method because of the difficulty to obtain the dimensions required for the specimen in perpendicular direction.*

Keywords: Timber structures. Connections. Wood. Metal dowel-type fasteners. Embedment strength.

¹Diego Henrique de Almeida

¹Universidade Federal de Rondônia
Porto Velho - RO - Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-6220-4004>

²Antonio Alves Dias

²Universidade de São Paulo
São Carlos - SP - Brasil

Recebido em 18/06/18
Aceito em 02/01/19

Introdução

A madeira pode ser utilizada na construção civil desde elementos provisórios nas construções (fôrmas e escoramentos) e como elementos estruturais (vigas, treliças e pilares) (CALIL JUNIOR; LAHR; DIAS, 2003; CALIL JUNIOR; MOLINA, 2010). Para o dimensionamento dos elementos estruturais de madeira é importante o conhecimento de suas propriedades físicas e mecânicas, que podem ser determinadas de acordo com procedimentos experimentais padronizados por normas (LOGSDON; FINGER; PENNA, 2008; ALMEIDA *et al.*, 2013; LAHR *et al.*, 2016) e de maneiras indiretas, em ensaios não destrutivos (SEGUNDINHO *et al.*, 2012; HASSAN HORÁČEK; TIPPNER, 2013; CARVALHO *et al.*, 2017).

Os projetos de estruturas de madeira demandam ligações entre elementos estruturais. Estas ligações são dimensionadas de acordo com as propriedades da madeira, as propriedades do conector (pregos e parafusos são os mais empregados) (ALMEIDA *et al.*, 2014a; ALMEIDA, 2014) e as ações impostas à estrutura, além dos coeficientes necessários para segurança.

Desde que atendidos o espaçamento mínimo entre os pinos e destes com a borda das peças, a falha da ligação pode ocorrer pela flexão do pino metálico ou pelo seu embutimento na madeira, que é a deformação da madeira ocasionada pelo conector metálico. A resistência da madeira ao embutimento é a propriedade mecânica relacionada com o estado múltiplo de tensões na interface madeira e pino metálico (ALMEIDA, 2014; ALMEIDA *et al.*, 2014b, 2014c). O estudo dessa propriedade pode ser realizado nas direções paralela e perpendicular em relação às fibras, de acordo com procedimentos experimentais recomendados por normas (SANDHAAS *et al.*, 2013; KENNEDY *et al.*, 2014; SANTOS; JESUS; MORAIS, 2015; ALMEIDA; DIAS, 2016; MOLINA *et al.*, 2017).

A norma NBR 7190 (ABNT, 1997) define a resistência da madeira ao embutimento (f_e) como o quociente entre a força aplicada ao corpo de prova que causa uma deformação específica residual de 2‰ ($F_{e,2‰}$), essa deformação específica residual é obtida da razão entre o deslocamento do pino metálico e a base de medida $14 \cdot d$ e a área resistente ao embutimento do pino metálico, produto entre o

diâmetro do pino metálico (d) e a espessura (t) do corpo de prova.

De acordo com a norma europeia EN 383 (EUROPEAN..., 2007), a resistência da madeira ao embutimento é determinada pela razão entre a máxima força resistida pelo corpo de prova ($F_{e,max}$) ou a força que causou o deslocamento de 5 mm do pino metálico ($F_{e,5mm}$) pela área resistente ao embutimento, produto entre o diâmetro do pino metálico (d) e a espessura (t) do corpo de prova.

A norma americana ASTM D-5764 (AMERICAN..., 2018) define a resistência da madeira ao embutimento como a carga aplicada que causa um deslocamento do pino metálico igual a 5% em relação ao valor do diâmetro do pino metálico ($F_{e,5\%}$) dividido pela área resistente ao embutimento.

Na impossibilidade da determinação da resistência da madeira ao embutimento através dos ensaios experimentais, as normas NBR 7190 (ABNT, 1997), Eurocode 5 (EUROPEAN..., 2004) e NDS (AMERICAN..., 2001) apresentam equações que consideram outros parâmetros para estimativa desta propriedade, entre eles: a resistência à compressão paralela às fibras (f_{c0}), o diâmetro do pino metálico (d) e a densidade da madeira (ρ).

De acordo com a NBR 7190 (ABNT, 1997), a resistência da madeira ao embutimento perpendicular às fibras (f_{e90}) pode ser estimada pela Equação 1, que leva em consideração o parâmetro α_e (Tabela 1).

$$f_{e90} = 0,25 \cdot f_{c0} \cdot \alpha_e \quad \text{Eq. 1}$$

De acordo com a norma Eurocode 5 (EUROPEAN..., 2004), a resistência da madeira ao embutimento perpendicular às fibras (f_{e90}) pode ser estimada pela Equação 2, que leva em consideração o parâmetro k_{90} , calculado para madeiras coníferas (*softwoods*) e folhosas (*hardwoods*), Equações 3 e 4, respectivamente.

$$f_{e90} = \frac{0,082 \cdot (1 - 0,01 \cdot d) \cdot \rho}{k_{90}} \quad \text{Eq. 2}$$

$$k_{90} = 1,35 + 0,015 \cdot d \quad \text{Eq. 3}$$

$$k_{90} = 0,90 + 0,015 \cdot d \quad \text{Eq. 4}$$

Tabela 1 - Valores de α_e para diferentes diâmetros de pinos metálicos

d (cm)	≤ 0,62	0,95	1,25	1,60	1,90	2,20	2,50	3,10	3,80	4,40	5,00	≥ 7,50
α_e	2,50	1,95	1,68	1,52	1,41	1,33	1,27	1,19	1,14	1,10	1,07	1,00

Fonte: NBR 7190 (ABNT, 1997).

Para a estimativa da resistência da madeira ao embutimento perpendicular às fibras da madeira, a norma NDS (AMERICAN..., 2001) estabelece a Equação 5, que leva em consideração o diâmetro do pino metálico e a densidade da madeira.

$$f_{e90} = 212 \cdot (0,001 \cdot \rho)^{1,45} \cdot d^{-0,5} \quad \text{Eq. 5}$$

O objetivo deste trabalho foi estudar a resistência da madeira ao embutimento perpendicular às fibras da madeira determinada de acordo com os procedimentos experimentais recomendados por diferentes normas e, também, utilizando equações que levam em consideração a densidade da madeira, a resistência à compressão paralela às fibras e o diâmetro do pino metálico, estimar a resistência da madeira ao embutimento perpendicular às fibras.

Material e métodos

Para realização desta pesquisa foram utilizadas madeiras de seis espécies com o intuito de abranger diferentes classes de resistência recomendadas pela norma NBR 7190 (ABNT, 1997): Paricá (*Schizolobium amazonicum*); Pinus elliotii (*Pinus elliotii* var. *elliotii*); Pinus oocarpa (*Pinus oocarpa* Shiede); Jatobá (*Hymenaea* sp); Lyptus (*Eucalyptus urograndis*); Cupiúba (*Goupia glabra*). Os lotes de madeira eram homogêneos e foram obtidos de centros comerciais especializados da cidade de São Carlos (Estado de São Paulo) e possuíam teor de umidade de equilíbrio de 12%, de acordo com a norma NBR 7190 (ABNT, 1997).

Para cada espécie foram confeccionados 12 corpos de prova para determinação da resistência à compressão paralela às fibras (f_{c0}), de acordo com a NBR 7190 (ABNT, 1997). Nos mesmos corpos de prova para determinação de f_{c0} , também foram determinadas as densidades aparentes (ρ), com a madeira a 12% de umidade. Os valores médios determinados para f_{c0} e ρ foram utilizados nas equações para o cálculo de f_{e90} .

Os pinos metálicos, com 120 mm de comprimento e com diâmetros iguais a 8 mm, 10 mm, 12 mm e 16 mm foram obtidos de barras de aço de 6 m de comprimento. Os pinos metálicos com diâmetros de 10 mm, 12 mm e 16 mm foram adotados nesta pesquisa, pois são os mais utilizados na construção de estruturas de madeira e, com o objetivo de verificar os procedimentos de ensaios das normas com pino mais flexível, também foi utilizado o pino metálico com 8 mm de diâmetro, apesar da norma NBR 7190 (ABNT, 1997) recomendar diâmetro igual a 10 mm.

A geometria dos corpos de prova para realização do ensaio de embutimento na direção perpendicular às fibras é realizada de acordo com o diâmetro do pino

metálico (Figura 1). Dessa maneira, não foi possível confeccionar os corpos de prova para determinação da resistência da madeira ao embutimento na direção perpendicular às fibras de acordo com a norma NBR 7190 (ABNT, 1997), pois esta requer dimensão, na direção perpendicular às fibras igual a 18 vezes o diâmetro do pino metálico, necessitando de peças de madeira com no mínimo 18 cm nessa direção. Os testes ocorreram em uma máquina universal de ensaios eletrônica da marca DARTEC, com capacidade de 100 kN. Para cada combinação madeira/diâmetro do pino metálico/norma foram confeccionados 3 corpos de prova.

Os valores calculados foram obtidos de acordo com os critérios das normas apresentados na introdução deste artigo.

O parâmetro α_e utilizado para o cálculo da resistência da madeira ao embutimento na direção perpendicular às fibras (Equação 1) foi determinado por interpolação linear de acordo com os valores da Tabela 1. Para os pinos metálicos utilizados nesta pesquisa com diâmetros de 8 mm, 10 mm, 12 mm e 16 mm, os valores de α_e foram iguais a 2,20, 1,90, 1,72 e 1,52, respectivamente.

Para o cálculo da resistência da madeira ao embutimento na direção perpendicular às fibras de acordo com a norma Eurocode 5 (ECS, 2004), foram utilizados os valores médios de densidade aparente, obtidos a partir dos mesmos corpos de prova utilizados nos testes de compressão paralela. Para o cálculo do parâmetro k_{90} (Equações 3 e 4), foram classificadas como coníferas (*softwoods*) o Pinus elliotii e o Pinus oocarpa e como folhosas (*hardwoods*) o Paricá, o Jatobá, o Lyptus e a Cupiúba.

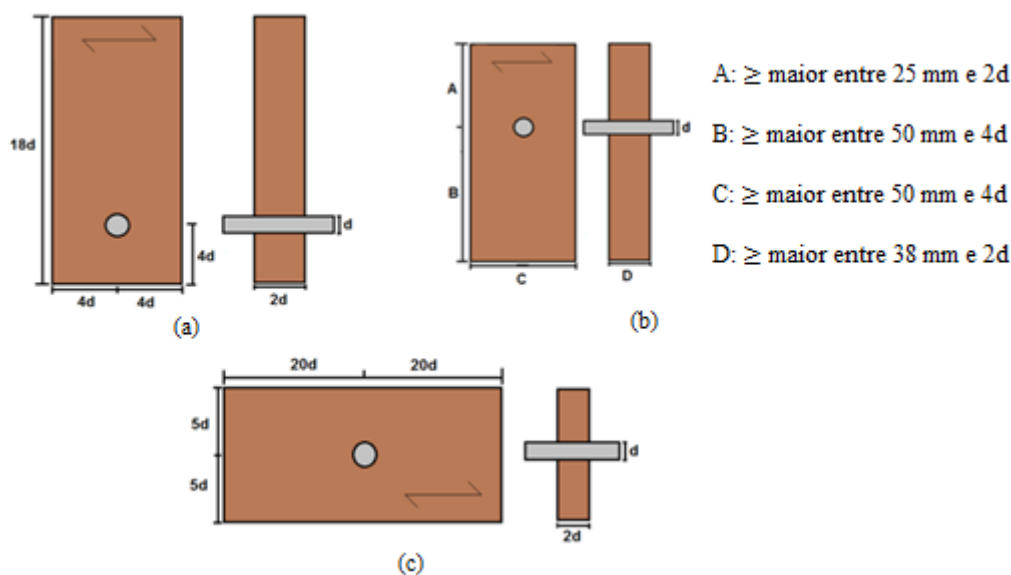
Foram utilizados os valores do diâmetro nominal dos pinos metálicos (8 mm, 10 mm, 12 mm e 16 mm) para os cálculos da resistência da madeira ao embutimento, tendo em vista que estas equações são utilizadas na ausência de ensaios experimentais específicos.

Resultados e discussões

A Tabela 2 apresenta os valores médios e os coeficientes de variação dos resultados obtidos experimentalmente para a resistência ao embutimento na direção perpendicular às fibras das seis espécies estudadas.

A Tabela 3 mostra os valores calculados para a resistência na compressão perpendicular às fibras, bem como os valores médios experimentais da resistência na compressão paralela às fibras e da densidade aparente que foram utilizados nos cálculos.

Figura 1 - Geometria dos corpos de prova de acordo com as normas (a) NBR 7190 (ABNT, 1997), (b) ASTM D-5764 (AMERICAN..., 2018) e (c) EN 383 (EUROPEAN..., 2007)



Fonte: adaptado de Almeida (2014).

Tabela 2 - Resistência ao embutimento na direção perpendicular às fibras (f_{e90}) (MPa) - valores experimentais

Normas	d (mm)	Espécies					
		Paricá	Pinus elliottii	Pinus oocarpa	Jatobá	Lyptus	Cupiúba
EN 383 (ECS, 2007)	8	13,40 (7)*	22,90 (2)	18,00 (1)	79,70 (3)	37,00 (8)	35,10 (2)
	10	10,60 (6)	21,70 (24)	24,50 (20)	69,80 (11)	34,80 (7)	45,70 (6)
	12	12,40 (6)	24,10 (3)	17,00 (5)	67,10 (4)	29,70 (3)	30,90 (3)
	16	16,80 (5)	25,70 (4)	20,80 (5)	80,80 (5)	23,20 (5)	21,50 (6)
ASTM D-5764 (ASTM, 2018)	8	6,70 (3)	9,20 (5)	11,60 (5)	29,80 (4)	21,20 (2)	15,10 (8)
	10	5,90 (29)	13,20 (17)	8,00 (23)	40,90 (11)	22,30 (3)	20,70 (1)
	12	3,60 (13)	23,10 (8)	9,20 (3)	46,00 (5)	20,10 (2)	22,80 (1)
	16	8,90 (1)	14,20 (1)	19,00 (1)	43,70 (1)	16,10 (5)	20,30 (4)

Nota: *coeficiente de variação apresentado entre parênteses - valores em porcentagem (%).

Tabela 3 - Resistência ao embutimento na direção perpendicular às fibras (f_{e90}) (MPa) - valores calculados

Normas	Espécies	Paricá	Pinus elliottii	Pinus oocarpa	Jatobá	Lyptus	Cupiúba
	f_{c0} (MPa)	22,90	33,60	38,40	89,60	53,60	44,50
	ρ (kg/m ³)	320,00	480,00	540,00	970,00	550,00	890,00
NBR 7190 (ABNT, 1997)	d = 8 mm	12,60	18,50	21,10	49,30	29,50	24,50
	d = 10 mm	10,90	16,00	18,20	42,60	25,50	21,10
	d = 12 mm	9,80	14,40	16,50	38,50	23,00	19,10
	d = 16 mm	8,70	12,80	14,60	34,00	20,40	16,90
EUROCODE 5 (ECS, 2004)	d = 8 mm	23,70	24,60	27,70	71,70	40,70	65,80
	d = 10 mm	22,50	23,60	26,60	68,20	38,70	62,60
	d = 12 mm	21,40	22,60	25,50	64,80	36,70	59,50
	d = 16 mm	19,30	20,80	23,40	58,60	33,20	53,80
NDS (AMERICAN..., 2001)	d = 8 mm	14,40	25,90	30,70	71,70	31,50	63,30
	d = 10 mm	12,80	23,10	27,40	64,10	28,20	56,60
	d = 12 mm	11,70	21,10	25,00	58,60	25,70	51,70
	d = 16 mm	10,20	18,30	21,70	50,70	22,30	44,80

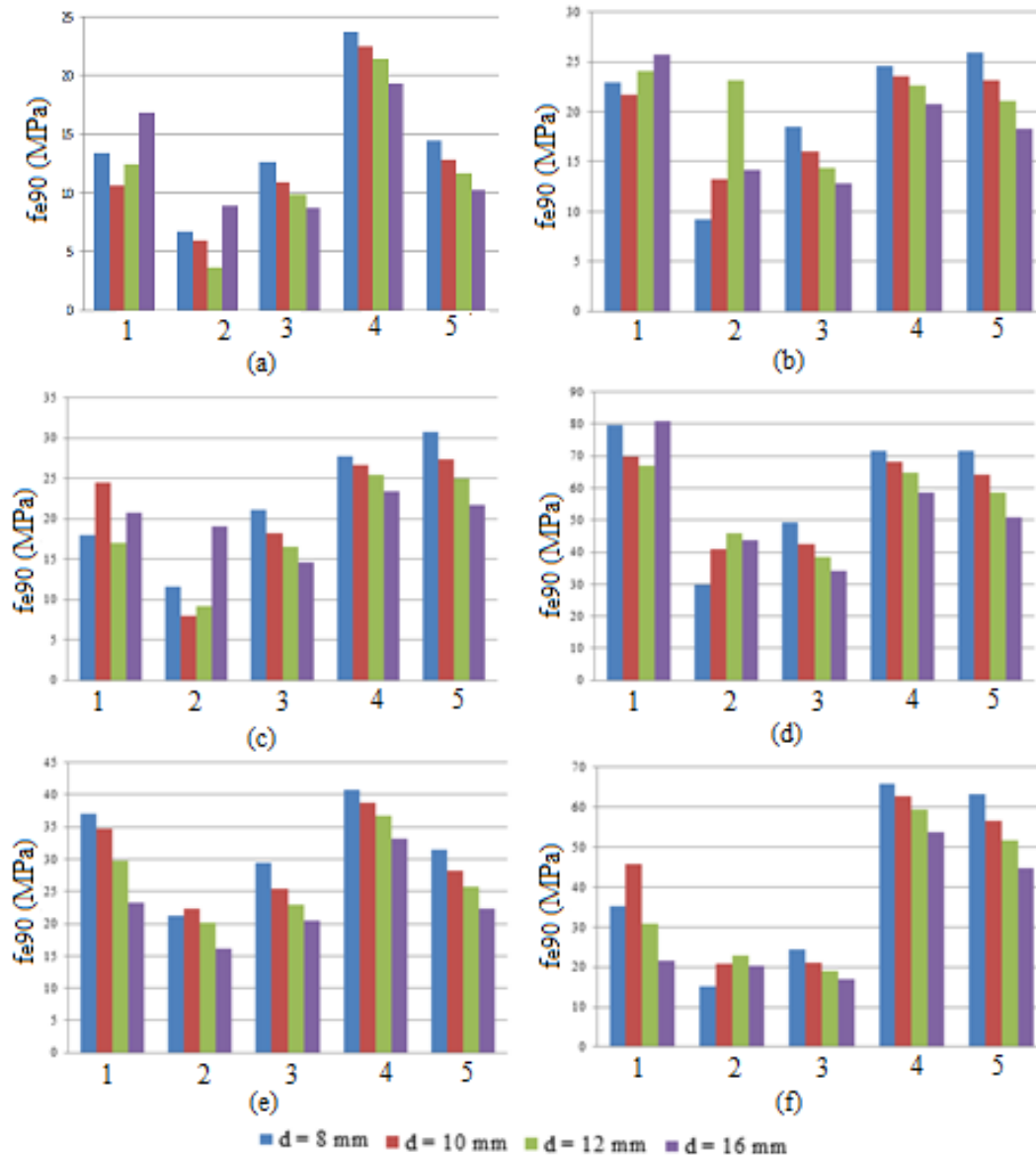
A Figura 2 apresenta graficamente os valores médios da resistência da madeira ao embutimento obtidos de acordo com os procedimentos experimentais recomendados pelas normas EN 383 (EUROPEAN..., 2007) (1) e D-5764 (AMERICAN..., 2018) (2) e os calculados por outros parâmetros de acordo com as normas NBR 7190 (ABNT, 1997) (3), Eurocode 5 (EUROPEAN..., 2004) (4) e NDS (AMERICAN..., 2001) (5).

Para todas as espécies de madeira e diâmetros de pinos metálicos utilizados nesta pesquisa observaram-se maiores valores médios de f_{e90} determinados pelo método EN 383 (EUROPEAN..., 2007) em relação ao método D-5764

(AMERICAN..., 2018). Isso acontece porque o método europeu adota a máxima força de embutimento resistida pelo corpo de prova ou a força que provoca o deslocamento relativo de 5 mm entre o pino metálico e a madeira, enquanto o método americano adota a tensão correspondente ao deslocamento residual igual a 5% do diâmetro do pino.

Considerando o método de ensaio proposto pela norma EN 383 (EUROPEAN..., 2007), a resistência ao embutimento foi determinada utilizando a carga máxima resistida pelo corpo de prova, pois nenhum deles, para todos os diâmetros de pinos considerados, atingiu o deslocamento de 5 mm.

Figura 2 - Valores médios de resistência ao embutimento de acordo com os ensaios experimentais e calculados para a madeira de (a) Paricá, (b) Pinus elliottii, (c) Pinus oocarpa, (d) Jatobá, (e) Lyptus e (f) Cupiúba



Não foram realizados ensaios para determinação da resistência ao embutimento perpendicular às fibras de acordo com a norma NBR 7190 (ABNT, 1997) por causa da dificuldade de se encontrar peças de madeira que possibilitassem a confecção dos corpos de prova com o comprimento recomendado na direção perpendicular às fibras (18 vezes o diâmetro do pino). Nesse sentido, observou-se que o comprimento dos corpos de prova das normas D-5764 (AMERICAN..., 2018) (maior valor entre 75 mm e 6 vezes o diâmetro do pino) e EN 383 (EUROPEAN..., 2007) (10 vezes o diâmetro do pino) facilita a confecção do corpo de prova. Isso destaca a necessidade de adequação da geometria do corpo de prova proposto pela norma NBR 7190 (ABNT, 1997).

De maneira geral, o valor calculado pela NBR 7190 (ABNT, 1997) obteve uma concordância razoável com o valor experimental determinado pela EN 383 (EUROPEAN..., 2007), para as espécies estudadas, com exceção do Jatobá. Nesse caso, referente a uma espécie de alto valor de módulo de elasticidade e de resistência à compressão paralela, a resistência ao embutimento na direção perpendicular calculada pela NBR 7190 (ABNT, 1997) é subestimada em relação ao valor obtido experimentalmente pela EN 383 (EUROPEAN..., 2007).

Conclusões

A adoção da força máxima de embutimento ou a força que causa o deslocamento relativo igual a 5 mm entre o pino metálico e o corpo de prova como critério para a determinação experimental da resistência da madeira ao embutimento pela norma EN 383 (EUROPEAN..., 2007) teve uma concordância melhor com o valor calculado pela NBR 7190 (ABNT, 1997).

O corpo de prova recomendado pela norma EN 383 (EUROPEAN..., 2007) na direção perpendicular em relação às fibras apresenta dimensões que propiciam a confecção de corpos de prova sem dificuldades.

Não foi possível realizar a experimentação de corpos de prova na direção perpendicular às fibras utilizando o método de ensaio da norma NBR 7190 (ABNT, 1997), pois a dimensão nessa direção dificulta a obtenção de peças a partir das quais são confeccionados os corpos de prova. Isso evidencia a necessidade de revisão da norma brasileira para adequação da geometria do corpo de prova proposto pela norma NBR 7190 (ABNT, 1997).

Para todos os casos de espécies de madeira e diâmetros de pinos metálicos utilizados nesta pesquisa observaram-se maiores valores médios da resistência da madeira ao embutimento

determinados pelo método EN 383 (EUROPEAN..., 2007). Em nenhum dos ensaios realizados de acordo com a norma EN 383 (EUROPEAN..., 2007) foi atingido o limite de 5 mm de deslocamento entre o pino metálico e o corpo de prova.

Referências

- ALMEIDA, D. H. **Proposta de Método de Ensaio para Determinação da Resistência da Madeira ao Embutimento**. São Carlos, 2014. 130 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2014.
- ALMEIDA, D. H.; DIAS, A. A. Comparison Between Test Methods to Determine Wood Embedment Strength Parallel to the Grain. **Revista Árvore**, v. 40, n. 4, p. 741-748, 2016.
- ALMEIDA, D. H. *et al.* Comparação Entre Valores de Ensaio Experimentais e Calculados de Resistência ao Embutimento da Madeira de *Pinus taeda* L. **Revista Árvore**, v. 38, n. 2, p. 347-352, 2014a.
- ALMEIDA, D. H. *et al.* Comparação das Resistências ao Embutimento Paralelo às Fibras de Madeiras de *Pinus Oocarpa*, *Cumaru* e *Pinus Taeda*. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 3, 113-119, jul./set. 2014b.
- ALMEIDA, D. H.; ALMEIDA, T. H.; MOLINA, J. C.; FERRO, F. S.; CHRISTOFORO, A. L.; LAHR, F. A. R. Embedment strength of *Pinus* sp. wood to metal pins. **Advanced Materials Research**, 884, 653-656, 2014c.
- ALMEIDA, D. H. *et al.* Caracterização Completa da Madeira da Espécie Amazônica Paricá (*Schizolobium amazonicum* HERB) em Peças de Dimensões Estruturais. **Revista Árvore**, v. 37, n. 6, p. 1.175-1.181, 2013.
- AMERICAN NATIONAL STANDARDS FOR WOOD PRODUCTS; AMERICAN FOREST AND PAPER ASSOCIATION. **NDS**: American national design and specification for wood construction. Washington, 2001.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D-5764**: standard test method for evaluating dowel-bearing strength of wood and wood-based products. West Conshohocken, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: projetos de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.
- CALIL JUNIOR, C.; LAHR, F. A. R.; DIAS, A. A. **Dimensionamento de Elementos Estruturais de Madeira**. Barueri: Manole, 2003.

CALIL JUNIOR, C.; MOLINA, J. C. **Coberturas em Estruturas de Madeira:** exemplos de cálculo. São Paulo: Pini, 2010.

CARVALHO, A. G. *et al.* Método de Ressonância para Predição das Propriedades Mecânicas das Madeiras de *Eucalyptus urophylla* e *Pinus oocarpa* termorretrificadas. **Revista Matéria**, v. 22, n. 1, p. e11772, 2017.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EN 383:** timber structures: test methods: determination of embedding strength and foundation values for dowel type fasteners. Brussels, 2007.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **EUROCODE 5:** design of timber structures: part 1-1: general rules and rules for buildings. Brussels, 2004.

HASSAN, K. T. S.; HORÁČEK, P.; TIPPNER, J. Evaluation of Stiffness and Strength of Scots Pine Wood Using Resonance Frequency and Ultrasonic Techniques. **BioResources**, v. 8, n. 2, p. 1634-1645, 2013.

KENNEDY, S. *et al.* Design Equations for Embedment Strength of Wood for Threaded Fasteners in the Canadian Timber Design code. In: **WORLD CONFERENCE ON TIMBER ENGINEERING**, 13., Quebec, 2014. **Proceedings...** Quebec: WCTE, 2014.

LAHR, F. A. R. *et al.* Full Characterization of *Vatairea* sp Wood Specie. **International Journal of Materials Engineering**, v. 6, n. 3, p. 92-96, 2016.

LOGSDON, N. B.; FINGER, Z.; PENNA, E. S. Caracterização Físico-Mecânica da Madeira de Cedro-Marinheiro, *Guarea trichilioides* L. (Meliaceae). **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 1, p. 43-51, 2008.

MOLINA, J. C. *et al.* Embedment Strength of Dowels in Wood Specimens According to ABNT NBR 7190 (1997) e EUROCODE 5 (2004). **REM: International Engineering Journal**, v. 70, n. 1, p. 9-17, 2017.

SANDHAAS, C. *et al.* Embedment Tests Parallel-to-Grain and Ductility Aspects Using Various Wood Species. **European Journal of Wood Products**, v. 71, p. 599-608, 2013.

SANTOS, C. L.; JESUS, A. M. P.; MORAIS, J. J. L. Embedment Strength Characterization of Pine Wood: numerical study of the non-linear behavior. **Ciência e Tecnologia dos Materiais**, v. 27, p. 15-26, 2015.

SEGUNDINHO, P. G. A. *et al.* Aplicação do Método de Ensaio das Frequências Naturais de Vibração Para Obtenção do Módulo de Elasticidade de Peças Estruturais de Madeira. **Revista Árvore**, v. 36, n. 6, p. 1.155-1.161, 2012.

Diego Henrique de Almeida

Departamento de Engenharia Civil, Núcleo de Tecnologia | Universidade Federal de Rondônia | Rodovia BR 364, km 9,5 | Porto Velho - RO - Brasil | CEP 76801-059 | Tel.: (69) 2182-2100 | E-mail: diegoestruturas@gmail.com

Antonio Alves Dias

Departamento de Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia | Universidade de São Paulo | Av. Trabalhador São-carlense, 400, Parque Arnold Schmidt | São Carlos - SP - Brasil | CEP CEP 13566-590 | Tel.: (16) 3373-8207 | E-mail: dias@sc.usp.br

Revista Ambiente Construído

Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Av. Osvaldo Aranha, 99 - 3º andar, Centro

Porto Alegre - RS - Brasil

CEP 90035-190

Telefone: +55 (51) 3308-4084

Fax: +55 (51) 3308-4054

www.seer.ufrgs.br/ambienteconstruido

E-mail: ambienteconstruido@ufrgs.br



This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License.