

Comparação entre resultados determinados para propriedades mecânicas da madeira a partir de duas máquinas universais de ensaios

Fabiane Salles Ferro e Felipe Hideyoshi Icimoto, Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Materiais, São Carlos, SP. e-mail: fsferro@usp.br, icimoto@usp.br.

Diego Henrique de Almeida, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas) Departamento de Engenharia Civil, Poços de Caldas, MG. e-mail: diegoestruturas@gmail.com

André Luis Christoforo, Universidade Federal de São Paulo, Departamento de Engenharia Civil, São Carlos, SP. e-mail: alchristoforo@yahoo.com.br

Elen Aparecida Martines Morales, Universidade Estadual Paulista "Julio de Mesquita Filho", Campus de Itapeva, Itapeva, SP. e-mail: elen@itapeva.unesp.br

Francisco Antonio Rocco Lahr, Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia de Estructuras, São Carlos, SP. e-mail: frocco@sc.usp.br

Resumo: A madeira é um material heterogêneo com características distintas entre espécies, entre indivíduos da mesma espécie e entre regiões de uma árvore. O conhecimento dessa variabilidade é fundamental para definir e dimensionar as partes componentes de uma estrutura, pois reflete em suas propriedades mecânicas. A caracterização mecânica de madeiras é realizada em máquina universal de ensaios, e os procedimentos de ensaios são baseados nas recomendações de documentos normativos nacionais e internacionais. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da máquina universal de ensaios utilizada e da posição do corpo de prova na determinação da rigidez da madeira à flexão estática e na compressão paralela às fibras. Os resultados obtidos para o módulo de elasticidade mostraram que a posição dos corpos de prova, tipo de máquina de ensaio e a interação entre estes dois fatores não foram significativos, fornecendo resultados estatisticamente equivalentes para todas as condições experimentais investigadas. Já a escolha da face para fixação dos relógios comparadores nos corpos de prova foi significativa na obtenção do módulo de elasticidade na compressão paralela às fibras das madeiras de *Corymbia* e de Cedro.

Palavras-chave: caracterização mecânica; máquina universal de ensaios; rigidez da madeira.

Comparison between results determined for mechanical properties of wood from two universal testing machines

Abstract: Wood is a heterogeneous material with different characteristics among species, individuals of the same species and even within a tree. Knowledge of this variability is essential to define and measure the component parts of a structure, as reflected in its mechanical properties. The mechanical characterization of wood is conducted in universal testing machine and testing procedures are based on recommendations of national and international normative documents. The aim of this study was to compare the influence of universal testing machine used and the position of the specimen to determine the stiffness of the wood in static bending and compression parallel to grain. Results for the modulus of elasticity showed that the position of the specimens, type testing machine and the interaction between these two factors were not significant, providing statistically equivalent for all experimental conditions investigated.

Keywords: mechanical characterization; universal testing machine; stiffness of wood.

1. Introdução

A busca por materiais sustentáveis está cada vez maior. Nesse cenário a madeira, principalmente as provenientes de florestas plantadas, se destaca, pois é uma das principais matérias-primas utilizadas pelo homem nas mais diversas áreas da economia. Além disso, a madeira apresenta algumas vantagens na sua utilização, entre as quais podemos destacar a não agressão ao meio ambiente, sendo um material proveniente de fonte renovável de energia, e sua contribuição para redução do efeito estufa por intermédio do consumo de gases tóxicos, como o CO₂, no processo de fotossíntese realizado durante o crescimento da árvore.

Por ser um material de origem biológica, a madeira possui grande variabilidade, apresentando características distintas entre espécies, entre indivíduos de mesma espécie e até dentro de uma mesma árvore. Essa variabilidade é significativamente influenciada por diferentes fatores, desde os relacionados à anatomia, até a posição de retirada das peças a serem avaliadas do interior da árvore (CALIL JUNIOR et al., 2003⁽¹⁾; ROCCO LAHR, 1983⁽²⁾; TRUGILHO et al., 1996⁽³⁾).

A heterogeneidade da madeira afeta significativamente suas propriedades mecânicas (FERRO et al., 2013⁽⁴⁾; ICIMOTO et al., 2013⁽⁵⁾; LEONELLO et al., 2012⁽⁶⁾, LIMA e GARCIA, 2010⁽⁷⁾ e PIMENTEL et al., 2008⁽⁸⁾). Por essa razão, é muito importante o conhecimento dessa propriedade nas três direções principais de simetria anatômica da madeira: longitudinal, tangencial e radial.

O documento normativo da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT NBR 7190: 1997⁽⁹⁾) fornece as diretrizes necessárias para determinação dessas propriedades em seu Anexo B “Determinação das propriedades das madeiras para projetos de estruturas”. Esta norma utiliza como principal referência para as propriedades mecânicas, o ensaio de compressão paralela às fibras, a partir do qual se determinam a resistência e a rigidez da madeira. Normas internacionais como ISO 3350:1975⁽¹⁰⁾ e BS 5820:1979⁽¹¹⁾ de caracterização de madeiras utilizam o ensaio de flexão estática como referência para as outras propriedades mecânicas.

Os ensaios de caracterização mecânica da madeira são realizados em uma máquina universal de ensaios. A ABNT NBR 7190:1997⁽⁹⁾ estabelece que para o ajuste do corpo-de-prova na máquina de ensaio deve-se utilizar uma rótula entre o atuador e o corpo-de-prova, e que os ensaios devem ser procedidos com carregamento monotônico crescente, com uma taxa aproximada de 10 MPa/min.

O Laboratório de Madeiras e Estruturas de Madeiras (LaMEM) pertencente ao Departamento de Engenharia de Estruturas (SET), da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo (USP) possui instalada em suas dependências a máquina universal de ensaios modelo AMSLER em funcionamento há 40 anos. As propriedades de resistência e de rigidez apresentadas na norma ABNT NBR 7190:1997⁽⁹⁾ no Anexo E “Valores médios usuais de resistência e rigidez de algumas madeiras nativas e de reflorestamento” foram determinadas nesse equipamento no trabalho realizado junto a Secretaria de Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico do Estado de São Paulo.

Outros estudos desenvolvidos com o auxílio da AMSLER merecem destaque, como o de Bertolini et al., 2012⁽¹²⁾, que avaliou a influência do comprimento de corpos-de-prova na obtenção do módulo de elasticidade na compressão paralela às fibras e de Ferro et al., 2013⁽⁴⁾ e Icimoto et al., 2013⁽⁵⁾ que avaliaram a influência das condições de ensaios na determinação dos módulos de elasticidade da madeira na compressão paralela às fibras e

na flexão estática, respectivamente, trabalhos estes que podem contribuir na futura revisão da norma brasileira.

Inúmeras pesquisas temas de teses (AZAMBUJA, 2006⁽¹³⁾; NASCIMENTO, 2003⁽¹⁴⁾), dissertações (BERTOLINI, 2011⁽¹⁵⁾; FERRO, 2013⁽¹⁶⁾; ICIMOTO, 2013⁽¹⁷⁾), monografias (ALMEIDA, 2011⁽¹⁸⁾; ICIMOTO, 2011⁽¹⁹⁾) e trabalhos técnico-científicos para os setores públicos e privados já foram e ainda estão sendo realizados utilizando a AMSLER.

A AMSLER é uma máquina servo-controlada com capacidade de carga de 250 kN na qual podem ser realizados os ensaios para determinação das propriedades mecânicas de madeiras e de seus produtos derivados. O uso deste equipamento requer necessariamente a utilização de relógios comparadores ou “clip gage” para determinação dos deslocamentos sofridos através dos carregamentos impostos aos corpos-de-prova. A carga aplicada é observada num relógio analógico que possui dois ponteiros que seguem juntos conforme aplicação da carga até o momento da ruptura do corpo-de-prova, nesse momento, um dos ponteiros retorna ao marco inicial e o segundo indica a carga de ruptura do corpo-de-prova. A AMSLER exige certa habilidade de seu operador, pois é necessário que a velocidade do ensaio seja controlada corretamente de acordo com as recomendações da ABNT NBR 7190: 1997⁽⁹⁾.

O Laboratório de Propriedades dos Materiais do Campus de Itapeva da Universidade Estadual Paulista (UNESP) utiliza a máquina universal de ensaios mecânicos eletrônica da marca EMIC, modelo DL30000 com capacidade de carga de 300 kN. Essa máquina de ensaios é computadorizada, possui sensores que indicam a carga aplicada e os deslocamentos sofridos pelos corpos-de-prova, seu software gera relatórios a respeito dos resultados obtidos. Neste equipamento foram realizados ensaios mecânicos da madeira e seus derivados em termos de teses (DE CONTI, 2011⁽²⁰⁾; OSTAPIV, 2011⁽²¹⁾), dissertações (ALVES, 2012⁽²²⁾), monografias (ARAÚJO, 2011⁽²³⁾; FERREIRA, 2011⁽²⁴⁾) e também, trabalhos técnico-científicos.

Para obtenção de resultados reais para as propriedades mecânicas da madeira, é imprescindível uma aferição e calibração periódica desses equipamentos.

Visto a importância da determinação correta das propriedades da resistência e rigidez da madeira e as diferenças tecnológicas entre os equipamentos de caracterização instalados pelo país, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da máquina de ensaio utilizada e da posição do corpo de prova na determinação da rigidez da madeira à flexão estática e na compressão paralela às fibras.

2. Materiais e Métodos

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira (LaMEM), do Departamento de Engenharia de Estruturas (SET), Escola de Engenharia de São Carlos (EESC), Universidade de São Paulo (USP), e no Laboratório de Propriedades dos Materiais do Campus de Itapeva da Universidade Estadual Paulista (UNESP).

Para a realização deste estudo foram utilizadas duas espécies de madeira para determinação da rigidez na flexão estática, *Corymbia* (*Corymbia citriodora*) e *Pinus* (*Pinus elliottii*), e três espécies para determinação da rigidez na compressão paralela às fibras, *Corymbia citriodora*, *Pinus elliottii* e Cedro (*Cedrela* sp).

Primeiramente os ensaios de flexão estática e compressão paralela às fibras foram realizados na máquina universal AMSLER (fig. 1). Em seguida, os ensaios foram procedidos em uma máquina universal EMIC (fig. 2).



Figura 1- Máquina universal de ensaios mecânicos AMSLER.

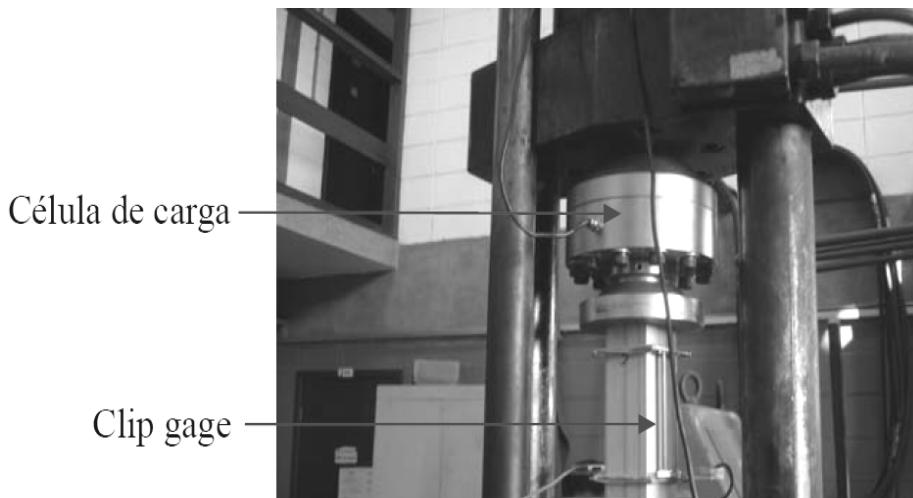


Figura 2- Corpo-de-prova de compressão paralela às fibras, instrumentado com clip gages para ensaio na AMSLER. Fonte: Silva (2012⁽²⁵⁾).

Os fatores e níveis investigados na obtenção do módulo de elasticidade na flexão das madeiras de *Corymbia* e de *Pinus* foram o tipo de máquina de ensaio utilizada (EMIC; AMSLER) e a orientação dos corpos de prova durante o ensaio (Faces: A; B; C; D), conduzindo a um planejamento fatorial completo do tipo 2^14^1 , fornecendo oito condições experimentais (CE) distintas, explicitadas na tab. 1.

Tabela 1- Condições experimentais para avaliação do módulo de elasticidade na flexão.

CE	Máquina	Face
1	EMIC	A
2	EMIC	B
3	EMIC	C
4	EMIC	D
5	AMSLER	A
6	AMSLER	B
7	AMSLER	C
8	AMSLER	D

Para avaliação do módulo de elasticidade na flexão (fig. 3) foram utilizados 6 corpos de prova ($110\text{cm} \times 5\text{cm} \times 5\text{cm}$) por espécie de madeira, seguindo as premissas e métodos de cálculo da norma brasileira ABNT NBR 7190:1997⁽⁹⁾, ensaiados de forma não destrutiva, pelo maior valor do deslocamento estar limitado à razão $L/200$, sendo L a distância entre os apoios. A razão $L/200$ garante comportamento linear físico e geométrico para as peças testadas, sendo condição limite utilizada pela norma brasileira na verificação do estado limite de utilização.



Figura 3- Ensaio de flexão estática a três pontos. a) AMSLER. b) EMIC.

Os fatores e níveis estipulados na obtenção do módulo de elasticidade na compressão paralela às fibras das madeiras de *Corymbia*, *Pinus* e *Cedro* foram o tipo de máquina (EMIC; AMSLER) e as faces de fixação dos relógios comparadores nos corpos de prova (Faces: A; B), conduzindo a um planejamento fatorial completo do tipo 2^2 , fornecendo quatro condições experimentais distintas, explicitadas na Tabela 2.

Tabela 2- Condições experimentais para avaliação do módulo de elasticidade na compressão paralela.

CE	Máquina	Face
1	EMIC	A
2	EMIC	B
3	AMSLER	A
4	AMSLER	B

Para determinação do módulo de elasticidade na compressão paralela às fibras (fig. 4) foram utilizados 6 corpos de prova ($15\text{cm} \times 5\text{cm} \times 5\text{cm}$) por espécie de madeira, seguindo as premissas e métodos de cálculo da norma ABNT NBR 7190:1997⁽⁹⁾. Primeiramente realizaram-se medidas de deformação em duas faces opostas do corpo de prova, e em seguidas nas outras faces complementares.

Os ensaios foram procedidos até 50% da força estimada de ruptura, para garantir que o limite de proporcionalidade (regime elástico) de cada corpo de prova não fosse ultrapassado.

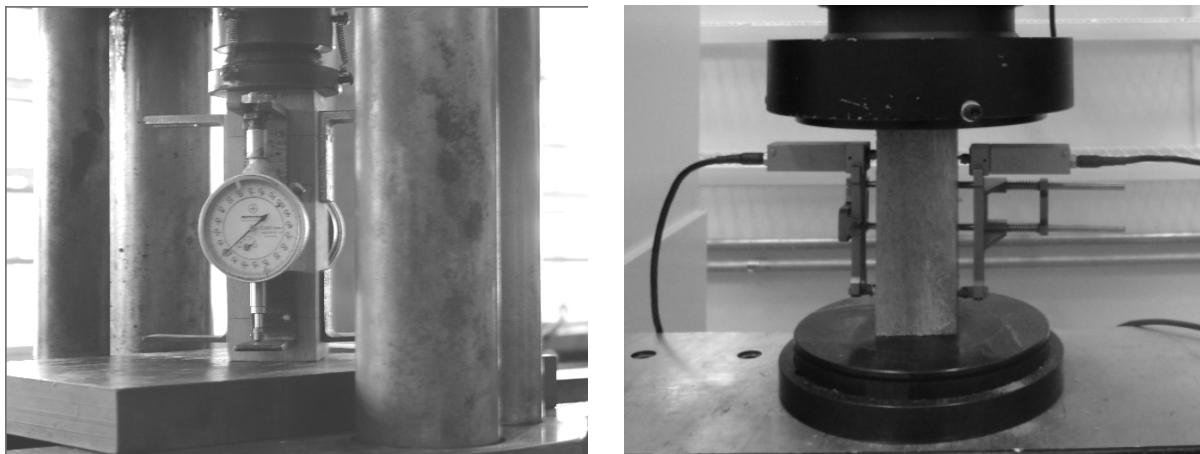


Figura 4- Ensaio de compressão paralela às fibras da madeira. a) AMSLER. b) EMIC.

Para investigar a influência dos fatores individuais e das interações nos módulo de elasticidade na flexão e na compressão, foi-se utilizada a análise de variância (ANOVA), considerada ao nível de significância (α) de 5%, tendo a equivalência entre os valores médios dos módulos de elasticidade como hipótese nula (H_0) e a não equivalência como hipótese alternativa (H_1). P-valor inferior ao nível de significância implica em aceitar H_0 , rejeitando-a em caso contrário.

Para validação da ANOVA foram avaliadas a normalidade (teste de Anderson-Darling) nas distribuições das respostas e a homogeneidade entre variâncias por tratamento (testes de Bartlett e Levene). Ambos os testes foram considerados ao nível de 5% de significância. O teste de Anderson-Darling teve como hipótese nula a normalidade nas distribuições, e a não normalidade como hipótese alternativa. P-valor superior ao nível de significância implica em aceitar H_0 , refutando-a em caso contrário. Os testes de Bartlett e Levene tiveram a equivalência das variâncias entre os tratamentos como hipótese nula, e a não equivalência como hipótese alternativa. P-valor superior ao nível de significância implica em aceitar H_0 , refutando-a em caso contrário.

3. Resultados e Discussões

3.1. Flexão Estática

A tab. 3 apresenta os resultados do módulo de elasticidade (MOE) na flexão para as máquinas EMIC e AMSLER, sendo a média amostral, Cv o coeficiente de variação e Min e Max os menores e os maiores valores, respectivamente.

Tabela 3 - Resultados do MOE na flexão.

	Estatística	EMIC MOE (MPa)	AMSLER MOE (MPa)
Corymbia	\bar{x}	16006	15682
	Cv	11	13
	Min	11464	12075
	Max	18464	18905
	Estatística	EMIC MOE (MPa)	AMSLER MOE (MPa)
Pinus	\bar{x}	12131	12414
	Cv	18	21
	Min	8776	8197
	Max	15073	15805

As fig. 3 e 4 apresentam os resultados dos testes de normalidade e de homogeneidade entre variâncias para o MOE na flexão. Pelos P-valores encontrados serem ambos superiores a 5%, constata-se que as distribuições por resposta são normais e as variâncias são equivalentes.

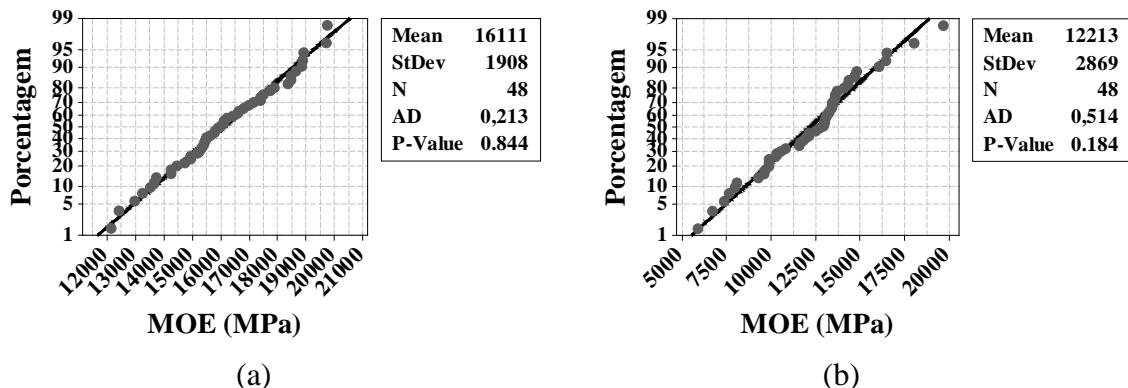


Figura 3- Resultados do teste de Anderson-Darling para o MOE na flexão: Corymbia (a) e Pinus (b).

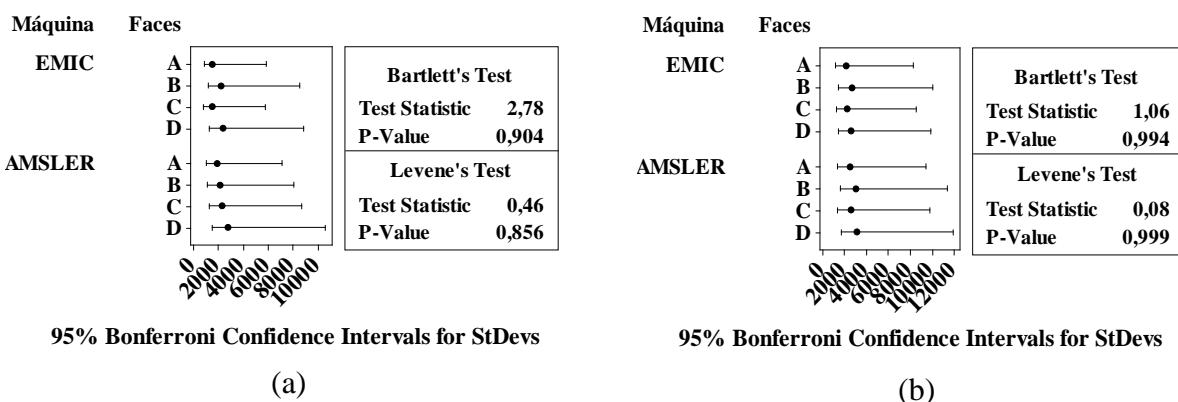


Figura 4 - Resultados do teste de Bartlett e Levene para o MOE na flexão: Corymbia (a) e Pinus (b).

A tab. 4 apresenta os resultados da ANOVA para os módulos de elasticidade na flexão das madeiras de Corymbia e Pinus, sendo DF os graus de liberdade, F a estatística F de Snedecor e P-valor a probabilidade P. Pelos P-valores dos fatores individuais e da interação entre os fatores serem ambos superiores ao nível de significância da ANOVA, estes são considerados não significativos na obtenção do MOE na flexão, fornecendo resultados estatisticamente equivalentes independente da escolha da máquina e da orientação das faces dos corpos de prova.

Tabela 4 - Resultados da ANOVA para o MOE na flexão.

	Fator	DF	F	P-valor
Corymbia	Máquina (M)		0.29	0.595
	Face (F)	47	0.11	0.956
	MxF		0.03	0.991
Pinus	Máquina (M)		0.14	0.707
	Face (F)	47	0.21	0.890
	MxF		0.00	1.000

3.2 Compressão paralela às fibras

A tab. 5 apresenta os resultados do módulo de elasticidade (MOE) na compressão paralela para as máquinas EMIC e AMSLER, sendo a média amostral, Cv o coeficiente de variação e Min e Max os menores e os maiores valores, respectivamente.

Tabela 5 - Resultados do MOE (MPa) na compressão paralela.

Corymbia		
Estatística	EMIC MOE (MPa)	AMSLER MOE (MPa)
\bar{x}	18838	17215
Cv	13	18
Min	15311	11592
Max	23925	24706
Pinus		
Estatística	EMIC MOE (MPa)	AMSLER MOE (MPa)
\bar{x}	12475	11937
Cv	21	16
Min	9075	7913
Max	18177	17219
Cedro		
Estatística	EMIC MOE (MPa)	AMSLER MOE (MPa)
\bar{x}	11285	11424
Cv	8	10
Min	10053	9915
Max	13226	13152

As fig. 5 e 6 apresentam os resultados dos testes de normalidade e de homogeneidade entre variâncias para o MOE na compressão paralela às fibras da madeira. Pelos P-valores encontrados serem ambos superiores a 5%, constata-se que as distribuições por resposta são normais e as variâncias são equivalentes.

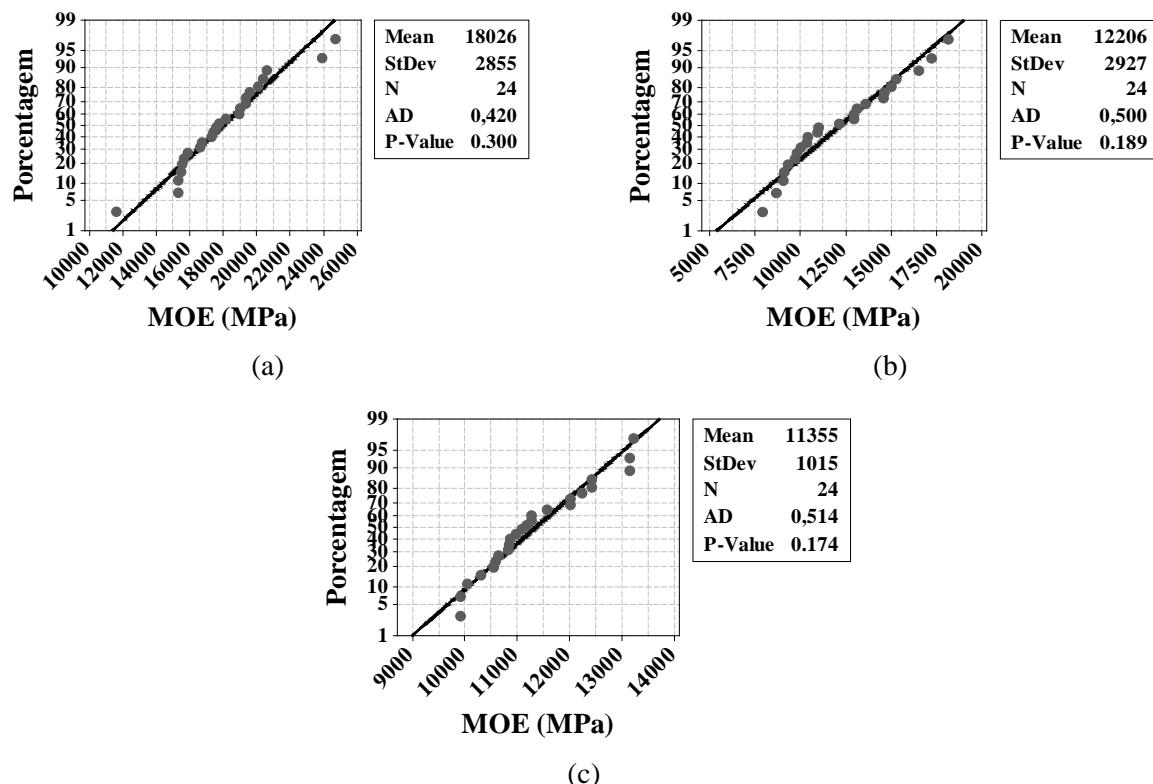


Figura 5- Resultados do teste de Anderson-Darling para o MOE na compressão paralela: Corymbia (a), Pinus (b) e Cedro.

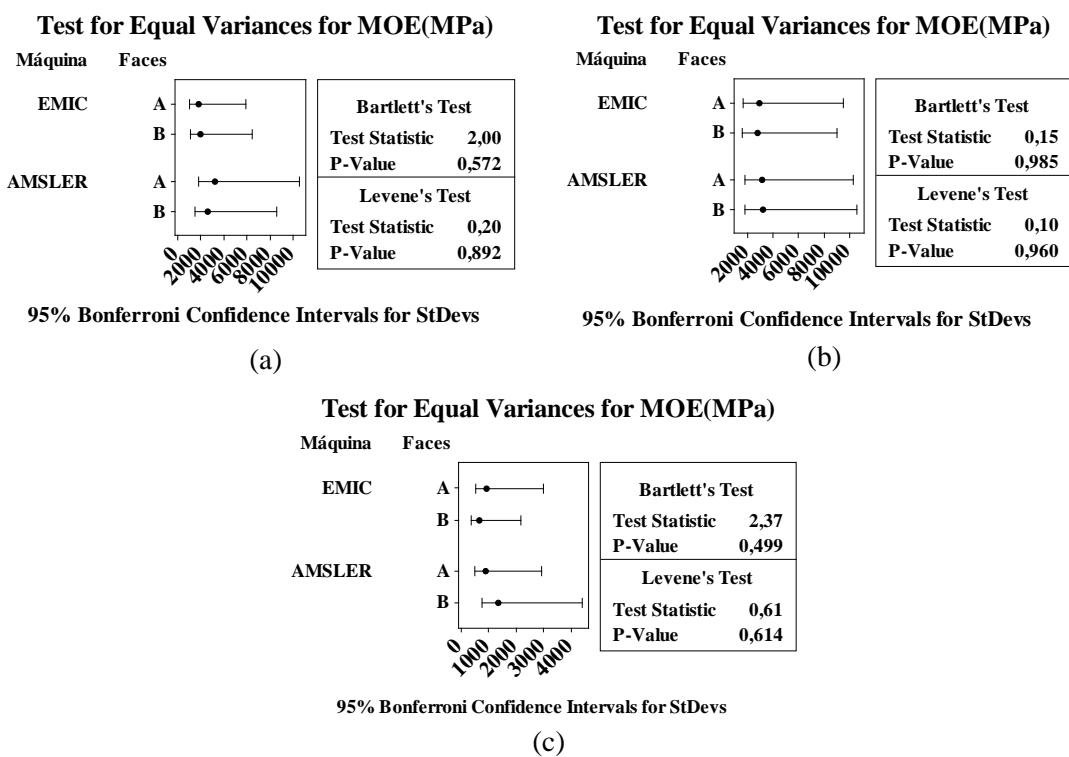


Figura 6- Resultados do teste de Bartlett e Levene para o MOE na compressão paralela: Corimbia (a), Pinus (b) e Cedro.

A tab. 6 apresenta os resultados da ANOVA para os módulos de elasticidade na compressão das madeiras de *Corymbia*, *Pinus* e *Cedro*, sendo DF os graus de liberdade, F a estatística F de Snedecor e P-valor a probabilidade P, encontrando-se sublinhados os P-valores considerados significativos pela ANOVA (P-valor<0,05).

Tabela 6 - Resultados da ANOVA para o MOE na compressão paralela para as madeiras de *Corymbia*, *Pinus* e *Cedro*.

Corymbia			
Fator	DF	F	P-valor
Máquina (M)		2.69	0.117
Face (F)	23	8.92	<u>0.007</u>
MxF		0.25	0.620
Pinus			
Fator	DF	F	P-valor
Máquina (M)		0.20	0.662
Face (F)	23	1.90	0.183
MxF		0.21	0.650
Cedro			
Fator	DF	F	P-valor
Máquina (M)		0.12	0.728
Face (F)	23	5.25	<u>0.033</u>
MxF		0.00	0.979

Com exceção do fator Face para as madeiras de *Corymbia* e de *Cedro*, os demais fatores e interação foram considerados não significativos na obtenção do MOE na compressão paralela pela ANOVA, fornecendo resultados estatisticamente equivalentes, independente da escolha da máquina e da posição (Face) de fixação dos relógios comparadores nas faces dos corpos de prova.

A fig. 7 apresenta os gráficos de efeitos principais da ANOVA sobre o MOE na compressão das madeiras de *Corymbia* e de *Cedro*.

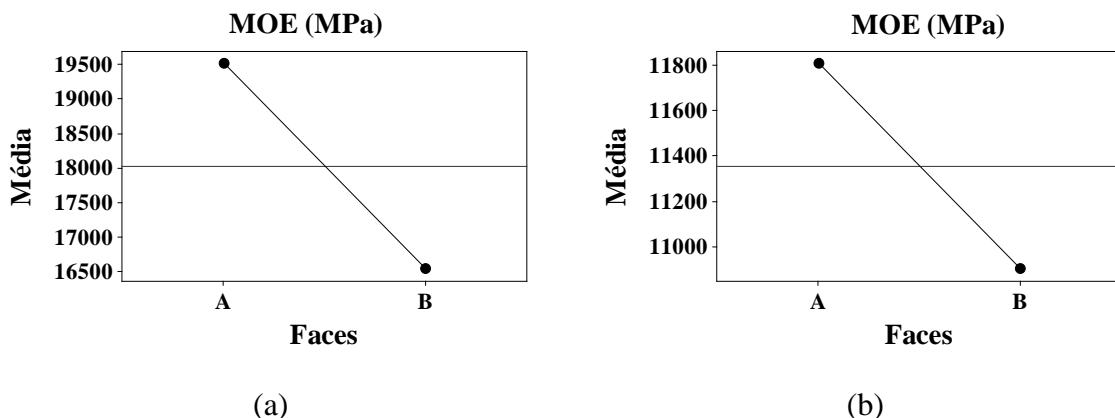


Figura 7- Gráfico de efeitos principais da ANOVA para o MOE na compressão: *Corymbia* (a) e *Cedro* (b).

Os resultados do MOE na compressão das madeiras de *Corymbia* apresentaram uma redução média de 15 % quando comparado ao MOE dos corpos de prova com o relógio

comparador fixado na face A, e para a madeira de Cedro, a diferença encontrada do MOE da face A para a face B foi de 8%.

4. Conclusões

Os resultados da ANOVA para o MOE mostraram que a posição dos corpos de prova, tipo de máquina de ensaio e a interação entre estes dois fatores não foram significativos, fornecendo resultados estatisticamente equivalentes nas oito condições experimentais investigadas.

A análise de variância revelou que a escolha da face para fixação dos relógios comparadores nos corpos de prova foi significativa na obtenção do módulo de elasticidade na compressão paralela às fibras das madeiras de *Corymbia* e de Cedro, o mesmo não ocorrendo com a madeira de *Pinus*, e com relação ao fator tipo de máquina de ensaio e a interação entre os dois fatores, ficou-se constatado não serem significativos no MOE, fornecendo resultados equivalentes.

Por ter sido encontrada diferença significativa entre os valores do MOE na compressão, 15% para as madeiras de *Corymbia* e 8% para as madeiras de Cedro, faz-se necessário à fixação dos relógios comparadores nas duas faces dos corpos de prova, ensaiados de forma não destrutiva, de maneira a garantir que o valor de rigidez obtido e utilizado no dimensionamento da estrutura seja o mais conservador possível, visado sua maior segurança.

5. Referências bibliográficas

- (1) Calil Jr, C.; Rocco Lahr, F. A.; Dias, A. A. (2003). *Dimensionamento de elementos estruturais de madeira*. Manole, Barueri, 153p.
- (2) Rocco Lahr, F. A. (1983). *Sobre a determinação de propriedades de elasticidade da madeira*. São Carlos. 216p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo.
- (3) Trugilho, P. F.; Lima, J. T.; Mendes, L. M. (1996). *Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de Eucalyptus saligna*. Revista Cerne. Lavras. v. 2, n.1, p.94-111.
- (4) Ferro F. S.; Icimoto F. H.; Almeida D. H.; Christoforo A. L.; Rocco Lahr F. A. (2013). *Verification of test conditions to determine the compression modulus of elasticity of wood*. International Journal of Agriculture and Forestry, California, v.3, n. 2, p. 66-70.
- (5) Icimoto F. H.; Ferro F. S.; Almeida D. H.; Christoforo A. L.; Rocco Lahr F. A. (2013). *Influence of the wood specimen position on calculus of the bending modulus of elasticity*. International Journal of Materials Engineering, California, v. 3, n.3, p. 41-46.
- (6) Leonello, E. C.; Ballarin, A. W.; Ohto, J. M.; Palma, H. A. L.; Escobar, J. F. (2012). *Classificação estrutural e qualidade da madeira do Clone GT 1 de Hevea brasiliensis Muell. Arg. Floresta e Ambiente*. Seropédica. v. 19, n. 2, p.229-235.
- (7) Lima, I. L.; Garcia, J. N. (2010). *Variação da densidade aparente e resistência à compressão paralela às fibras em função da intensidade de desbaste, adubação e posição radial em Eucalyptus grandis Hill ex-maiden*. Revista Árvore. Viçosa. v. 34, n. 3, p.551-559.

- (8) Pimentel, M. M.; Selegato P. A. M.; Garcia J. N.; Lima I. L. (2008). *Variação de propriedades de madeira da Tectona Grandis Linn. F. (Teca) em função do espaçamento e da posição radial da tora.* Instituto Florestal, n. 36, p.19-24.
- (9) Associação Brasileira de Normas Técnicas. (1997). *NBR 7190 - Projetos de estruturas de madeira.* São Paulo. 107p.
- (10) International Organization for Standardization. (1975). ISO 3350- *Wood- Determination of static hardness.* 2p.
- (11) British Standards. (1979). BS 5820- *Methods of test for determination of certain physical and mechanical properties of timber in structural sizes.* London. 12p.
- (12) Bertolini, M. S.; Silva D. A. L.; Souza A. M.; Calil Neto C.; Rocco Lahr F. A. (2012). *Influência do Comprimento de Corpos de prova na obtenção do módulo de elasticidade Ec₀.* Floresta e Ambiente, Seropédica. v. 19, n. 2, p. 179-183.
- (13) Azambuja, M. A. (2006). *Estudo experimental de adesivos para fabricação de madeira laminada colada: avaliação da resistência de emendas dentadas, da durabilidade e de vigas.* São Carlos. 158p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- (14) Nascimento, M. F. (2003). *CPH: chapas de partículas homogêneas – madeiras do nordeste do Brasil.* São Carlos. 152p. Tese (Doutorado)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- (15) Bertolini, M. S. (2011). *Emprego de resíduos de Pinus sp tratado com preservante CCB na produção de chapas de partículas homogêneas utilizando resina poliuretana à base de mamona.* São Carlos. 128p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- (16) Ferro, F. S. (2013). *Painéis OSB com madeira Schizolobium amazonicum e resina poliuretana à base de óleo de mamona: viabilidade técnica de produção.* São Carlos. 101p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- (17) Icimoto, F. H. (2013). *Dormentes em madeira laminada colada de Pinus oocarpa.* São Carlos. 122p. Dissertação (Mestrado)- Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
- (18) Almeida, D. H. (2011). *Análise das resistências de embutimento e de compressão para madeiras de Pinus e Eucalipto.* Itapeva. 100p. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira)- Faculdade de Engenharia de Itapeva, Universidade Estadual Paulista.
- (19) Icimoto, F. H. (2011). *Dormentes maciços e de madeira laminada colada produzidos com Pinus oocarpa.* Itapeva. 104p. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira), Faculdade de Engenharia de Itapeva, Universidade Estadual Paulista.
- (20) De Conti, A. C. (2011). *Resistência mecânica de juntas coladas em madeira de Eucalyptus sp.* Guaratinguetá. 102p. Tese (Doutorado)- Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista.

- (21) Ostapiv, F. (2011). *Resistência mecânica do material compósito: madeira de eucalipto-lâmina de bambu*. Guaratinguetá. 154p. Tese (Doutorado)- Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista.
- (22) Alves, P. R. G. (2012). *Resistência na linha de cola em superfícies lixadas da madeira de Eucalipto*. Guaratinguetá. 108p. Dissertação (Mestrado)- Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista.
- (23) Araújo, I. I. (2011). *Painel particulado composto por casca de eucalipto na camada intermediária*. Itapeva. 95p. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira) - Faculdade de Engenharia de Itapeva, Universidade Estadual Paulista.
- (24) Ferreira, B. S. (2011). *Produção e caracterização físico-mecânica de painel de compensado de *Eucalyptus* sp. e adesivo PVA*. Itapeva. 64p. Monografia (Graduação em Engenharia Industrial Madeireira)- Faculdade de Engenharia de Itapeva, Universidade Estadual Paulista.
- (25) Silva, M. R. (2011). *Efeito do tratamento térmico nas propriedades químicas, físicas e mecânicas em elementos estruturais de *Eucalipto citriodora* e *Pinus taeda**. São Carlos. 223p. Dissertação (Mestrado), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

