Avaliação do Desempenho Estrutural de Pilares de Madeira Laminada Colada



Bruno Conrado dos Santos[1]; Cristofer Bernardi Scremim[2]; Diego Leal da Silva[1]; Jonas Furtado do Nascimento JR[1]; Tiago Radaskievicz[2].
[1]Faculdade Educacional de Araucária;[2]MSc da Faculdade Educacional de Araucária

RESUMO
Este trabalho consiste na avaliação do desempenho estrutural de pilares de madeira laminada colada. O objetivo principal foi avaliar o desempenho dos pilares com a espécie *Eucalyptus Grandis,* submetidos a flexocompressão. Na parte experimental, foram confeccionados 14 pilares (sendo seis esbeltos, cinco medianamente esbeltos e três curtos) nas três categorias de esbeltez sugeridas pela ABNT NBR 7190/97. As propriedades da madeira utilizada nessa pesquisa foram definidas após a execução dos ensaios de umidade e densidade bem como o ensaio de compressão paralela as fibras e cisalhamento na lâmina da cola, conforme os procedimentos normativos vigentes da ABNT NBR 7190/97. Como principal resultado desta pesquisa pode-se destacar que os pilares confeccionados em madeira laminada colada possuem melhor desempenho mecânico quando comparado à corpos de prova de madeira maciça.

Palavras-chave: Pilares de madeira laminada colada. Eucalytus Grandis. Análise Estrutural. Estruturas de madeira.

ABSTRACT
In this study, the structural performance of pillars made of glued laminated timber was evaluated. The aim of this study was to analyze the performance of the pillars with the species *Eucalyptus Grandis*, which were subjected to flexo-compression. During the experimental part of this project, 14 pillars were prepared (3 of which were slim, 2 slightly slim and 3 short) on the three categories of slenderness suggested by ABNT NBR 7190/97 (the properties of the wood used in this work were defined after humidity and density tests, as well as the compression parallel to grain resistance essay and shear strength at the bondline, according to the procedures mentioned by ABNT NBR 7190/97). One of the main results of this research is that the pillars built in glued laminated timber have a superior mechanical performance compared to massive wood bodies.

Key-words: Pillars made of glued laminated timber. Eucalytus Grandis. Structural analysis. wood structure

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho consiste na avaliação do desempenho estrutural de pilares de madeira laminada colada. O objetivo principal foi avaliar o desempenho dos pilares com a espécie *Eucalyptus Grandis,* submetidos a flexocompressão.

A madeira é um material de ampla disponibilidade na natureza e fácil manuseio, por isso é possivelmente um dos materiais mais antigos utilizados pelo homem. Por ser renovável e versátil possui um grande potencial para ser utilizada em estruturas, mas

devido a defeitos naturais e ações do meio externo, suas propriedades mecânicas são reduzidas. (PFEIL, 2003, p.1)

Em 1906 o mestre carpinteiro suíço Otto Hetzer deu início ao uso de adesivo caseína na união das laminas de madeira ao invés de utilizar braçadeiras e parafusos, deu-se início a utilização de MLC (Madeira Laminada Colada) como elementos estruturais na construção civil. Assim dividindo a estrutura em laminas pode-se seleciona-las para minimizar seus defeitos. Mais tarde surgiram novos adesivos sintéticos que alavancaram seu uso, principalmente na Europa e Estados Unidos da América. (SZÜCS, 2004)

As estruturas de MLC, apresentam algumas vantagens em relação às de madeira maciça e de outros materiais, pois podem possuir diversas formas e tamanhos, melhor controle de qualidade da madeira e sua umidade e a possibilidade de construir peças com eixo curvo. (PFEIL, 2003, p.14)

No entanto, ainda são escassos estudos aprofundados na área de estruturas de MLC utilizando espécies de madeiras cultivadas no Brasil. A espécie *Eucalyptus Grandis*, foi selecionada, baseada na hipótese de que essa espécie possui as propriedades físicas e mecânicas suficientes para atender os requisitos mínimos de desempenho estrutural estabelecido por norma e levando em consideração a disponibilidade deste material no Paraná. Segundo o Mapeamento dos Plantios Florestais do Estado do Paraná de 2015 o Estado possui 340.315 ha (hectares) da espécie *Eucalyptus*, concentrando-se sua maior parte na região Centro Sul com 210.687 há, o que representa 62% do total de área plantada. (ELSFELD; NASCIMENTO, 2015)

Por fim, um estudo aprofundado dos pilares fabricados em madeira laminada colada, submetida a esforços de flexocompressão, se justifica, pois atualmente no Brasil não existe uma norma específica regulamentando as construções com MLC, a ABNT NBR 7190/1997 não aborda em seu texto correlações com estruturas em madeiras executadas com seção maciça. (CALIL, 2011)

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 MADEIRA – PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS

A madeira é um dos materiais mais antigos já utilizados pelo homem, isso acontece devido ao fato de possuir grande quantidade e variedade disponível na natureza, sendo este um material renovável, de fácil manuseio e de ótima resistência/peso, sendo assim a mesma é muito utilizada em estruturas. (PFEIL, 2003, p.1)

Devido ao material possuir boas características físicas e mecânicas, é necessário se classificar as mesmas, para facilitar o seu uso em determinadas situações.

(FIGUEROA, 2012, p.52)

As arvores são plantas pertencentes a divisão das Fanerógamas, sendo está dividida em: Gminospermas (classe das Coníferas) e Angiospermas (classe das Dicotiledôneas). A espécie *Eucalyptus Grandis* pertence à classe das Dicotiledôneas. (COSTA, 2012, p.6)

2.1.1 Teor de umidade

A madeira possui a capacidade de absorver a umidade do ar, variando seu volume e forma conforme o ambiente em que esta inserida, alterando assim as propriedades físicas e mecânicas. (FIGUEROA, 2012, p.52)

Conforme ABNT NBR 7190/1997 a umidade da madeira é calculada através da equação 01:

$$U = \frac{m_i - m_s}{m_s} * 100 \quad (01)$$

Sendo:

U = Umidade (%);

m_i = Massa úmida;

m_s = Massa seca.

O limite do teor de água em madeiras verdes na classe das coníferas é de 130%, sendo que está umidade pode estar alojada no interior da madeira como nas fibras. (PFEIL, 2003, p.4)

A ABNT NBR 7190/1997, descreve um roteiro especifico para a determinação da umidade da madeira analisada, este roteiro esta contido no anexo B da norma.

2.1.2 Densidade

Fiorelli (2005) afirma que a efetividade de peças de MLC estão relacionadas diretamente com a densidade da madeira utilizada, como orientação devem ser utilizadas madeiras com densidade entre 0,40g/cm³ até 0,75 g/cm³.

2.1.3 Modulo de elasticidade

Segundo Beer (1995) as estruturas são projetadas de modo a permitir apenas pequenas deformações, que não superem os valores do diagrama de tensão normal x

deformação específica, correspondentes ao regime elástico do diagrama, representado na figura 1. Na parte inicial do diagrama, a tensão normal é diretamente proporcional à deformação específica.

Conforme a ABNT NBR 7190/1997, o modulo de elasticidade é calculado conforme a equação 02:

$$E_{C0} = \frac{\sigma\ 50\% - \sigma\ 10\%}{\varepsilon 50\% - \varepsilon 10\%} \qquad (02)$$

Onde:

$\sigma_{50\%}$ E $\sigma_{10\%}$ = tensões de compressão correspondentes a 10% e 50% da resistência de ruptura (Mpa);

$\varepsilon_{50\%}$ e $\varepsilon_{10\%}$ = deformações especificas medidas no corpo-de-prova, condizente as tensões 10% e 50%.

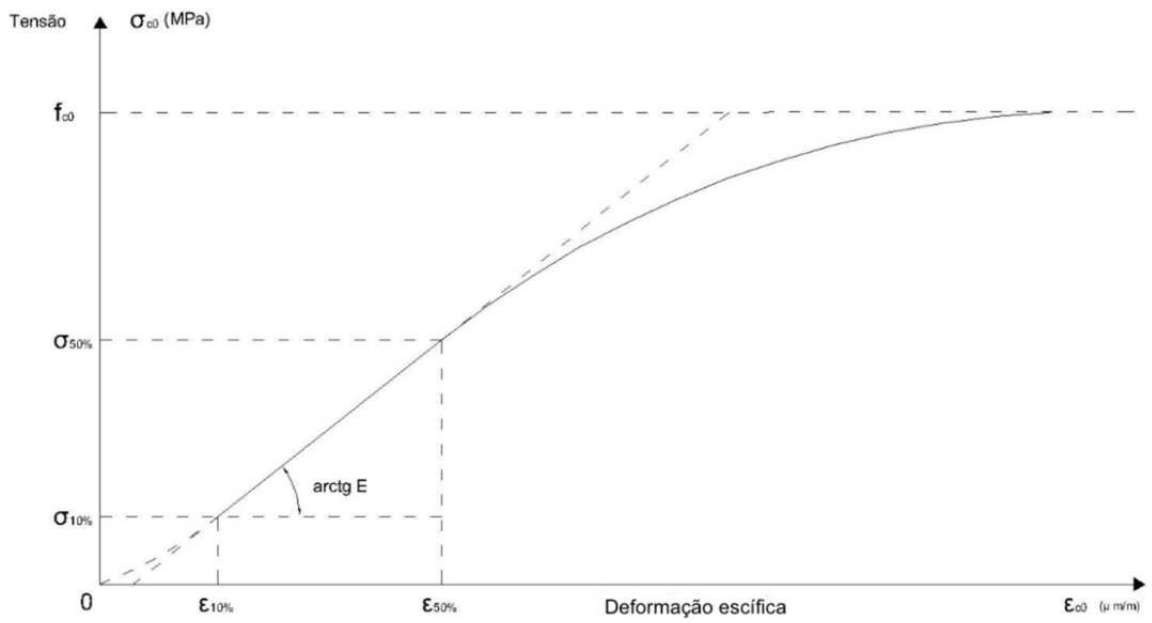

FIGURA 1: DIAGRAMA TENSÃO NORMAL X DEFORMAÇÃO ESPECIFICA.
FONTE: ABNT NBR 7190/1997.

2.1.4 Resistências mecânicas

Segundo a ABNT NBR 7190/1997, o dimensionamento de estruturas de madeira é baseado no método de estados limite. O estado limite é um método semiprobabilístico que determina as condições gerais que devem ser seguidas no projeto, na execução e no controle das estruturas de madeira. (FIGUEROA, 2012, p.102)

Conforme ABNT NBR 7190/1997 os valores de solicitações atuantes (Sd) não podem superar os valores de solicitações resistentes (Rd), conforme equação 02:

$$Sd \leq Rd \quad (03)$$

De acordo com a ABNT NBR 7190/1997, para as espécies já investigadas por laboratórios idôneas, que foram apresentaram os valores médios dos módulos de elasticidades e das resistências, devem ser corrigidos para a umidade de referência correspondente de 12% de umidade, adotando as equações 03 e 04 abaixo, respectivamente:

$$f_{12} = f_{U\%}[1 + \frac{3(U\% - 12)}{100}] \quad (04)$$

$$E_{12} = E_{U\%}[1 + \frac{2(U\% - 12)}{100}] \quad (05)$$

Sendo:

U% = Umidade;

f_{12} = resistência característica a 12% de umidade;

$f_{U\%}$ = resistência característica a umidade da madeira.

Com os valores das resistências das peças a 12%, se faz uma media, assumindo então o valor médio como resistência característica da madeira, esta media é feita através da equação 05:

$$f_{wk,12} = 0{,}70 * f_{wm,12} \quad (06)$$

Sendo:

$f_{wk,12}$ = resistência característica a 12% de umidade;

$f_{wm,12}$ = resistência característica media a 12% de umidade.

2.1.5 Lenho juvenil e lenho adulto

Bendtsen (1984) compara a madeira juvenil com a madeira adulta, e afirma que a madeira do lenho juvenil possui as reações e a contração longitudinais maiores. Por outro lado, a densidade, a resistência e a rigidez são maiores na madeira adulta.

2.1.6 Direções preferenciais

Segundo Figueroa (2012, p.51) a madeira possui três direções preferenciais, são elas: longitudinal, radial e tangencial. Por possuir este tipo de comportamento a madeira é considerada um material ortotropico.

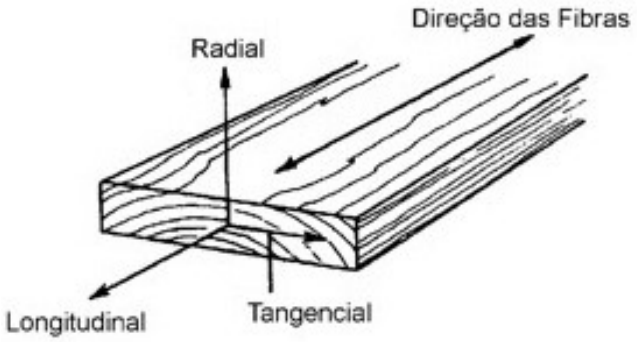

FIGURA 2: EIXOS PRINCIPAIS DA MADEIRA.
FONTE: ADAPTADO PELOS AUTORES; RITTER, 1990.

2.2 MADEIRA LAMINADA COLADA

Entende-se por MLC o material produzido a partir de lâminas em dimensões reduzidas comparadas às dimensões da peça final. As lâminas são unidas por colagem, dispostas de uma maneira que as fibras estejam paralelas entre si. (CALIL, 2011)

Miotto e Dias (2009) destacam que em estruturas de MLC pode-se reduzir as rachaduras e outros defeitos típicos de peças maciças com grandes dimensões, visto que por ser compostas por lâminas coladas seus defeitos são dispersos no volume da peça, o que a torna mais homogênea.

Segundo Arruda (1995), a técnica do laminado-colado confere as estruturas de madeiras vantagens, como:

A. Comparando com as estruturas de madeira maciça, as estruturas em MLC permitem vencer grandes vãos, devido ao fato de exigir um número bem menor de ligações;
B. No conjunto arquitetônico há a possibilidade de obter ótimos efeitos estéticos, como raios de curvatura reduzidos, peças com tamanhos variados e até diferentes planos;
C. As seções e os comprimentos não se restringem pela seção geométrica dos troncos das árvores.

Segundo Miotto e Dias (2009), a fabricação de estruturas de MLC deve ser dividida em 4 fases: Classificação e secagem das lâminas, aplicação de emendas, colagem das lâminas e acabamentos finais.

A escolha do adesivo, vai depender do meio em que a estrutura está localizada, teor de umidade e temperatura (FIORELLI, 2005). De acordo com Calil (2005), no Brasil os adesivos mais utilizados na produção de MLC são os poliuretanos e os que são à base de resorcinol, cuja a cura ocorre à temperatura ambiente.

2.3 PILARES

De acordo com a ABNT NBR 7190/1997 é necessário se calcular o índice de esbeltez da peça para assim então dimensiona-la, conforma a equação 06 e 07:

$$\lambda = \frac{l_0}{i_{min}} \tag{06}$$

Sendo:

l_0 = comprimento de flambagem do elemento;

i_{min} = raio de giração.

$$i_{min} = \sqrt{\frac{l_{min}}{A}} \tag{07}$$

Sendo:

I_{min} = momento de inércia mínimo;

A = área da seção.

A ABNT NBR 7170/1997 classifica o índice de esbeltez de pilares em três categorias, sendo elas:

a) curtos ($\lambda \leq 40$);

b) Medianamente Esbeltos ($40 < \lambda \leq 80$);

c) esbeltos ($\lambda > 80$).

Nos pilares curtos são considerados somente os esforços de compressão simples, já nos pilares medianamente esbeltos e esbeltos considera-se os esforços de flexocompressão.

2.4 FLEXOCOMPRESSÃO E MÉTODO DE EULER

Flexocompressão são cargas de compressão axial aplicada perpendicularmente ao comprimento da peça, causando assim flexão no elemento estrutural (HIBBELER, 2010).

De acordo com Vinson e Sierakowski (1987) quando uma peça for submetida a uma força de compressão, a mesma deverá apresentar dois tipos de carregamentos, instável ou estável, este comportamento será definido pelo valor da carga que será

aplicada na peça. O limite do comportamento estável para um comportamento instável, é determinado pela carga crítica da peça.

3 METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho foi escolhida a espécie Eucalyptus Grandis de origem de reflorestamento. Foram utilizados dois lotes diferentes, sendo uma peça circular de 10 cm de diâmetro para os corpos de prova de caracterização e outra peça de 20 cm de diâmetro para fabricação dos pilares. Suas características estão apresentadas na tabela 01.

TABELA 1 - VALORES MÉDIOS USUAIS PARA A MADEIRA UTILIZADA

Nome científico	$\rho_{ap\ (12\%)}$ kg/m³	f_{c0} MPa	f_{t0} MPa	f_{t90} MPa	f_v MPa	E_{c0} MPa	n
Eucalyptus Grandis	640	40,3	70,2	2,6	7,0	12813	103

$\rho_{ap\ (12\%)}$ – massa específica aparente a 12% de umidade
f_{c0} – resistência a compressão paralela as fibras
f_{t0} – resistência a tração paralela as fibras
f_{t90} – resistência a tração normal as fibras
f_v – resistência ao cisalhamento
E_{c0} – módulo de resistência longitudinal obtido no ensaio de compressão longitudinal
n – número de corpos-de-prova ensaiados

FONTE: ADAPTADO PELOS AUTORES; ABNT NBR 7190/1997.

Para os ensaios de caracterização da madeira foram utilizados dois modelos de corpos de prova, sendo que para os ensaios de umidade e densidade foram utilizados os corpos de prova de cisalhamento e de compressão paralela às fibras, após os mesmos terem sidos submetidos aos respectivos ensaios, já para os ensaios de compressão paralela às fibras utilizou-se corpos de provas com as seguintes dimensões: 5,0 cm de altura, 5,0 cm de largura e 15,0 cm de comprimento.

Para os ensaios de flexocompressão foram utilizados 14 corpos de prova, sendo 3 pilares de MLC curtos com seção transversal de 7,5 x 7,5 cm, 2 pilares de MLC medianamente esbeltos com seção transversal de 4,5 x 4,5 cm, 3 pilares de MLC curtos com seção transversal de 3,0 x 3,0 cm. Todas as lâminas dos pilares de MLC possuíam espessura de 1,5 cm, e comprimento de 80,0 cm, visto que foi fixado esse comprimento pela restrição do equipamento. Foram confeccionados pilares maciços com as mesmas dimensões e nas três categorias de esbeltez para que fosse correlacionados os valores obtidos.

Para os pilares maciços curtos se utilizou os resultados do ensaio de compressão simples, pois de acordo com a ABNT NBR 7190/1997 pilares curtos estão sujeitos apenas a esforços de compressão simples.

Os corpos de prova utilizados nos ensaios de cisalhamento foram confeccionados conforme ilustra a figura 3.

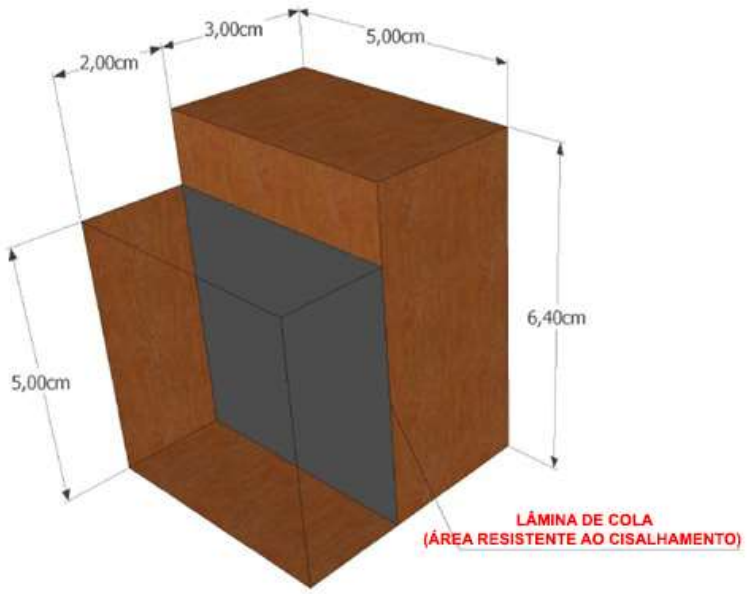

FIGURA 3 - CORPO DE PROVA DE ENSAIO DE CISALHAMENTO
FONTE: OS AUTORES (2017).

Para todos os ensaios de resistência de compressão paralela às fibras, flexocompressão e cisalhamento, foi utilizado um equipamento universal de ensaios da marca EMIC DL com capacidade de carga de 300kN.

Todos os parâmetros utilizados para a realização dos ensaios estão dispostos na ABNT NBR 7190/1997 em seu anexo B.

3.1 ENSAIOS DE CARACTERIZAÇÃO DA MADEIRA

3.1.1 Ensaio de Determinação da Umidade

Este ensaio consiste em determinar a umidade da madeira, iniciou-se o ensaio mediando a massa inicial dos corpos de prova, após os mesmos foram colocados em uma câmara de secagem, onde permaneceram durante 24 horas a uma temperatura de 103°C ± 2°C, ao final das 24 horas foi medido novamente a massa dos corpos de prova, determinando a sua massa seca, e através da equação 01 foi calculado o teor de umidade das peças.

3.1.2 Ensaio de Determinação da Densidade

Este ensaio foi realizado saturando os corpos de prova após a sua secagem no ensaio de umidade, com os corpos de prova saturados, foram medidos novamente e assim determinando o seu volume e sua massa.

A densidade aparente da madeira foi calculada pela equação 07, segundo ABNT NBR 7190/1997:

$$\rho\ ap = \frac{m_{12}}{V_{12}} \quad (07)$$

Sendo:

M_{12} = Massa da madeira a 12% de umidade (kg);

V_{12} = Volume da madeira a 12% da umidade (m^3).

3.1.3 Ensaio de compressão paralela as fibras

Neste ensaio foram determinados o modulo de elasticidade e resistência de compressão paralela as fibras. O modulo de elasticidade foi determinado utilizando a equação 02. A resistência foi determinada realizando um carregamento linear crescente e decrescente de 10 MPa/min a cada 30 segundos nos corpos de prova, após os corpos de prova foram carregados até a sua ruptura.

3.2 PRODUÇÃO DOS PILARES DE MLC

Para produzir os pilares de MLC inicialmente realizou-se a classificação visual e limpeza das lâminas, após, com auxílio de uma espátula aplicou-se o adesivo Jowat-Fazer PUR de 1 componente com largo aspecto de adesão, a qual possui certificação internacional e atende os requisitos da Norma Brasileira. Procedeu-se a prensagem das lâminas em uma prensa EMIC DL com capacidade de carga de 100 kN, exercendo uma pressão de 1,0 MPa por um período de 4 horas, conforme indicação do fabricante.

Após às 4 horas foi realizado os acabamentos nos pilares e então submetidos aos ensaios de resistência mecânica.

3.3 ENSAIOS DE RESISTENCIA MECÂNICA

3.3.1 Ensaio de cisalhamento da lamina da cola

Este ensaio consistiu em submeter os corpos de provas a cargas especificas crescentes à uma taxa 2,5 MPa/minuto até a sua ruptura, para isso utilizou-se um aparato de cisalhamento.

3.3.2 Ensaio de flexocompressão

Este ensaio é feito da mesma forma que o ensaio de compressão paralela as fibras, ou seja, os pilares foram submetidos a um ciclo de carregamento e descarregamento e ao final deste ciclo o mesmo foi carregado até a sua ruptura, neste ensaio também foram utilizados transdutores de deslocamentos para medri os deslocamentos horizontais dos pilares.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ENSAIO DE CISALHAMENTO NA LÂMINA DE COLA

Os ensaios de cisalhamento na lamina de cola foram realizados com a madeira em sua umidade ambiente de 18%, sua resistência foi ajustada para umidade a 12%, e efetuado a média da resistência, assim obteve-se a resistência a cisalhamento característica (Fvk). Os resultados são apresentados na tabela 02:

TABELA 2 – RESULTADOS CISALHAMENTO MADEIRA MACIÇA E LAMINADA COLADA

MADEIRA MACIÇA				MADEIRA LAMINADA COLADA			
Força Máxima Média (kN)	Tensão Média (MPa) U18%	Tensão Média (MPa) U12%	Fvk (MPa) U12%	Força Máxima Média (kN)	Tensão Média (MPa) U18%	Tensão Média (MPa) U12%	Fvk (MPa) U12%
22,87	9,155 ± 1,83	10,80 ± 2,16	7,56	15,17	6,068 ± 1,90	7,86 ± 2,24	5,50

* Desvio padrão

FONTE: OS AUTORES (2017).

4.2 ENSAIO DE COMPRESSÃO PARALELA AS FIBRAS

Os resultados obtidos para os ensaios de compressão paralela as fibras estavam à umidade ambiente de 18% e 26%, esses dados foram ajustados a umidade a 12% e também foram ajustados o módulo de elasticidades para a umidade a 12%, todos os valores estão apresentados na tabela 3:

TABELA 3 – RESULTADOS COMPRESSÃO PARALELA AS FIBRAS

Tensão Média U18 (MPa)	Tensão Média U12 (MPa)	$E_{médio\ U18}$ (MPa)	$E_{médio\ U12}$ (MPa)
38,72 ± 4,87	49,17 ± 10,71	12924,99 ± 1928,60	15265,75 ± 3197,26

FONTE: OS AUTORES (2017).

4.3 ENSAIO DE DENSIDADE

Os ensaios de densidade dos corpos de prova de compressão paralela as fibras apresentaram densidade aparente média de 511,43 Kg/m³ com desvio padrão de 50,94 Kg/m³ e os corpos de prova de cisalhamento apresentaram densidade aparente de 558,98 Kg/m³ com desvio padrão de 91,47 Kg/m³.

4.4 ENSAIO DE FLEXOCOMPRESSÃO

Os ensaios de flexocompressão para os pilares maciços e laminados colados foram realizados com a madeira em uma umidade de 26%, portanto foi ajustado seus valores para umidade a 12%, os resultados estão apresentados na tabela 4.

TABELA 4 - RESUMO DOS RESULTADOS

	Resistencia Maciço (MPa)	Coeficiente de variação (%)	Resistencia MLC (MPa)	Coeficiente de variação (%)
Pilar Curto	49,17 ± 10,71	21,78	48,62 ± 4,43	9,11
Pilar Medianamente Esbelto	45,15 ± 5,83	12,91	48,04 ± 8,23	17,13
Pilar Esbelto	33,34 ± 5,49	16,46	49,64 ± 3,97	7,99

FONTE: OS AUTORES (2017).

Os resultados obtidos com este ensaio possibilitaram a avaliação do desempenho destes pilares ao esforço de flexocompressão. Conforme tabela 08, é possível afirmar que os pilares em MLC esbeltos apresentaram valores de força máxima superiores aos pilares maciços esbeltos, sendo que os pilares de MLC esbeltos apresentaram resistência superior em cerca de 32,84% em relação aos maciços. Para os pilares medianamente esbeltos, a variação de valores foi menor, mas ainda assim os pilares em MLC medianamente esbeltos obtiveram resultados superiores aos pilares maciços medianamente esbeltos, pois os pilares de MLC medianamente esbeltos apresentaram resistência superior em cerca de 22,00% em relação aos maciços.

Para os pilares em MLC curto a avaliação se procedeu de forma diferente, pois o mesmo foi testado apenas para compressão simples não se admitindo esforços de flexocompressão, pelo fato deste modelo de pilar ter sido medido apenas para compressão simples, seus resultados foram comparados com os resultados obtidos no ensaio de compressão paralela as fibras. Analisando os resultados das tabelas 3 e 4 com a tabela 1,

é possível ver que para este caso os valores de tensão máxima obtidos nas tabelas 3 e 4 foram inferiores aos apresentados na tabela 1. Por fim notou-se que quanto mais lâminas de cola, menor foi sua eficiência em relação ao maciço.

A figura abaixo ilustra as resistências obtidas para cada tipo de pilar.

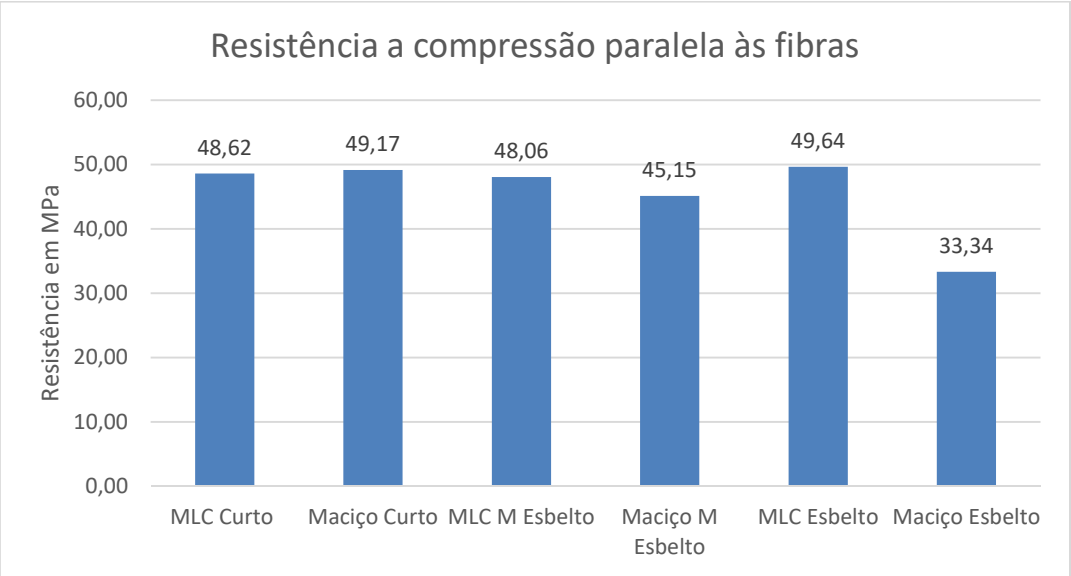

FIGURA 4 – GRÁFICO DE RESISTÊNCIA.
FONTE: OS AUTORES (2017).

A Colagem das lâminas influenciou pouco para os pilares curtos e muito em pilares com esbeltez elevada, além de garantir um desempenho estrutural mais uniforme, conforme os coeficientes de variação apresentados na tabela 7.

5 CONCLUSÃO

As principais conclusões obtidas após as análises dos pilares de madeira laminada colada estão elencadas abaixo:

A. Os ensaios de caracterização da madeira para a espécie *Eucalyptus Grandis* foram necessários, pois estes ensaios possibilitaram caracterizar a madeira de modo de a correlacionar os resultados obtidos nos outros ensaios realizados de forma mais próxima ao real comportamento das peças em MLC. Os resultados obtidos na caracterização atenderam parcialmente as especificações de norma, visto que o módulo de elasticidade apresentou 83,40%, a densidade 87,34%, a resistência ao cisalhamento na lâmina de cola 78,57% e a resistência paralela às fibras 85,41%, em relação aos valores normativos, já a resistência ao cisalhamento para os corpos maciços atenderam a especificação de norma de 7,00 MPa, conforme o anexo E da ABNT NBR 7190/97.

B. Os ensaios de resistência mecânica em pilares de MLC medianamente esbeltos e esbeltos apresentaram valores superiores comparados aos do mesmo ensaio feito em pilares maciços, sendo 45,15 MPa para os pilares medianamente esbeltos, o que representa 22,00% maior e 49,64 para pilares esbeltos, o que representa 32,84% maior e 48,62 MPa para pilares curtos, que pode-se considerar que apresentou resistência semelhante aos pilares maciços curtos.
C. Os resultados obtidos, foram influenciados negativamente pelas variações nas propriedades da madeira empregada, bem como as variações proporcionadas, pela manipulação dos corpos de prova e realização do programa experimental como a quantidade de corpos de prova, a distribuição deficitária do adesivo ao longo da lamina de madeira, bem como a presença de rachaduras e nós nas lâminas e ainda dificuldade de analise proporcionada pelo o uso de lotes diferentes para a confecção dos corpos de prova, de qualquer forma, com base nos estudos realizados é possível afirmar que a colagem não afetou em proporções consideráveis a resistência mecânica a compressão dos pilares curtos e medianamente esbeltos.
D. O desempenho estrutural para os pilares esbeltos foi superior, mostrando-se dessa forma ser uma alternativa como viabilidade técnica para aplicação em projetos estruturais

4. REFERÊNCIAS

ARRUDA, H. A. C. **INFLUÊNCIA DA CLASSIFICAÇÃO DAS LÂMINAS EM VIGAS DE MADEIRA LAMINADA - COLADA.** 1995. 189 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Sem Local, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190; **Projeto de Estruturas de Madeira**: Rio de Janeiro, 1997.

BEER, Ferdinand P. & JOHNSTON JR. E. Russel. **Resistência dos Materiais**. 3a Ed. São Paulo: Makron, 1995.

Bendtsen B.A, Senft J. **Mechanical and anatomical properties in individual growth rings of plantation-grown eastern cottonwood and loblolly pine**. Wood Fiber Science 1986; 18(1):23-38.

CALIL, C. N. **MADEIRA LAMINADA COLADA (MLC): controle de qualidade em combinações espécie-adesivo-tratamento preservativo.** 2011. 118 f. Dissertação – Escola de Engenharia de São Carlos, Instituto de Física de São Carlos, Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

COSTA, A. **Coletâneas de anatomia da madeira**. 2001, 42 p.

ELSFELD, R. L.; NASCIMENTO, F. A. F. **Mapeamento dos Plantios Florestais do Estado do Paraná: *Pinus* e *Eucalyptus*.** Curitiba: Instituto de Floresta do Paraná, 2015. 76 p.

FIGUEROA, M. J. M. **Coeficientes de Modificação das Propriedades Mecânicas da Madeira devidos à Temperatura.** Tese de Doutorado. 2012. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil.

FIORELLI, J. **Estudo teórico e experimental de vigas de madeira laminada reforçadas com fibra de vidro.** 2005. 108 f. Tese (Doutorado) - Curso de Interunidades em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade Federal de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2005.

HIBBELER, R. C. **Resistência dos Materiais**. 7. Ed. São Paulo: Pearson Pretince Hall, 2010.

MIOTTO, J. L.; DIAS, A. A. Produção e avaliação de vigas de madeira laminada colada confeccionadas com lâminas de eucalipto. **Revista Tecnológica: Edição Especial ENTECA,** p.35-45, 2009.

PFEIL, W.; PFEIL, M. **Estruras de Madeira**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC - Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 2003. 224 p.

RITTER, M. A. **Timber bridges.** Forest Products Laboratory - Forest Service, Madisson, 1990.

SZÜCS, C. A. **Madeiras: Painéis MLC.** 2004. Disponível em <http://www.remade.com.br/madeiras/29/paineis/mlc>. Acesso em: 14/03/2017.

VINSON, JR.; SIERAKOWSKI, RL. **The behavior of structures composed of composite materials.** 2. ed. Florida: Springer, 1987.