

EFEITO DA UMIDADE DA MADEIRA NA RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DA LINHA DE COLA

Diego Rangel Araújo (Eng. Industrial Madeireiro – UNESP/Itapeva) E-mail: diego_araujo04@hotmail.com
Julio Cesar Molina (Professor Assistente Doutor – UNESP/Itapeva) E-mail: molina@itapeva.unesp.br

Resumo: Um dos fatores importantes na obtenção de elementos de Madeira Laminada Colada com boa qualidade estrutural é o controle da quantidade de água presente na madeira. Este trabalho avaliou a influência do aumento do teor de umidade de colagem de madeiras do tipo *Eucalyptus grandis* na resistência ao cisalhamento da linha de cola de corpos de prova de cisalhamento com corte duplo. Para tanto, foram considerados cinco diferentes níveis de umidade de colagem (8%, 10%, 12%, 14% e 16%) para os corpos de prova. Avaliou-se também a influência do aumento da umidade da madeira após a colagem na resistência ao cisalhamento da linha de cola de corpos de prova com corte duplo. Neste caso, os corpos de prova depois de colados a 12% de umidade ficaram imersos em água por períodos de 12, 24, 36 e 48 horas. Na colagem dos corpos de prova com corte duplo utilizou-se o adesivo poliuretano bicomponente "*Imperveg: Poliuretano vegetal*". Todos os corpos de prova foram ensaiados ao cisalhamento segundo as recomendações da norma ABNT NBR 7190 (1997). Os resultados mostraram que a resistência ao cisalhamento da linha de cola para este caso não foi influenciada significativamente pelo aumento da umidade da madeira. Os corpos de prova imersos em água também não apresentaram perda significativa de resistência ao cisalhamento da linha de cola. Os modos de ruptura observados nos ensaios de cisalhamento ocorreram em sua maioria na madeira, indicando a boa qualidade de colagem da resina poliuretana neste caso.

Palavras-chave: Resistência, cisalhamento, linha de cola, madeira de reflorestamento, resina poliuretana.

EFFECT OF MOISTURE CONTENT WOOD ON THE SHEAR STRENGTH OF THE GLUE LINE

Abstract: One of the important factors to obtaining elements of Glued Laminated Timber with good structural quality refers to the control of amount water present in the wood. This study evaluated the influence of the increased bonding moisture content in *Eucalyptus grandis* wood in the shear strength of the glue line of specimens with double cut. It was considered five different bonding moisture content levels (8%, 10%, 12%, 14% and 16%) for the wood specimens. Also evaluated the influence of increased moisture content of the wood after bonding in the shear strength of glue line of specimens with double cut. In this case, the specimens after glued to 12% of moisture content were immersed in water for periods of 12, 24, 36 and 48 hours. For the bonding of wood specimens with double cut was used the two-component polyurethane adhesive "*Imperveg: Vegetable Polyurethane*". All specimens were subjected to shear tests according to the recommendations of the ABNT NBR 7190 (1997) standard. The results showed that the shear strength of the glue line was not influenced by increasing the moisture content of wood. The specimens immersed in water also showed no significant loss of shear strength of the glue line. The failure modes observed in shear tests occurred mostly in the wood, indicating the good quality glue for the polyurethane resin in this case.

Keywords: Strength, shear, moisture content, reforestation wood, polyurethane resin.

1. INTRODUÇÃO

Os produtos industrializados que utilizam a madeira em sua composição vêm ganhando maior atenção ao longo dos anos no Brasil. Isso se deve em parte a maior conscientização dos engenheiros, arquitetos e construtores sobre as propriedades da madeira e suas possibilidades de aplicação. Dentre os produtos industrializados de madeira podem ser citados os painéis do tipo LVL (Laminated Veneer Lumber), OSB (Oriented Strand Board), MDF (Medium Density Fiberboard), entre outros, além dos elementos estruturais confeccionados em MLC (Madeira Laminada Colada). De maneira geral, são utilizados vários tipos de resinas na confecção de produtos de madeira. Dentre elas podem ser citadas as resinas poliuretanas, as epóxis, e as do tipo fenol resorcinol. Em particular, os elementos que utilizam lamelas de madeira coladas são

geralmente confeccionados em ambiente industrial com controle de qualidade. Esse acompanhamento técnico visa melhorar a qualidade do produto final através do controle da quantidade de água presente na madeira no momento da colagem, da temperatura do ambiente de colagem, assim como da pressão de colagem entre as lamelas. O desempenho e a garantia da qualidade do adesivo utilizado, após a colagem das lamelas de madeira, neste caso, também é de fundamental importância para o adequado aproveitamento do potencial da madeira como material estrutural.

Observa-se, porém, que não existem muitos estudos na literatura sobre a influência do aumento da umidade da madeira após a colagem. O trabalho desenvolvido por Vick (1995) mostra que estudos têm sido realizados para verificar, por exemplo, o efeito do tratamento da madeira na diminuição da resistência interfacial madeira - resina. Por outro lado, a versão de revisão da norma de madeiras ABNT NBR 7190 (1997) prevê para madeiras coladas o ensaio de delaminação para a avaliação do efeito da pressão e do vácuo na qualidade de colagem da madeira. Outros estudos (BOHN, 1995), (MOTTA *et. al.*, 2012) têm sido realizados para verificar o efeito da umidade de colagem da madeira na qualidade do produto final.

Vale mencionar ainda que, como a utilização de produtos de MLC ainda não é tão difundida no Brasil, é necessário que mais estudos sejam realizados para verificar a compatibilidade espécie - adesivo visando obter outras madeiras e resina que também possam se adaptar a essa técnica. Na maioria dos casos a escolha do adesivo depende das condições de uso da estrutura e do tipo de madeira. É possível colar praticamente todas as madeiras, entretanto, algumas espécies possuem características físicas e químicas que exigem o emprego de resinas especiais ou a modificação das resinas normalmente comercializadas para o uso em madeiras.

Segundo Calil Neto (2011) normalmente as espécies mais adequadas para o emprego em MLC são as coníferas como o pinus e algumas folhosas (dicotiledôneas) dentre os eucaliptos. De acordo com Lima (1994) e Bohn e Szücs (1995), no Brasil os fatores limitantes para a produção de MLC são, em grande parte, a mão de obra, e também o custo do adesivo, que é importado e a base de resorcinol formaldeído. Esses fatores encarecem significativamente o custo final do elemento estrutural.

O adesivo a base de resorcinol é uma resina sintética recomendada para colagens resistentes à água fria ou fervente, a muitos tipos de solventes, a fungos ou mofo, ao calor seco ou úmido, entre outras aplicações. Por outro lado, o adesivo poliuretano, também bastante utilizado na colagem entre peças de madeira, é um ligante moderno que permite otimizar as propriedades dos materiais para os mais diferentes campos de aplicação, podendo ser obtido a custos mais acessíveis no mercado brasileiro.

Estudos com o adesivo poliuretano produzido a partir de óleo de mamona desenvolvido pelo Instituto de Química da Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo mostraram bons resultados para testes mecânicos conduzidos em diferentes condições de umidades da madeira. Segundo Azambuja (2006) e Miotto (2009), este adesivo apresentou bons resultados com destaque, principalmente, para a espécie do gênero eucalipto. De acordo com Molina (2008), de uma maneira geral, os adesivos utilizados para a colagem de peças de madeira vêm sofrendo contínuos desenvolvimentos, e apresentando melhores propriedades e, sobretudo, menos defeitos ao longo do tempo. Muitos resultados e informações obtidas há alguns anos não são mais aplicáveis aos adesivos existentes.

Assim, dada a necessidade de estudos que buscam entender melhor as propriedades de resistência, assim como o comportamento dos produtos industrializados de madeira, em especial os que utilizam lamelas coladas na composição de elementos estruturais, justifica-se a

realização do presente trabalho. O estudo em questão considerou a influência do aumento da umidade no momento da colagem em corpos de prova de madeira no que se refere à resistência ao cisalhamento da linha de cola. A resistência ao cisalhamento da linha de cola também foi avaliada em função do aumento da umidade da madeira após a colagem dos corpos de prova.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste trabalho de pesquisa foram realizados ensaios de cisalhamento de corpos de prova, com corte duplo, de acordo com as recomendações da norma brasileira de madeiras ABNT NBR 7190 (1997). Os referidos ensaios foram realizados com a finalidade de se avaliar o efeito do aumento da umidade de colagem da madeira na resistência ao cisalhamento da linha de cola. Posteriormente, os ensaios de cisalhamento também buscaram avaliar o efeito do aumento da umidade na madeira, após a colagem dos corpos de prova, na qualidade de colagem e na resistência ao cisalhamento da linha de cola. Para tanto foram considerados corpos de prova de cisalhamento, com corte duplo, confeccionados com madeiras de *Eucalyptus grandis*. As peças de madeira dos corpos de prova foram coladas conforme mostrado na Figura 1. Considerou-se, neste caso, em cada um dos lados dos corpos de prova, uma área de colagem de aproximadamente 72 cm^2 ($8 \text{ cm} \times 9 \text{ cm}$). A resina utilizada para a colagem dos corpos de prova foi do tipo poliuretano bicomponente da marca “*Imperveg: Poliuretano vegetal*”.

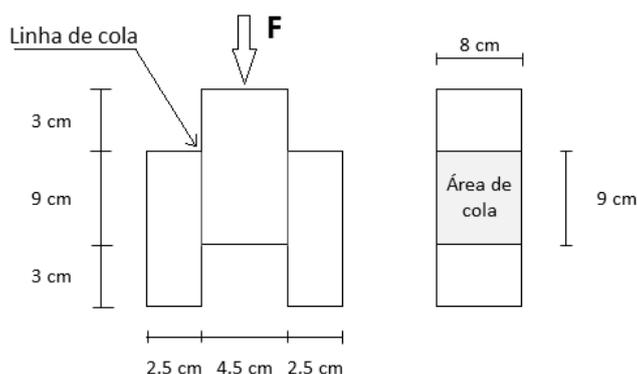


Figura 1 - Corpo de prova de cisalhamento com corte duplo para os ensaios de cisalhamento da linha de cola.

2.1 Retirada dos corpos de prova de madeira

Os corpos-de-prova de cisalhamento foram confeccionados por peças retiradas de duas vigas de madeira de *Eucalyptus grandis*. A densidade aparente considerada para cada uma das vigas de eucalipto, neste caso, foi V1 (638 kg/m^3) e V2 (692 kg/m^3). Não foram levadas em consideração as variabilidades naturais das vigas de madeira. Portanto, as propriedades mecânicas da madeira ao longo do comprimento de cada viga foram admitidas constantes. A retirada dos corpos-de-prova das vigas foi efetuada conforme estabelecido pela ABNT NBR 7190 (1997).

2.2 Umidade de colagem dos corpos de prova

Para a verificação da influência do aumento da umidade de colagem dos corpos de prova de madeira foram considerados cinco diferentes níveis de umidade de colagem (8%, 10%, 12%, 14% e 16%) para a madeira. Para tanto, considerou-se, para cada nível de umidade de colagem da madeira, um total de 12 repetições de amostras, totalizando assim 60 corpos de prova com corte duplo ensaiados ao cisalhamento, conforme Figura 1. Para a obtenção da umidade desejada para as madeiras, antes da colagem dos corpos de prova, as mesmas foram colocadas

em estufa e climatizadora até alcançarem os teores de umidade desejados. Durante a determinação dos teores de umidade, considerou-se o intervalo de variação ($U\% \pm 0,5\%$). No caso da utilização da climatizadora, foi necessário programar o equipamento para valores ideais de umidade relativa do ar e de equilíbrio da madeira, os quais foram obtidos com o auxílio do gráfico proposto por Ponce (1985), mostrado na Figura 2.

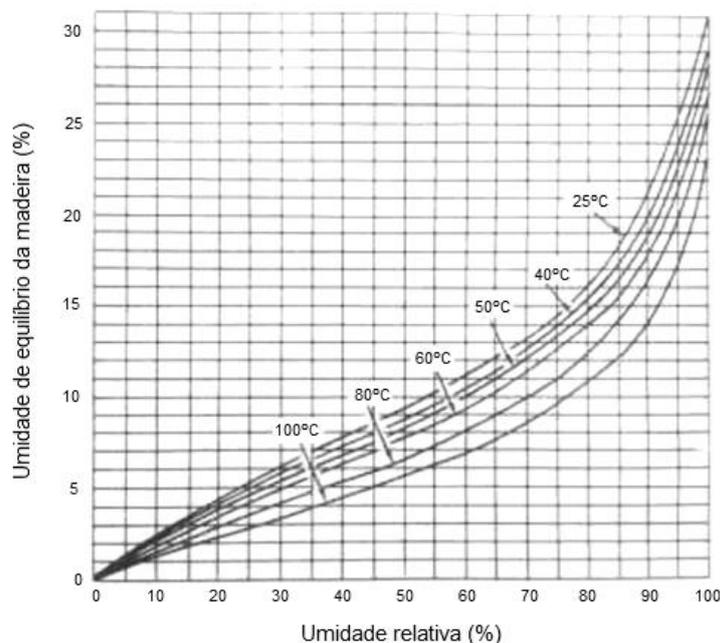


Figura 1 - Relação entre a umidade de equilíbrio da madeira e a umidade relativa do ar para várias temperaturas. Fonte: Modificado de Ponce (1985).

Após atingirem as umidades desejadas, as peças de madeira dos corpos de prova foram mantidas em sacos plásticos de polietileno, em ambiente climatizado, para evitar a troca de umidade com o meio ambiente. Na colagem dos corpos de prova de madeira foi utilizada a proporção 1:1,142 para os componentes A e B da resina poliuretana, respectivamente. O procedimento de colagem dos corpos de prova considerou a aplicação da resina em apenas uma face de uma das peças de madeira dos corpos de prova, conforme mostrado na Figura 3. A gramatura utilizada para a resina poliuretana foi de 200 g/m^2 . Sendo assim, a quantidade de resina utilizada por linha de cola (na área de cisalhamento igual a 72 cm^2) foi de $1,44 \text{ g} \pm 0,10 \text{ g}$. A aplicação da quantidade exata definida para a resina, na área de cisalhamento do corpo de prova foi efetuada com o auxílio de uma seringa e de balança de precisão com tara controlada. O espalhamento da resina na superfície da madeira, neste caso, foi feito com a utilização de uma espátula de plástico. A Figura 3 mostra os detalhes da aplicação e do espalhamento da resina durante a confecção dos corpos de prova.

Para a montagem dos corpos de prova, as peças de madeira foram alinhadas e prensadas por meio de grampos do tipo “sargento”. Após a aplicação da resina na madeira as partes dos corpos de prova foram colocadas em contato e foi aplicada uma pressão de contato nos corpos de prova de $1,2 \text{ MPa}$, obtida por meio do uso de torquímetro. Os corpos de prova ficaram prensados por um período de 24 horas antes dos ensaios de cisalhamento. A Figura 4 apresenta os detalhes dos corpos de prova de madeira com corte duplo prontos para os ensaios de cisalhamento da linha de cola.



Aplicação da resina com seringa



Espalhamento da resina com espátula

Figura 3 - Aplicação e espalhamento da resina nos corpos de prova de madeira. Fonte: Araújo (2015).



Figura 4 - Corpos de prova de madeira para os ensaios de cisalhamento da linha de cola. Fonte: Araújo (2015).

2.3 Umidade pós-colagem

Para a verificação da influência do aumento da umidade da madeira após a colagem com resina poliuretana, considerou-se um total de 48 amostras de corpos de prova (com 12 repetições para cada tempo de imersão em água). Os corpos de prova foram confeccionados de maneira idêntica àquela apresentada no item anterior seguindo o modelo da Figura 1. Neste caso, os corpos de prova colados na umidade 12% ficaram em repouso por 24 horas para a cura da resina e, após este período, cada conjunto de 12 corpos de prova foi imerso em água por períodos de 12, 24, 36 e 48 horas. Posteriormente, estes corpos de prova imersos em água para diferentes tempos de imersão foram submetidos aos ensaios de cisalhamento para a avaliação das resistências ao cisalhamento de suas da linha de cola.

2.4 Ensaios mecânicos de cisalhamento

Os ensaios de cisalhamento dos corpos de prova com corte duplo para a verificação da resistência ao cisalhamento da linha de cola foram realizados em uma máquina universal de ensaios EMIC, com capacidade para 300 kN e sistema de aquisição de dados totalmente informatizado. A Figura 5 mostra os detalhes do ensaio de cisalhamento do corpo de prova na máquina de ensaios EMIC. Os ensaios de cisalhamento foram conduzidos em um único ciclo de carga crescente até a ruptura, com velocidade de aplicação de carga igual a 2,5 MPa/min, de acordo com as recomendações da norma brasileira de madeiras ABNT NBR 7190 (1997).



Figura 5: Ensaio de cisalhamento do corpo de prova com corte duplo na EMIC. Fonte: Araújo (2015).

2.5 Análises estatísticas

As resistências ao cisalhamento obtidas foram analisadas com base em análises estatísticas efetuadas no software R [13], que é um software livre distribuído gratuitamente. As análises estatísticas, neste caso, tiveram a intenção de avaliar se as médias das resistências ao cisalhamento apresentavam diferenças significativas a um nível de significância de 5%. Realizou-se, neste caso, uma análise de variância do tipo ANOVA utilizando-se o *p-value* e o teste de *Tukey*.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os valores médios das resistências ao cisalhamento das linhas de cola obtidos para 12 corpos de prova ensaiados nas umidades de colagem 8%, 10%, 12%, 14% e 16%. São também apresentados, neste caso, os valores dos desvios padrões e dos coeficientes de variação para cada caso.

Tabela 1 – Resultados dos ensaios de cisalhamento dos corpos de prova (*p-value* = 13,7%).

Umidades (%)	U=8%	U=10%	U=12%	U=14%	U=16%
Resistência ao cisalhamento (MPa)	4,18	4,49	4,51	5,55	5,90
	4,73	4,60	4,45	5,63	5,85
	4,19	4,45	4,66	5,74	5,87
	4,21	4,65	4,42	5,56	5,77
	4,16	4,16	4,56	5,40	5,93
	4,70	4,54	4,59	5,51	5,88
	4,24	4,55	4,78	5,55	5,89
	4,71	4,71	4,50	5,51	5,93
	4,24	4,19	4,55	5,53	5,92
	4,75	4,40	4,57	5,50	5,84
	4,15	4,19	4,61	5,49	5,81
	4,21	4,28	4,81	5,50	5,93
Média	4,37	4,43	4,58	5,54	5,88
Desv. Padrão	0,26	0,19	0,12	0,08	0,05
Coef. Variação (%)	5,95	4,29	2,62	1,44	0,85

Os valores médios das resistências ao cisalhamento para cada um dos teores de umidade de colagem avaliados, com base na Tabela 1, estão apresentados graficamente na Figura 6.

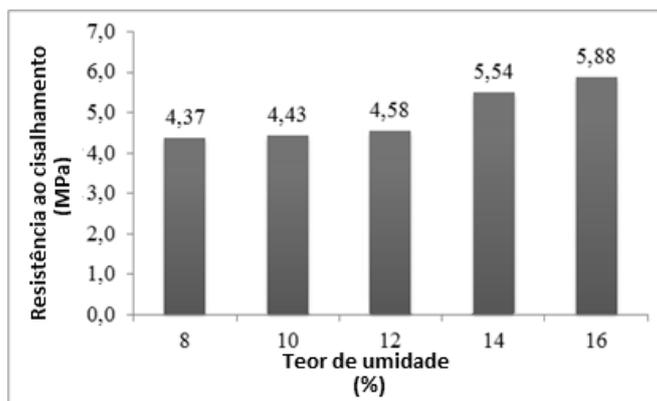


Figura 6 - Valores médios das resistências ao cisalhamento em função do aumento da umidade de colagem dos corpos de prova.

Os modos de ruptura obtidos nos ensaios de cisalhamento foram à ruptura na madeira e a ruptura mista na madeira e na resina. Não foi observada nos ensaios de cisalhamento a ruptura na linha de cola por deficiência de colagem. A Figura 7 mostra os modos de ruptura obtidos nos ensaios dos corpos de prova para avaliação do efeito do aumento da umidade de colagem na resistência ao cisalhamento da linha de cola. Os referidos modos de ruptura observados, neste caso, estão quantificados na Tabela 2 para cada nível de umidade analisado.



Ruptura mista (Madeira/resina)



Ruptura na madeira

Figura 7 - Modos de ruptura obtidos nos ensaios de cisalhamento em função do aumento da umidade de colagem dos corpos de prova. Fonte: Araújo (2015).

Tabela 2 – Modos de ruptura observados nos ensaios de cisalhamento dos corpos de prova.

Número de corpos de prova	Teor de umidade (%)	Ruptura na linha de cola	Ruptura na madeira	Ruptura mista (madeira e cola)
12	8	-	12	-
12	10	-	11	1
12	12	-	11	1
12	14	-	10	2
12	16	-	9	3

A partir da análise dos resultados de resistências ao cisalhamento, obtidos para os diferentes níveis de umidades de colagem dos corpos de prova, observou-se uma tendência de aumento do valor médio da resistência ao cisalhamento em função do aumento da umidade de colagem. A análise de variância (p-value = 13,7% > 5%) mostrou que não houve diferença

significativa do valor médio da resistência ao cisalhamento com o aumento dos teores de umidade da madeira no momento da colagem. Observou-se para todos os níveis de umidade de colagem analisados que o modo de ruptura predominante foi na madeira seguido da ruptura mista, ou seja, modo de ruptura que ocorre em parte na linha de cola como também na madeira. Assim, 100% dos corpos de prova colados na umidade 8% apresentaram ruptura unicamente na madeira, enquanto que para as umidades 10% e 12%, 91,6% os corpos de prova apresentaram ruptura na madeira e 8,4% ruptura mista (madeira/resina). Para os corpos de prova colados na umidade 14%, 83,33% dos corpos de prova apresentaram ruptura na madeira e 16,67% ruptura mista. Por fim, para os corpos de prova colados na umidade 16%, 75% dos modos de ruptura observados foram na madeira e 25% do tipo misto. A Tabela 3 apresenta os valores médios das resistências ao cisalhamento das linhas de cola obtidos para 12 corpos de prova ensaiados após ficarem imersos em água por períodos de 12, 24, 36 e 48 horas após colagem a 12% de umidade. São também apresentados, neste caso, os valores dos desvios padrões e dos coeficientes de variação para cada caso.

Tabela 3 – Resultados dos ensaios de cisalhamento dos corpos de prova imersos em água (*p-value* = 30,3%).

Tempo de imersão	12 horas	24 horas	36 horas	48 horas
Resistência ao cisalhamento (MPa)	6,43	4,58	5,88	5,54
	6,73	4,84	5,98	6,48
	5,48	5,93	6,91	6,67
	5,09	5,14	6,32	6,23
	6,16	5,55	6,27	6,44
	5,78	5,43	6,76	5,43
	5,34	4,98	6,85	5,65
	5,71	4,79	5,88	6,00
	6,24	4,99	6,32	6,34
	6,75	5,02	6,11	6,66
	6,15	5,16	5,44	6,78
5,27	4,87	6,54	6,54	
Média	5,93	5,11	6,27	6,23
Desv. Padrão	0,57	0,37	0,44	0,47
Coef. Variação (%)	9,61	7,24	7,02	7,54

Os valores médios das resistências ao cisalhamento para cada um dos tempos de imersão em água avaliados, com base na Tabela 3, estão apresentados graficamente na Figura 8.

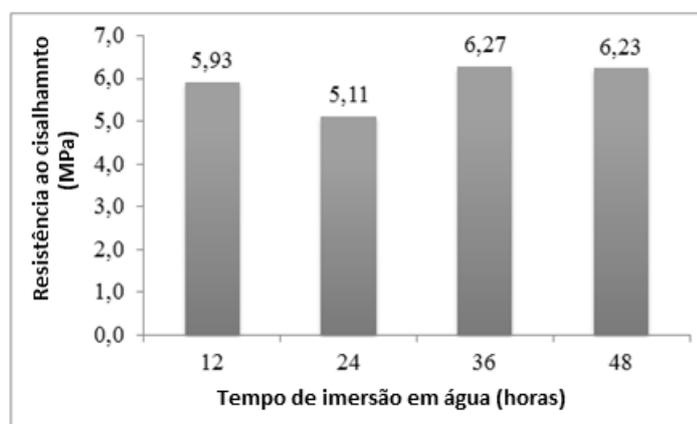


Figura 8 - Valores médios das resistências ao cisalhamento em função do tempo de imersão em água.

Na Tabela 4 estão indicados os modos de ruptura obtidos para cada um dos tempos de imersão em água.

Tabela 4 – Modos de ruptura observados nos ensaios de cisalhamento dos corpos de prova imersos em água.

Número de corpos de prova	Tempo de imersão (horas)	Ruptura na linha de cola	Ruptura na madeira	Ruptura mista (madeira e cola)
12	12	-	12	-
12	24	-	7	5
12	36	-	8	4
12	48	-	11	1

A partir da análise dos resultados de resistência ao cisalhamento da linha de cola dos corpos de prova imersos em água por 12, 24, 36 e 48 horas, observou-se que a umidade não afetou e a qualidade de colagem e nem a resistência ao cisalhamento da linha de cola. A análise de variância mostrou que não houve diferença significativa entre as médias da resistência ao cisalhamento da linha de cola em função do tempo de imersão dos corpos de prova em água ova ($p\text{-value} = 30,3\% > 5\%$).

Observou-se para todos os tempos de imersão em água analisados que o modo de ruptura predominante ocorreu na madeira, seguido da ruptura do tipo mista. Para o tempo de imersão em água de 12 horas, praticamente 100% dos corpos de prova apresentaram ruptura unicamente na madeira. Para 24 horas de imersão, 58,33% dos corpos de prova apresentaram ruptura na madeira e 41,67% ruptura mista (madeira/resina). Aproximadamente 66,67% dos corpos de prova imersos em água por 36 horas apresentaram ruptura na madeira e 33,33% ruptura do tipo mista. Por fim, para um total de 91,67% dos corpos de prova imersos em água por 48 horas a ruptura ocorreu na madeira e em 8,33% dos corpos de prova a ruptura foi do tipo mista.

4. CONCLUSÕES

De uma maneira geral, a utilização da resina “*Imperveg: Poliuretano vegetal*” para colagem de madeiras de *Eucalyptus grandis* apresentou resultados satisfatórios no que se refere à resistência ao cisalhamento da linha de cola.

O aumento da umidade de colagem de corpos de prova confeccionados com madeiras do tipo *Eucalyptus grandis* colados com a resina poliuretana bicomponente “*Imperveg: Poliuretano vegetal*” não teve influencia significativa na qualidade de colagem e nem na resistência ao cisalhamento da linha de cola para madeiras coladas com umidade variando entre 8% e 16%. O modo de ruptura predominante nos corpos de prova colados com umidades de até 16% e sujeitos a ensaios de cisalhamento ocorreu em sua grande maioria na madeira;

A imersão de corpos de prova de *Eucalyptus grandis*, colados a 12% de umidade, com a resina poliuretana bicomponente “*Imperveg: Poliuretano vegetal*” e, posteriormente imersos em água por períodos de 12, 24, 36 e 48 horas não influenciou significativamente a resistência ao cisalhamento da linha de cola dos corpos de prova. Para os corpos de prova imersos em água após a colagem, os modos de ruptura predominantes observados nos ensaios de cisalhamento foram a ruptura na madeira e ruptura do tipo mista (parte ocorre na resina e parte na madeira).

REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Projeto de estruturas de madeira (NBR 7190)*, 1997.

AZAMBUJA, M. A. *Estudo experimental de adesivos para fabricação de madeira laminada colada: avaliação da resistência de emendas dentadas, da durabilidade e de vigas. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2006.*

ARAUJO, D. R. *Avaliação do efeito da umidade na resistência ao cisalhamento da linha de cola em corpos de prova de madeiras de reflorestamento colados com resina poliuretana. TCC, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Itapeva, SP, 2015.*

BOHN, A. R. *Influência da espessura das lâminas de cola na madeira laminada colada, Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 1995.*

BOHN, A. R., SZÜCS, C. A. *Influência da espessura dos anéis de crescimento no comportamento mecânico dos elementos de madeira laminada colada. In: Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira, Belo Horizonte, 1995.*

CALIL NETO, C. *Madeira Laminada Colada (MLC): controle de qualidade em combinações espécie-adesivo-tratamento preservativo. Dissertação de Mestrado., Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2011.*

LIMA, M. F. *Para vencer grandes vãos. Revista de Tecnologia da Construção Téchné, v. 2, n. 11, p.15-17, Jul. 1994.*

MIOTTO, J. L. *Estruturas mistas de madeira-concreto: avaliação das vigas de madeira laminada colada reforçadas com fibras de vidro. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2009.*

MOLINA, J. C. *Análise do comportamento dinâmico da ligação formada por barras de aço coladas para tabuleiros mistos de madeira e concreto para pontes. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2008.*

MOTTA, J. P., OLIVEIRA, J. T. S., ALVES, R. C. *Influência nas propriedades de adesão da madeira de eucalipto. Revista Construindo, v. 4, n. 2, p. 96 – 103, Jul-Dez, 2012.*

PONCE, R. H., WATAI, L. T. *Manual de secagem da madeira, Brasília, STI/IPT, 1985.*

R SOFTWARE: *The R Project for Statistical Computing, versão 3.2.3, R Development Core Team, 2015.*

VICK, C. B. *Coupling agent improves durability of PRF bonds to CCA treated, Composites & Manufactured Products, v. 45, n.3, p. 78-84, Mar, 1995.*