

ANÁLISE ESTATÍSTICA COMPARATIVA ENTRE ADESIVOS POLIURETANOS FRENTE AO RESORCINOL-FORMALDEÍDO APLICADOS EM EMENDA DENTADA ESTRUTURAL PARA ESPÉCIE *EUCALYPTUS GRANDIS*

Antônio Alves Dias, Maximiliano Azambuja, Sérgio Firmino de Oliveira Junior
Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo

RESUMO: O estudo relativo à avaliação de emendas dentadas com adesivos alternativos para a espécie de classe de resistência C-30, *Eucalyptus grandis*, no Brasil, é pouco empregado. No entanto, com uma vasta área plantada no território brasileiro, ela se constitui como uma das grandes possibilidades de matéria-prima para fabricação de elementos estruturais de madeira laminada colada (MLC). Atualmente com o avanço na tecnologia dos adesivos é possível obter valores de resistência de colagem satisfatórios para sua aplicação, por meio do emprego de emendas dentadas longitudinais. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a eficiência de adesivos poliuretanos, sendo eles o poliuretano a base de óleo de mamona e os adesivos comerciais Wonderbond e Purbond, quanto à colagem da madeira de *Eucalyptus grandis*, por meio de ensaios de tração em emendas dentadas com dimensão estrutural, em comparação às peças com emendas dentadas coladas com o adesivo resorcinol-formaldeído. Os resultados indicam um bom desempenho estrutural para os adesivos testados.

Palavras-chave: madeira, emenda dentada, adesivo, *Eucalyptus grandis*

1. INTRODUÇÃO

Por ser um recurso natural renovável, a madeira é um material praticamente inesgotável, apresenta resistência mecânica elevada e peso próprio reduzido, entre outras características, sendo facilmente manipulada e processada, com pequeno custo de produção e baixo dispêndio de energia. O excelente potencial brasileiro de suprir o mercado da construção civil, tem contribuído para sua larga utilização em inúmeras aplicações estruturais, como pontes, formas e cimbramentos. Para se racionalizar o emprego deste material na construção de estruturas, tem-se procurado alternativas, como o uso da madeira laminada colada (MLC) e das emendas dentadas, através de adesivos, os quais obtiveram um rápido avanço tecnológico nas últimas décadas. Estes adesivos devem ser capazes de produzir emendas com resistência e durabilidade tais que a integridade da ligação seja mantida por toda a vida útil desejada da estrutura.

Neste contexto, os adesivos poliuretanos tem-se mostrado de grande eficiência, principalmente com este avanço observado em sua tecnologia de produção, já que possuem a vantagem de não emanarem formaldeído, além proporcionar um produto com alta resistência à umidade, de manipulação à temperatura ambiente e grande resistência mecânica. Por estas características, os adesivos poliuretanos foram o alvo desta pesquisa, tendo sido utilizados: o poliuretano à base de óleo de mamona, Wonderbond e Purbond. Como base de comparação, foi utilizado o adesivo resorcinol formaldeído, utilizado tradicionalmente na fabricação de MLC.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Até o início do século passado, pouca evolução havia sido observada na tecnologia dos adesivos, desde o provável início de sua utilização a mais de 3000 anos antes de Cristo (HENRIQUES DE JESUS, 2000). Porém, com as duas guerras mundiais ocorridas no mesmo século, começaram a surgir novos tipos de adesivos, que apresentavam algumas boas características, como a manipulação à temperatura ambiente e certa resistência à água. É o caso do resorcinol-formaldeído, de custo mais elevado e dos primeiros adesivos poliuretanos, criados por Bayern, na Alemanha.

Com o grande avanço ocorrido no estudo da química das macromoléculas, foi desenvolvida uma grande variedade de polímeros, com aspectos adesivos melhores, possibilitando grande avanço na indústria dos adesivos à base de poliuretanas e das aplicações e processos de colagem, com as mais variadas finalidades.

O Brasil conta com grandes reservas florestais nativas, uma das maiores do mundo, além de grandes áreas de reflorestamento. A produção mundial de madeira para fins estruturais encontra-se por volta de 109 toneladas por ano MACÊDO (2000), o que torna este

material muito importante no contexto mundial.

Com o passar do tempo e com o decréscimo constante do suprimento de árvores adultas com grandes diâmetros, provenientes de florestas naturais, tornou-se comum a produção de madeira em ciclos curtos, através da adoção de espécies de rápido crescimento, fazendo com que a classificação visual e mecânica ganhasse bastante importância.

Existem várias referências na literatura mundial, que evidenciam que diversas propriedades da madeira com poucos anos de vida são diferentes e muitas vezes inferiores às da madeira adulta, BALLARIN e PALMA (2003).

2.1 Adesivos

De acordo com os Boletins Técnicos, obteve-se uma breve descrição dos adesivos utilizados na pesquisa. Para o adesivo de óleo de mamona, foi utilizado como base AZAMBUJA (2002).

Fenol-Formaldeído – Um dos mais conhecidos é o CASCOPHEN RS, adesivo líquido sintético, à base de resorcinol-formol, em solução aquosa/alcoólica. Apresenta dois componentes, sendo um a resina (CASCOPHEN RS), e o outro o endurecedor (Preparado Endurecedor FM). Os dois componentes, depois de misturados, resultam numa “cola” de alto desempenho, à prova d’água (fria ou fervente), resistente a diversos solventes orgânicos, fungos e às intempéries.

Wonderbond – Adesivo em emulsão aquosa “EPI”, fluido, livre de griz, grumos e/ou materiais estranhos, utilizado para colagem de artefatos de madeira, especialmente formulado para ser aplicado onde se necessita de alta resistência térmica e alta resistência a água, pelos processos de prensagem a frio e a quente. É diluído em água e é isento de Formaldeído. Deve ser utilizado com um catalisador/endurecedor.

Poliuretano de Óleo de Mamona – A resina é do tipo bi-componente, de cura a frio, não é agressiva ao homem e ao meio ambiente, além do óleo de mamona ser obtido de um recurso natural e renovável, foi fornecida pela Indústria KHELL Polímeros.

Purbond – é mono-componente (sem mistura), contendo 100% sólidos (não contém solvente), requerendo menor quantidade de adesivo. Os adesivos PURBOND têm sido utilizados com sucesso por clientes na Europa desde 1990. O adesivo utilizado para aplicação em emendas dentadas é o Purbond HB 312, com aplicação em 2 minutos e o tempo de cura de 6 a 8 minutos, esse adesivo alcança sua resistência final em 12 horas.

2.2 Emendas

As emendas longitudinais podem ser de topo (butt joints), biseladas (scarf joints) ou dentadas (finger joints), conforme mostrado na Figura 1.

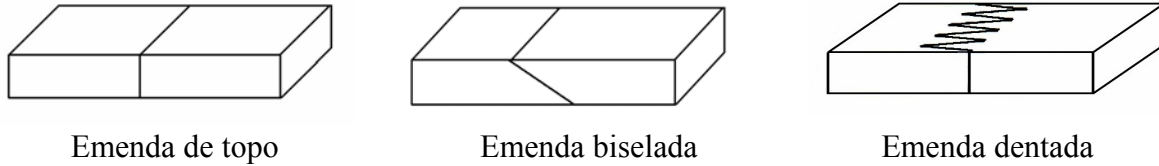


Figura 1: Tipos de emendas utilizadas em MLC

As emendas de topo são de fácil execução, porém apresentam colagem deficiente, sendo as menos eficientes em termos de resistência (MACÊDO 1996). As emendas biseladas foram desenvolvidas para suprir as limitações de resistência das emendas de topo, porém essa limitação só é superada quando há uma baixa inclinação (da ordem de 1:10) no corte do bisel, tornando este tipo de emenda mais dispendioso, do ponto de vista da quantidade excessiva de madeira e adesivo a serem utilizados.

Atualmente, as emendas dentadas são largamente utilizadas na fabricação de MLC, por reunir boas características de resistência à tração (intermediária entre as emendas de topo e biseladas) e praticidade de produção.

A norma "NBR 7190/97 – Projeto de estruturas de madeira", da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1997), apresenta fatores de redução da resistência, em função do tipo de emenda, que deve ser levado em consideração no dimensionamento de MLC. A Figura 2 apresenta dois tipos de perfis possíveis para as emendas dentadas, e a Figura 3 os parâmetros geométricos a serem observados nas mesmas.

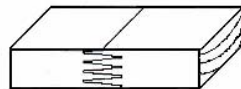


Figura 2 - Perfis das emendas dentadas

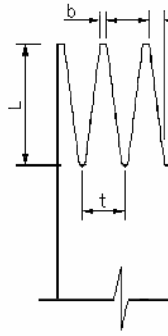


Figura 3 - Parâmetros geométricos da emenda dentada

De acordo com CHEUNG et al (2002), a eficiência de madeiras com emendas é da ordem de 80% quando comparadas com madeiras sem emendas. Observaram também que perfis horizontais e verticais apresentaram resistência à tração equivalentes, considerando um nível de significância de 5%.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Madeira

A espécie de madeira utilizada foi o *Eucalyptus grandis*, uma dicotiledônea, proveniente de reflorestamento do Horto Florestal de Itirapina, Estado de São Paulo. Foi utilizado um lote com 250 peças com dimensões nominais 45 x 80x 400 cm.

De acordo com as informações da "NBR 7190 - Projeto de Estruturas de Madeira", da ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (1997), esta espécie se enquadra na classe de resistência C-30 (dicotiledôneas) e a escolha dessa espécie foi devido à sua abundância na região Sul e Sudeste.

3.2 Adesivos

Foram utilizados os adesivos: Poliuretano de óleo de mamona, Wonderbond, Purbond e Resorcinol-Formaldeído.

3.3 Classificação visual

O lote de madeira da espécie *Eucalyptus grandis* foi classificado, primeiramente com uma pré-seleção, descartando-se as peças com defeitos pronunciados. Desse lote, foram retiradas 175 peças de 4,00 metros, para a confecção de 300 peças de 1 metro. Estas peças passaram por uma nova classificação para a identificação de nós que poderiam influenciar na resistência da peça, empenamento, arqueamento, curvamento e também quanto à presença ou não de alburno nas suas faces em termos de porcentagem da área total, para possibilitar uma compatibilização das peças na colagem das emendas. A Figura 4 mostra as peças já classificadas.



Figura 4 – Classificação Visual

3.4 Classificação mecânica

Todas as peças de *Eucalyptus grandis* foram classificadas mecanicamente por meio de um ensaio não destrutivo de flexão estática, com esquema de viga simplesmente apoiada com um vão de 0,95 m, para determinação dos módulos de elasticidade das mesmas. Para a medição da força aplicada e da flecha no meio do vão, foram utilizados um anel dinamométrico com capacidade de 3500 N e um relógio comparador com resolução de centésimo de mm e 50 mm de curso total. A Figura 5 ilustra a realização de um ensaio.



Figura 5 – Esquema do Ensaio de Flexão Estática

O ensaio foi conduzido até um valor máximo de força (F_2) correspondente ao limite de flecha igual a $L/200$, aproximadamente. O módulo de elasticidade foi determinado no intervalo entre as forças F_1 e F_2 , e suas correspondentes flechas, sendo F_1 equivalente a um quinto de F_2 , utilizando-se a equação 1:

(1)

Onde:

E : Módulo de Elasticidade;

P_i : Carga máxima “i”;

L : Comprimento do vão;

δ_i : Flecha máxima “i”;

I : Momento de inércia.

3.5. Confeção e colagem das emendas

Para a confecção das lâminas de 2 metros, procurou-se utilizar peças o mais homogêneas possível. Além disso, para garantir uma distribuição uniforme das peças a serem emendadas para cada adesivo utilizado, as peças com 1 metro de comprimento foram separadas em 25 grupos com 8 peças cada um, de maneira que as peças em cada grupo tivessem módulo de elasticidade o mais homogêneo possível. Com as peças de cada grupo, foram confeccionados 4 corpos-de-prova de lâminas com emendas, com cada um dos adesivos. A distribuição dos pares de peças a serem emendadas, dentro de cada grupo, foi feita de maneira aleatória.

Os dentes das emendas foram confeccionados de acordo com o padrão americano de 28 mm, conforme Figura 6:

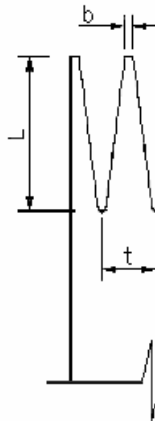


Figura 6 – Geometria dos dentes

A seqüência de produção e a dimensão dos corpos-de-prova de resistência à tração das emendas dentadas são mostradas nas Figuras 7 e 8.

peça aplainada
e serrada peça entalhada peça emendada

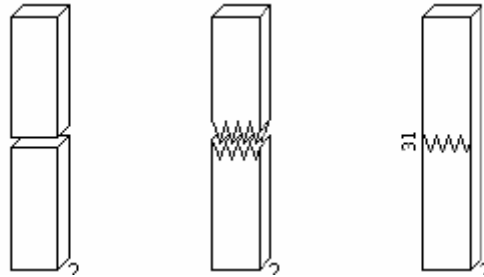


Figura 7 – Seqüência de produção



Figura 8 – Peça aplainada, peça entalhada e peça emendada

O tempo decorrido entre a operação de corte, confecção dos dentes e a colagem da emenda não excedeu 24 horas. A aplicação dos adesivos foi feita com um pincel, não excedendo 8 emendas por cada mistura dos componentes do adesivo. Este número limitado de emendas por vez deve-se ao fato da reação (endurecimento) do adesivo com o passar o tempo, dificultando a aplicação e comprometendo a eficiência da colagem das

emendas. A pressão de colagem adotada foi de 10 MPa, durante 30 segundos. Esta pressão foi aplicada por uma prensa simples conforme Figura 9.



Figura 9 – Prensagem da lâmina para colagem

3.6 Ensaio de tração

Os testes de tração paralela foram conduzidos segundo os procedimentos da “ASTM D-198 - Methods of Static Tests of Timbers in Structural Sizes. ASTM”, da AMERICAM SOCIETY for TESTING and MATERIALS (1984).

Para sua realização foi utilizada uma máquina de ensaio de tração horizontal, Metriguard modelo 422, capacidade de 880kN, para peças estruturais (lâminas) com até 3,30 metros de comprimento conforme Figura 10.


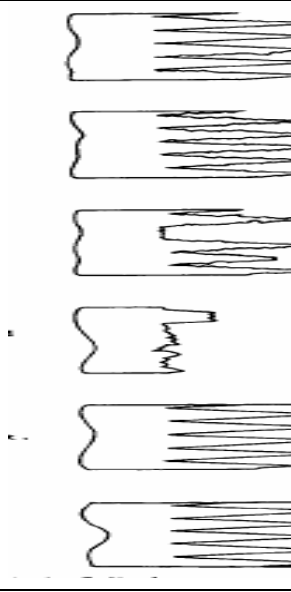
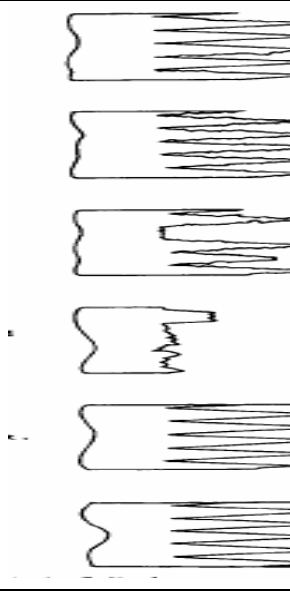
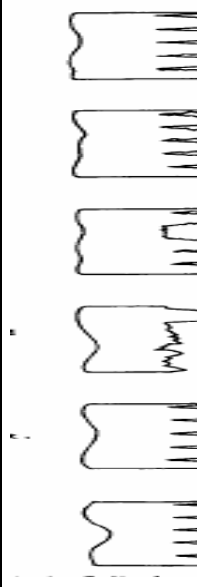
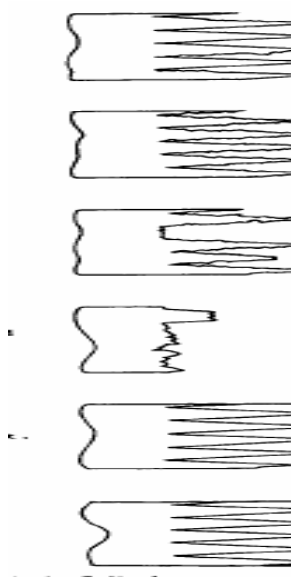
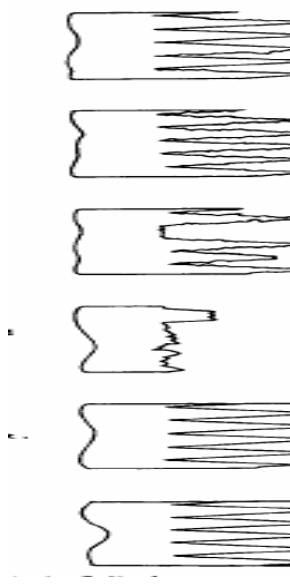


Figura 10 - Metriguard

A resistência da emenda dentada na tração paralela às fibras ($f_{gt,0}$) é obtida dividindo-se a força de ruptura obtida nesse ensaio pela área da seção transversal da lâmina.

Segundo textos da norma, não só os valores de resistência importam, mas também os modos de ruptura, que devem ser observados e comparados aos seis modos descritos na Tabela 2 abaixo.

Tabela 2 – Modos de ruptura em ensaios de tração paralela (ASTM D4688-99)

<p>Modo de Ruptura 1 – Ruptura predominante na superfície da cola, com pouca falha na madeira (< 70%).</p>		<p>Modo de Ruptura 2 – Ruptura predominante na superfície da cola, com alguma falha na madeira (> 70%).</p>		<p>Modo de Ruptura 3 – Ruptura predominante na superfície da emenda, com algumas falhas na raiz dos dentes.</p>	
<p>Modo de Ruptura 4 – Ruptura predominante na raiz da emenda, com grande falha na madeira e pouca falha na superfície dos dentes.</p>		<p>Modo de Ruptura 5 – Ruptura começando, porém se afastando da emenda. Ruptura 100% na madeira.</p>		<p>Modo de Ruptura 6 – Ruptura afastada da emenda (sem influência da emenda). Ruptura totalmente na madeira.</p>	

4. RESULTADOS OBTIDOS E ANÁLISE

Para a análise estatística dos dados, foi utilizado como base CARPINETTI (2003).

A seguir encontra-se a Tabela 3, que apresentam o módulo de elasticidade (MOE), a resistência da emenda dentada na tração paralela às fibras (fgt,0), e o modo de ruptura (MR), para as 25 emendas de cada adesivo e também para o adesivo de controle.

Tabela 3 – MOE, fgt,0 e MR para os diversos adesivos

	Mamona			Wonderbond			Purbond			Cascophen		
	MOE	f _{gt,0}	MR	MOE	f _{gt,0}	MR	MOE	f _{gt,0}	MR	MOE	f _{gt,0}	MR
1	10,57	49,02	3	10,33	36,84	4	8,61	72,07	2	10,60	71,06	1
2	10,83	62,01	6	11,67	59,50	5	10,98	84,17	2	10,95	63,44	2
3	11,10	42,84	4	12,18	55,40	6	11,00	67,88	3	11,23	40,52	6
4	12,12	60,12	3	12,52	67,38	2	11,86	31,06	6	11,97	50,51	5
5	12,40	57,72	4	12,68	60,77	2	12,87	50,56	4	12,43	60,99	6
6	12,62	51,79	3	12,90	43,14	5	12,90	77,14	5	12,41	23,58	6
7	12,79	60,89	5	13,20	59,25	5	13,05	41,80	3	12,99	37,39	3
8	13,07	47,31	3	13,48	51,68	3	14,04	78,35	6	13,16	33,51	4
9	13,34	60,69	5	13,48	49,84	3	14,38	78,91	1	13,36	68,03	2
10	13,69	48,96	4	13,66	71,73	2	14,67	49,76	5	13,54	46,20	4
11	14,51	60,29	5	13,80	54,10	4	15,24	50,49	5	13,90	60,13	1
12	14,23	48,48	4	14,06	50,61	4	15,37	65,14	5	14,00	52,74	5
13	14,36	62,44	5	14,24	53,59	5	15,62	59,86	3	14,58	47,26	1
14	14,44	43,79	2	14,61	67,54	1	16,19	62,08	3	14,56	48,93	4
15	14,74	50,44	2	14,64	65,24	4	16,26	76,90	2	14,88	63,94	1
16	14,85	58,77	4	14,70	67,22	1	16,42	56,81	6	14,87	49,79	4
17	15,24	55,36	1	15,16	58,07	4	16,51	78,63	1	15,19	70,97	6
18	15,56	52,88	2	15,08	77,67	2	16,51	68,66	2	15,34	77,31	1
19	15,62	59,74	3	15,66	61,19	2	16,60	70,33	3	15,95	50,84	5
20	15,87	47,98	1	15,85	68,40	1	16,73	78,26	5	16,14	52,02	4
21	16,17	50,04	1	16,11	67,39	4	16,90	62,56	6	16,50	72,99	1
22	16,50	60,96	3	16,37	55,38	2	17,61	79,30	3	16,69	81,63	1
23	16,59	53,46	3	16,51	64,71	5	17,71	80,66	2	17,14	51,95	2
24	16,79	56,87	1	16,95	59,80	1	17,90	36,03	3	17,13	69,95	2
25	17,61	48,78	3	17,04	67,73	1	19,34	45,67	6	19,16	63,95	2
Média	14,22	54,07		14,27	59,77		15,01	64,12		14,34	56,39	
Desvio Padrão		5,95			9,06			14,94			14,02	
CV (%)		11,01			15,16			23,30			24,86	

4.1 Comparação Entre Adesivos Para Cascophen

Primeiramente realizou-se uma comparação entre os valores de resistência à tração obtida nos ensaios, para os adesivos testados, ou seja, Mamona, Wonderbond e Purbond. Verificou-se a normalidade dos dados e, em seguida fez-se a Análise de Variância.

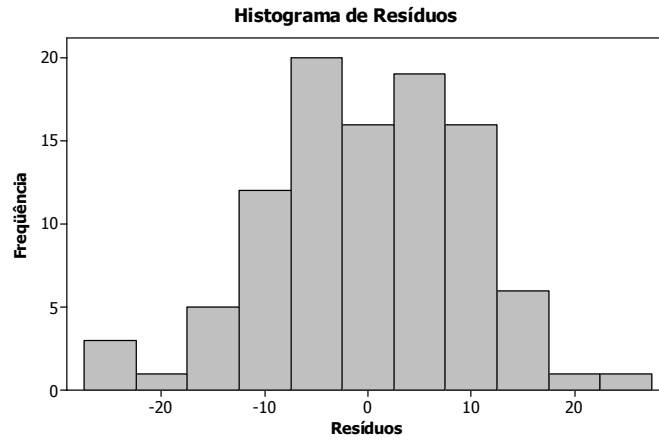


Figura 11 – Histograma de Frequências

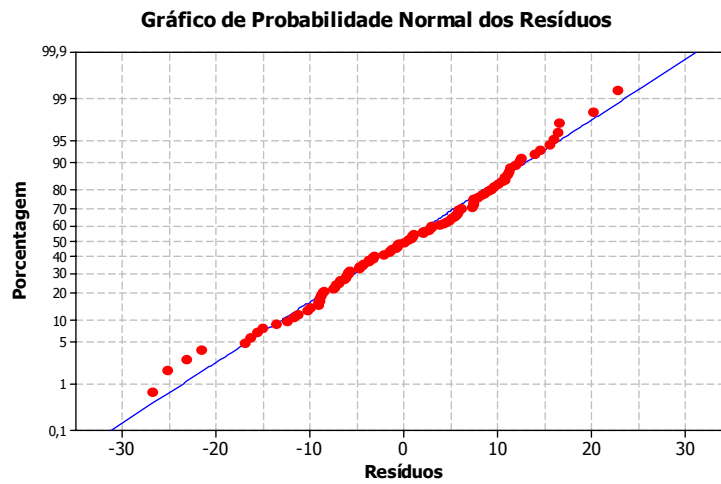


Figura 12 – Gráfico de Probabilidade Normal dos Resíduos

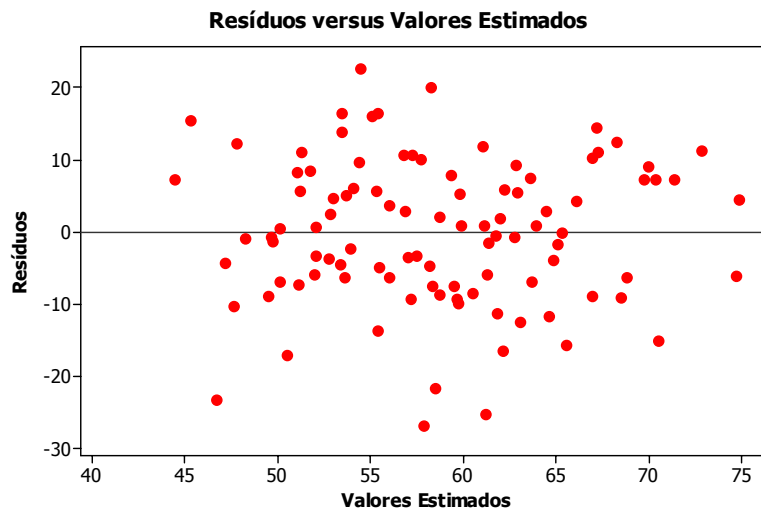


Figura 13 – Resíduos versus Valores Estimados

Através da análise dos gráficos das Figuras 11, 12 e 13, podemos afirmar que eles mostram um forte indicativo de distribuição normal e variância constante. Portanto, podemos tratar os dados como paramétricos e aplicar a Análise de Variância (ANOVA). A Tabela 4 apresenta o quadro de ANOVA.

Tabela 4 – Tabela de ANOVA

Fonte	GL	SQ	QM	Razão
Adesivos	3	1433,40	477,800	3,41
Blocos	24	3354,20	139,760	1,00
Erro	72	10079,50	139,993	
Total	99	14867,20		

A razão observada com $GL = (3, 72)$ é igual a 3,41. Como o valor de F tabelado para um nível de significância de 95% é igual a 2,74, verifica-se que a razão observada cai na região de rejeição ($3,41 > 2,74$), podendo ser concluído portanto, que os dados fornecem evidências suficientes para rejeitar a hipótese nula e que existem diferenças significativas entre as médias nas resistências à tração para os três adesivos testados. Com relação às diferenças entre os blocos, como $1,00 < 1,68$ (tabelado), podemos concluir que não existem diferenças significativas, com confiabilidade de 95%, entre os blocos. A Figura 14 mostra um gráfico com os valores médios de resistência para cada adesivo.

Figura 14 – Valores Médios de Resistência para os Diferentes Adesivos

Para poder identificar quais tratamentos possuem diferenças significativas para o Cascophen, lança-se mão do método da “Diferença Menos Significativa” (LSD). O princípio deste método, é a comparação das médias do tratamento de controle, com as médias dos tratamentos específicos.

$$LSD = t_{\frac{\alpha}{2}, v} \times \sqrt{\frac{2 \times QM}{n}} \quad (2)$$

Na expressão 2, n corresponde ao número de observações dentro de um mesmo tratamento e v é o número de graus de liberdade da parcela do erro. O valor tabelado de $t_{0,025, 72}$ é 1,996. Portanto:

$$LSD = 1,996 \times \sqrt{\frac{2 \times 139,993}{25}} = 6,68$$

A partir da diferença dos valores médios das resistências dos adesivos e comparando-os com o valor de LSD, obteve-se entre quais adesivos as diferenças foram significativas.

Tabela 5 – Resistência à tração média e diferenças com relação ao adesivo controle

	Mamona	Wonderbond	Purbond	Cascophen
Médias	54,07	59,77	64,12	56,39
Diferenças	-2,32	3,38	7,74	0,00

Os resultados da Tabela 5 revelam que só existe diferença significativa com relação ao Cascophen (adesivo de controle), para o adesivo Purbond ($7,74 > 6,68$).

Tabela 6 – Razão entre os valores médio das resistências dos adesivos poliuretanos e o adesivo Cascophen

Adesivos	Eficiência (%)
Mamona	96
Wonderbond	106
Purbond	114

Figura 15 Comportamento da resistência à tração com o aumento das faixas de módulo de elasticidade (Blocos)

Através do gráfico da Figura 15, podemos perceber que todos os adesivos, com exceção do Purbond, tiveram uma leve tendência de aumento da resistência com o aumento do módulo de elasticidade, embora tenhamos constatado anteriormente que a influência do módulo não foi significativa para este conjunto de dados. O PU apresentou comportamento praticamente constante, em torno de 55 Mpa, para todas as faixas de módulo de elasticidade

4.2 Classificação pelo modo de ruptura

De acordo com a Tabela 2, foram analisados e classificados os modos de ruptura das peças. As rupturas de modo 1 indicam falhas de colagem e as de modo 6, falhas na madeira. Os modos 2, 3, 4 e 5 caracterizam ruptura na emenda, sendo que o modo 4 representa a melhor eficiência da emenda dentada. Na Tabela 7 é apresentada a frequência de cada modo de ruptura em relação ao total de peças. Já a Tabela 8 apresenta a frequência de cada modo de ruptura, para os três adesivos testado mais o adesivo de controle separadamente.

Tabela 7 – Quantidade de ocorrências para cada modo de ruptura

	Quantidade	
	Nº Peças	%
1	18	18
2	19	19
3	18	18
4	17	17
5	17	17
6	11	11
Total Geral	100	100

Tabela 8 – Quantidade de peças rompidas em cada modo de ruptura e tratamento

		QUANTIDADE

		Nº PEÇAS	%
	CACOPHEN - V	7	39
	PU	4	22
	WONDERBOND	5	28
	PURBOND	2	11
Total 1		18	100
	CACOPHEN - V	5	26
	PU	3	16
	WONDERBOND	6	32
	PURBOND	5	26
Total 2		19	100
	CACOPHEN - V	1	6
	PU	8	44
	WONDERBOND	2	11
	PURBOND	7	39
Total 3		18	100
	CACOPHEN - V	5	29
	PU	5	29
	WONDERBOND	6	35
	PURBOND	1	6
Total 4		17	100
	CACOPHEN - V	3	18
	PU	4	24
	WONDERBOND	5	29
	PURBOND	5	29
Total 5		17	100
	CACOPHEN - V	4	36
	PU	1	9
	WONDERBOND	1	9
	PURBOND	5	45
Total 6		11	100
Total Geral		100	100

5. CONCLUSÃO

A partir do estudo realizado pode-se concluir que:

A razão entre a resistência dos adesivos testados e a resistência do Cascophen variou numa faixa de 96 % a 114 %. Estes valores evidenciam que o processo utilizado na confecção das emendas pode ser considerado satisfatório. Assim, a pressão aplicada de 10 MPa, durante o tempo de 30 segundos, podem ser considerados adequados para emendas dentadas para a espécie *Eucalyptus Grandis*.

Com relação à qualidade da colagem, a maior incidência de rupturas de modo 1, que representa falha na colagem, ocorreu para o Resorcinol-Formaldeído (Cascophen), sendo este, o adesivo de controle, porém não indica ineficiência do adesivo, já que em alguns casos de ruptura 1, o valor da resistência à tração obtida foi alto. Pode-se observar também, um equilíbrio entre a distribuição dos seis modos de ruptura, em relação à quantidade total de peças.

A análise mostrou que não existe diferença significativa (considerando confiabilidade de 95%) entre as diferentes faixas de módulo de elasticidade (blocos) e que existe diferença significativa para a mesma confiabilidade (95%) entre os três adesivos testados.

Pelo LSD, pode-se afirmar que existe diferença significativa apenas entre o adesivo de controle (Cascophen) e o adesivo Purbond.

Como conclusão final, pode-se afirmar pela viabilidade de utilização dos três adesivos testados, Mamona, Wonderbond e Purbond, que apresentaram eficiências de colagem de 96%, 106% e 114% respectivamente, em relação ao adesivo Cascophen, na fabricação de emendas dentadas, em termos de desempenho estrutural.

6. BIBLIOGRAFIA

AMERICAM SOCIETY for TESTING AND MATERIALS. Methods of Static Tests of Timbers in Structural Sizes. ASTM D-198 (1984)

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard practice for establishing stresses for structural glued laminated timber (glulam). ASTM D-3737. Annual book of A.S.T.M. Standards, v.04.10, p.461-478, 1994b.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. Standard Test Method for Evaluating Structural Adhesives for Finger Joint Lumber. ASTM D-4688-99.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS; Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira (1997): Projeto de Estruturas de Madeira. NBR 7190 – 107 p.

AZAMBUJA, M.A. Avaliação do adesivo poliuretano à base de mamona para fabricação de madeira laminada colada (MLC). Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 103p, 2002.

BALLARIN, A. W. ; PALMA. H. A. L. (2003) Propriedades de resistência e rigidez da madeira Juvenil e Adulta de Pinus taeda L. Artigo – Universidade Estadual Paulista.

CARPINETTI, L. C. R. (2003) Planejamento e Análise de Experimentos. Departamento de Engenharia de Produção – Escola de Engenharia de São Carlos – Universidade de São Paulo.

CHEUNG, A. B. ; CALIL Jr. C. ; CARREIRA, M. R. ; MARTINEZ, M. (2002)

Avaliação da resistência à tração de emendas dentadas em peças de madeira de dimensões estruturais. Revista Ciência y Tecnología, Chile (no prelo).

HENRIQUES DE JESUS, J. M. (2000). Estudo do adesivo poliuretano à base de mamona em madeira laminada colada (MLC). São Carlos. 109p. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

MACÊDO, A. N. Estudo de emendas dentadas em madeira laminada colada: avaliação de método de ensaio. São Carlos. Dissertação (Mestrado). Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 113p, 1996.

MACÊDO, A. N. Fadiga em emendas dentadas em madeira laminada colada. Tese de doutorado – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. 195p, 2000.