

PRODUÇÃO DE COMPENSADO ESTRUTURAL DE *Pinus taeda* L. COM UTILIZAÇÃO DE PAPEL IMPREGNADO COM RESINA FENÓLICA

Setsuo Iwakiri¹
Alan Sulato de Andrade²
Antonio Américo Cardoso Júnior²
Daniel do Canto Oliveira Saks²
José Guilherme Prata²
Luciana Becker Pastor Krambeck²
Merielen de Carvalho Lopes²
Sílvia Maria Maciel Walter²

RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar a qualidade de compensados estruturais com colagem à base de papel impregnado com resina fenólica - filme fenólico. Foram produzidos compensados compostos de cinco lâminas de *Pinus taeda* com 2 mm de espessura. Os painéis foram prensados com temperatura de 140°C e 160°C; pressão específica de 1,5 e 2,0 Mpa, tempo de prensagem real e acrescidos de 1 e 2 minutos. Os resultados da resistência da linha de cola nos testes seco e de fervura demonstraram que o emprego de temperatura de 160°C e pressão específica de 2,0 MPa seriam as condições mais adequadas para a prensagem de painéis compensados com filme fenólico. Com o emprego de condições adequadas de prensagem, os compensados produzidos com filme fenólico podem apresentar qualidade de colagem superior em relação aos compensados produzidos com resina fenólica na forma líquida.

Palavras-chaves: *Pinus*, compensado estrutural, filme fenólico

ABSTRACT

MANUFACTURE OF STRUCTURAL PLYWOOD OF *Pinus taeda* L. WITH PHENOLIC SURFACE FILM

This paper was developed to evaluate the quality of structural plywood using the phenolic surface film. The plywoods were manufactured using five veneer of *Pinus taeda* with 2 mm thickness. The boards were pressed with temperature of 140°C and 160°C; specific pressure of 1,5 and 2,0 MPa; press time to achieve the temperature of resin curing, plus 1 and 2 minutes. The results of the glue line tests – dry and humidity, showed that the use of press temperature of 160°C and specific pressure of 2,0 MPa, are the better conditions to plywood manufactures using phenolic surface film. Using the better conditions of press parameters to board pressing, the plywood manufactured with phenolic surface film could present higher bonding quality in comparison to plywood manufactured with the liquid phenolic resin.

Key words: *Pinus*, structural plywood, phenolic surface film

INTRODUÇÃO

A madeira de *Pinus* começou a ser utilizada em escala comercial para produção de lâminas e painéis compensados a partir do início da década de 90. Nos últimos 10 anos, verificou-se um grande crescimento na produção de compensados de pinus, passando de 30%

para 60% do total da produção brasileira. Este incremento na produção pode ser atribuído principalmente ao aumento nas exportações de compensado estrutural com colagem fenólica, apresentando um salto de 100.000 m³ para mais de 1.000.000 m³ anuais nos últimos 10 anos (ABIMCI, 2003).

As indústrias de compensados utilizam basicamente dois tipos de resinas, sendo a uréia-formaldeído (UF) para

¹ DETF, Universidade Federal do Paraná

² Pós-graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal do Paraná

Recebido para publicação em 2004

uso interior e a fenol-formaldeído (FF) para uso exterior. Segundo Pizzi (1983), a resina fenol-formaldeído começou a ser utilizada a partir da década de 30 na fabricação de compensados especiais para aviação e construção naval, por apresentarem alta resistência à umidade e nas condições eventuais de contato direto com a água.

Na composição da cola para produção de compensados são adicionadas à resina FF, uma determinada quantidade de extensor (farinha de trigo) e água. A adição do extensor na mistura da cola FF visa principalmente a redução do custo, controle da absorção e penetração da cola em lâminas porosas e facilitar o espalhamento da cola sobre a superfície da lâmina (Nock & Richter, 1978).

A resina FF é amplamente comercializada na forma líquida, sendo referenciada como “resol”, e, em menor escala, na forma de pó, conhecida como “novolac” (Pizzi, 1983). Entretanto, existe um outro meio de utilização da resina FF, que é na forma de película, comercialmente denominada de filme fenólico ou “tego-filme”, o qual, trata-se de um papel poroso impregnado com a resina FF (Marra, 1992). Este material é muito empregado nas faces de compensados plastificados para uso em construção civil.

O filme fenólico é fabricado normalmente com a gramatura variando entre 120 g/m² a 220 g/m², e o material é impregnado sobre as faces do compensado “plastificado”, através da aplicação de calor e pressão. De acordo com Kollmann et al. (1975), a resina FF na forma de película pode ser utilizada como elemento de ligação adesiva, e tem a vantagem de eliminar a operação de mistura e espalhamento, sendo particularmente adequada para colagem de lâminas finas e frágeis. Para que ocorra a impregnação da película sobre a superfície das lâminas, as condições de prensagem recomendadas são: pressão específica de 1,5 Mpa, temperatura de prensagem a partir de 140°C e tempo de prensagem na faixa de 2 a 3 minutos.

Tendo em vista poucas informações técnicas disponíveis na literatura com relação à colagem de lâminas com filme fenólico, este trabalho foi desenvolvido com

objetivo de avaliar os efeitos dos parâmetros de prensagem no que tange à temperatura, pressão específica e tempo de prensagem, sobre a resistência da linha de cola dos painéis compensados produzidos com lâminas de *Pinus taeda*.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas nesta pesquisa, lâminas de *Pinus taeda* L. com 2,0 mm de espessura, obtidas de toras provenientes de plantios com 10 anos de idade, localizados no Município de Ventania, Estado do Paraná. Para a colagem de lâminas foi utilizado papel impregnado com resina fenol-formaldeído – “filme fenólico”, com gramatura de 200 g/m².

Os painéis compensados foram produzidos com cinco lâminas e dimensões de 50 x 50 cm, conforme o plano experimental apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Plano experimental para produção de painéis compensados.

Table 1. Experimental plan for plywood manufactures.

Temperatura (°C)	Pressão (Mpa)	Tempo de prensagem (min.)		
		Real (T1)	+1min. (T2)	+2min. (T3)
140	1,5	Real (T1)	+1min. (T2)	+2min. (T3)
160	1,5	Real (T4)	+1min. (T5)	+2min. (T6)
140	2,0	-	+1min. (T7)	-

Real: tempo até a linha de cola mais interna atingir a temperatura de cura da resina.

Na prensagem dos painéis, além de diferentes temperaturas e pressões específicas, o tempo de permanência na prensa foi monitorado através de cabos termopares acoplados ao medidor de temperatura digital, com a finalidade de atingir a temperatura e o tempo conforme definidos no plano experimental.

As composições das lâminas e filme fenólico para a montagem dos compensados estão ilustradas na Figura 1.

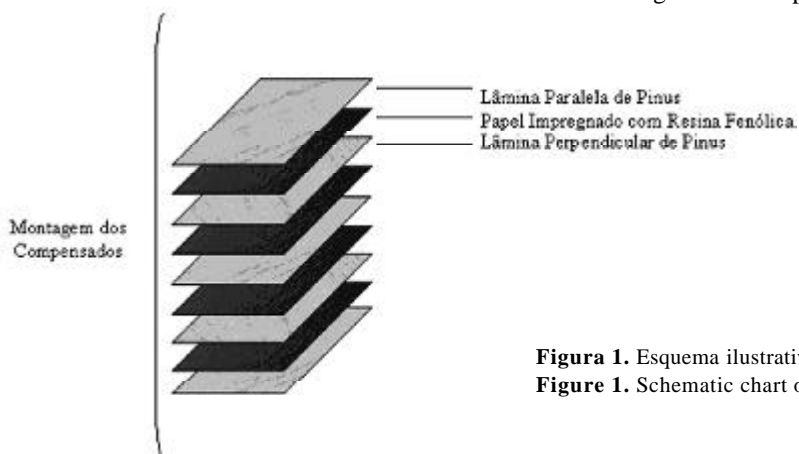


Figura 1. Esquema ilustrativo da montagem de painéis compensados.
Figure 1. Schematic chart of plywood composition.

V. 11, n.1, p. 25 - 28, ago./dez. 2004

Foram produzidos dois painéis por tratamento, totalizando 14 painéis no total. Após o acondicionamento dos painéis na câmara climática à temperatura de $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ e umidade relativa de $(65 \pm 3)\%$, foram retirados os corpos-de-prova para ensaios de resistência da linha de cola às tensões de cisalhamento, no teste seco e de fervura. Os ensaios foram realizados com base nos procedimentos descritos na norma EN 314-1 (1993).

Os resultados foram avaliados através da análise de variância e teste de Tukey, ao nível de probabilidade de 95%. Foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resistência da linha de cola às tensões de cisalhamento (RLC) – teste seco

Os valores médios da resistência da linha de cola

às tensões de cisalhamento (RLC) - teste seco, para as diferentes condições experimentais estão apresentados na Tabela 2.

Para os painéis prensados com temperatura de 140°C e pressão específica de 1,5 MPa (T1, T2 e T3), observa-se uma redução na RLC com o aumento no tempo de prensagem. Os painéis prensados com tempo real acrescido de 2 minutos (T3), apresentaram valor médio estatisticamente inferior em relação aos painéis prensados com tempo menor (T1 e T2).

Com o aumento da temperatura de prensagem de 140°C para 160°C e mesma pressão específica (T4, T5 e T6), verificou-se um aumento nos valores médios da RLC. Os painéis prensados com tempo real de prensagem acrescido de 2 minutos (T6), apresentaram valor médio estatisticamente igual aos painéis prensados com tempo real acrescido de 1 minuto (T5), porém superior aos painéis prensados com tempo real (T4).

Tabela 2. Valores médios da resistência da linha de cola às tensões de cisalhamento (RLC) e parâmetros estatísticos - teste seco.

Table 2. Average values of glue line shear strength and statistical parameters – dry test.

TRATAMENTOS	Média (MPa)	Tukey (95%)	Desvio Padrão (MPa)	Coefficiente de Variação (%)
T1	3,40	BCD	0,49	14,33
T2	2,78	B	0,61	22,00
T3	2,03	A	0,28	13,61
T4	2,75	BC	0,26	9,36
T5	3,49	CD	0,51	14,65
T6	3,71	D	0,36	9,64
T7	3,84	D	0,59	15,36

Essa inversão no comportamento dos valores médios da RLC pode estar relacionada ao menor tempo de exposição do filme fenólico ao calor, tendo em vista a maior rapidez na transferência de calor dos pratos da prensa à linha de cola mais interna, decorrente da maior temperatura de prensagem. Com a menor temperatura de prensagem (140°C), utilizada para os tratamentos T1, T2 e T3, o maior tempo de exposição do filme fenólico ao calor pode ter ocasionado uma degradação físico-química do adesivo, com a conseqüente redução na RLC.

De acordo com os resultados obtidos, pode-se observar também que, à mesma temperatura de prensagem (140°C), o aumento na pressão específica de 1,5 MPa (T2) para 2,0 MPa (T7), resultou no incremento estatisticamente significativo da RLC. Este aumento na RLC pode ser

atribuído ao melhor contato superficial e impregnação mais eficiente do filme fenólico na ligação adesiva entre as duas lâminas adjacentes, conforme relatado por Marra (1992). Outro fator mencionado por Pizzi (1983), que pode também contribuir na ligação adesiva entre as lâminas é a diferença na mobilidade do adesivo líquido e na forma de película. A absorção do adesivo líquido pela madeira é mais facilitada, entretanto, a redução na viscosidade do adesivo na fase inicial do aquecimento, poderá reduzir a espessura da linha de cola e prejudicar a ligação adesiva.

Com exceção do tratamento T3 com 2,03 MPa, os valores médios da RLC obtidos neste estudo, foram superiores ao 2,74 MPa, apresentado no Catálogo Técnico da ABIMCI (2002), para compensados estruturais de Pinus com 12 mm de espessura e compostos de cinco lâminas.

Resistência da linha de cola às tensões de cisalhamento – teste de fervura

Os valores médios da resistência da linha de cola às tensões de cisalhamento (RLC) – teste de fervura, para as diferentes condições experimentais estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Valores médios da resistência da linha de cola às tensões de cisalhamento (RLC) e parâmetros estatísticos - teste de fervura.

Table 3. Average values of glue line shear strength and statistical parameters – boil test.

TRATAMENTOS	Média (MPa)	Tukey (95%)	Desvio Padrão (MPa)	Coefficiente de Variação (%)
T1	1,75	BC	0,53	30,51
T2	1,35	AB	0,54	40,00
T3	1,09	A	0,14	12,44
T4	1,78	ABC	0,53	29,57
T5	2,25	CD	0,38	16,91
T6	2,62	D	0,51	19,50
T7	1,84	BC	0,49	26,87

Para os painéis prensados com temperatura de 140°C e pressão específica de 15 MPa (T1, T2 e T3), pode-se constatar uma redução na RLC com o aumento no tempo de prensagem. Os painéis prensados com tempo real acrescido de 1 e 2 minutos (T2 e T3), apresentaram valores médios estatisticamente inferiores em relação aos painéis prensados com tempo menor (T1).

Assim como no teste seco, o aumento na temperatura de prensagem de 140°C para 160°C com mesma pressão específica (T4, T5 e T6), resultou em aumento significativo dos valores médios da RLC no teste de fervura, para painéis prensados com tempo real acrescidos de 1 e 2 minutos.

Essa inversão no comportamento dos valores médios da RLC pode ser atribuída à maior rapidez na transferência de calor decorrente da maior temperatura de prensagem, aliado ao menor tempo de exposição da linha de cola às altas temperaturas, evitando a possível ocorrência da degradação físico-química do adesivo.

De acordo com os resultados obtidos, pode-se observar também que à mesma temperatura de prensagem (140°C), o aumento na pressão específica de 1,5 MPa (T2) para 2,0 MPa (T7), resultou no incremento da RLC, embora a diferença não seja estatisticamente significativa. O melhor contato superficial e impregnação mais eficiente do filme fenólico na ligação adesiva entre as duas lâminas adjacentes, pode ter contribuído para o aumento da RLC, conforme relatado por Marra (1992).

Com exceção dos tratamentos T2 e T3 com 1,35 Mpa e 1,09 Mpa, respectivamente, os valores médios da

RLC obtidos neste estudo, foram superiores ao 1,47 MPa, apresentado no Catálogo Técnico da ABIMCI (2002) para compensados estruturais de pinus com 12 mm de espessura e compostos de cinco lâminas.

CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos nesta pesquisa, as seguintes conclusões podem ser apresentadas:

- Na combinação dos parâmetros temperatura, pressão específica e tempo de prensagem, a utilização de maior temperatura (160°C) e pressão específica (2,0 MPa), mostraram ser mais eficientes para a colagem de lâminas com filme fenólico;
- O emprego de maior temperatura de prensagem reduz substancialmente o tempo de permanência dos painéis na prensa e melhora a qualidade da ligação adesiva;
- A aplicação de maior pressão específica contribui para melhor contato superficial entre as lâminas e favorece as condições de impregnação do filme fenólico sobre a superfície das lâminas adjacentes;
- Tanto para o teste seco, quanto para o teste de fervura, os painéis compensados colados com filme fenólico apresentaram resultados altamente satisfatórios, quando comparados aos compensados estruturais de pinus, produzidos em escala comercial para a exportação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Estudo setorial – produtos de madeira sólida**. Curitiba. 67p. 1993.

ABIMCI - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INDÚSTRIA DA MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Compensado de Pinus – Catálogo técnico nº 1**. Curitiba. 20p. 2002.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **Plywood – bonding quality. Norma CEN**. 1993.

KOLLMAN, F.F.P.; KUENZI, E.W.; STAMM, A.J. **Principles of wood science and technology**. Berlin: Springer-Verlag. 703p. 1975.

MARRA, A.A. **Technology of wood bonding**. New York: Van Nostrand Reinhold. 453p. 1992.

NOCK, H.P.; RICHTER, H.G. **Adesão e adesivos**. Curitiba: Universidade Federal do Paraná. 93p. 1978.

PIZZI, A. **Wood adhesives, chemistry and technology**. New York: Marcel dekker Inc. 364p. 1983.