ISSN 0103-9954

INFLUÊNCIA DE DIVERSOS TEMPOS E TEMPERATURAS DE PRENSAGEM EM COMPENSADOS FENÓLICOS DE *Pinus taeda*: EFEITOS SOBRE A RESISTÊNCIA DA COLAGEM AO ESFORÇO DE CISALHAMENTO

PRESS TIME AND TEMPERATURE INFLUENCE ON GLUE STRENGHT OF *Pinus taeda* PLYWOOD

Sidon Keinert Júnir[1] Mário Michaque M. Alberto[2]

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da temperatura de aquecimento das toras, do tempo de prensagem e da temperatura de prensagem, sobre a resistência da linha de cola de compensados fenólicos de *Pinus taeda*. As temperaturas de aquecimento usadas foram de 20°C, 40°C e 60°C. Os tempos de prensagem entre 6 e 9 minutos. As temperaturas de prensagem 135°C, 145°C e 155°C. O experimento foi completamente casualizado com o arranjo fatorial dos tratamentos. A temperatura de aquecimento afetou os valores de resistência ao cisalhamento, sendo a melhor temperatura a de 60°C. Das combinações entre dois fatores, verificou-se de que a combinação da temperatura de prensagem de 145°C e um tempo de prensagem de 9 minutos foram os melhores. Compensados com altas propriedades de resistência foram obtidas com lâminas desenroladoras a 60°C e prensadas a 145°C durante 9 minutos.

Palavras-chave: *Pinus taeda;* ciclo de prensa; linha de cola.

1 Engenheiro Florestal, Ph.D., Professor Titular do Departamento de Engenharia e Tecnologia Rurais, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Av. Pref. Lothário Meissner, 632, CEP 80210-170, Curitiba (PR), Brasil.

2 Engenheiro Florestal, Mestrando, Professor Assitente do Departamento de Engenharia Florestal, Faculdade de Agronomia e de Engenharia Florestal, Universidade Eduardo Mondlane, Maputo – Moçambique, atualmente realizando o Curso de Mestrado na UFPr, Av. Pref. Lothário Meissner, 632, CEP 80210-170, Curitiba (PR), Brasil.

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effect of heating temperature of the logs, pressing time and pressing temperature on the glue line strenght of *Pinus taeda* phenolic plywood. A factorial analysis was applied for the different treatments showing that the best heating temperature was 60°C and the best pressing temperature 145°C, the pressing time was 9 minutes. The veneers and plywood produced showed the best properties.

Keywords: *Pinus taeda;* press cyclem; glue line.

INTRODUÇÃO

O compensado é definido como sendo uma chapa formada por lâminas delgadas de madeiras, justapostas em camadas ímpares, coladas entre si de maneira que a direção da grã de camadas adjacentes formem ângulos de 90° entre si.

A grande demanda deste produto tem sido cada vez mais crescente, devido a suas principais vantagens em relação à madeira maciça, no que concerne à possibilidade de se obter as mesmas propriedades de resistência, permitindo aplicações mais amplas, nas quais são necessárias chapas mais largas do que o tamanho padrão das pranchas de madeira maciça. Com o aumento do consumo e do distanciamento das reservas naturais das espécies consideradas tradicionais para a produção de compensados, dos centros consumidores, o abastecimento de matéria-prima passou a ser prejudicado. Como forma de solucionar este problema, as indústrias madeireiras vêm usando as madeiras de reflorestamento.

Com o avanço das técnicas silviculturais e com o aumento diário das áreas plantadas com pinus, como também, experiências obtidas na manufatura de lâminas e compensados em outros países, a utilização dessas madeiras constitui uma das melhores opções para o fornecimento de matéria-prima (AGUIAR, 1984).

O ciclo da prensa (tempo de prensagem, temperatura e pressão aplicada) é um fator de fundamental importância no fluxo de produção de compensados, pois o tempo de prensagem e a temperatura utilizados são variáveis limitantes do ponto de vista da qualidade do compensado e da economia no processo produtivo. Uma temperatura e um tempo adequado podem representar uma linha de cola bem curada e, por conseguinte, uma

alta porcentagem de falha na madeira e, além do mais, podem representar um volume diário maior de compensados produzidos com baixo consumo de energia (KEINERT JR., 1982).

Neste âmbito, algumas experiências foram executadas no Laboratório de Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais, da UFPr, com a finalidade de se estabelecer o ciclo mais adequado na produção de compensados de pinus. Medina (1982) estudou o efeito da temperatura de aquecimento, da temperatura de prensagem e do tempo de prensagem, sobre as características mecânicas da resistência da linha de cola de compensados elaborados a partir de *Pinus ellittii*, e colados com resina fenólica. Keineret Jr. & Alberto (1991) estudaram a influência do ciclo de prensagem, na resistência da linha de cola de chapas de compensado de *Pinus taeda.* Sendo a temperatura de aquecimento, uma variável-resposta para as lâminas do miolo.

REVISÃO DA LITERATURA

De uma maneira geral, o aquecimento das toras traz consigo uma série de vantagens e desvantagens. Do correto balanço entre estas e analisando o aspecto econômico, surgirá a decisão de aquecer ou não. Medina (1986) e Lutz (1967 e 1978) encontraram algumas vantagens e desvantagens sobre este aspecto:

a) O aquecimento torna a madeira mais plástica. O grau de plasticidade é função da temperatura da madeira e não do tempo de permanência nessa temperatura;
b) O aquecimento amolece a madeira, normalmente o aquecimento das madeiras de alto peso específico facilita o corte, entretanto, sobre as madeiras menos densas pode resultar no desgarramento das fibras e as lâminas apresentarem uma superfície aveludada. A temperatura também amolece os nós, em diversas pesquisas demonstrou-se que em presença de nós o aquecimento melhora a vida da faca e diminui a rugosidade das lâminas em torno dos nós;
c) O aquecimento da madeira gera uma expansão tangencial e uma contração radial, o que, dependendo da espécie e da temperatura, origina rachaduras no topo, prejudiciais para a laminação. Este motivo térmico origina rachaduras com temperaturas superiores a 66°C.

Medina (1986), em seu estudo, concluiu que é conveniente

aquecer as toras de *Pinus elliottii* para sua laminação porque o aquecimento traz consigo melhoras no rendimento, na qualidade das lâminas e na resistência mecânica da linha de cola. De outro trabalho executado por Lutz (1967), para determinar o efeito da temperatura de laminação sobre a qualidade das lâminas obtidas por desenrolamento de *Pinus taeda* e *Pinus echinata*, determinou-se que as temperaturas de 60°C e de 70°C foram as melhores, pois reduziram o desgaste da faca e contrafaca além de melhorar a qualidade das lâminas, principalmente por redução das rachaduras originais no manuseio.

Os pinus do sul dos EUA são geralmente aquecidos em água ou em vapor de água antes da laminação para evitar a severidade das fendas provenientes do corte, plastificar os nós, melhorar o rendimento e a colagem. A temperatura normalmente utilizada para laminar pinus é 60°C (KICH, 1972). De acordo com Baldwin (1975), um intervalo de temperatura de 21°C a 70°C é o mais apropriado para laminar pinus.

As variáveis temperatura e tempo de prensagem podem resultar em uma linha de cola bem curada e, por conseguinte, uma alta porcentagem de falha na madeira.

De acordo com o Kollmann et al. (1975), temperaturas de prensagem demasiadamente altas reduzem a qualidade do compensado, dado que a plasticidade da madeira aumenta rapidamente acima de 100°C, o que conduz a uma compressão indesejável da madeira.

O tempo de prensagem deve ser o suficiente para que as partes mais internas da linha de cola atinjam a temperatura de cura (CHOW et al., 1973).

No trabalho efetuado por Medina (1986), que testou três temperaturas de aquecimento das toras a 20°C, 40°C e 60°C, três temperaturas de prensagem a 135°C, 145°C e 155°C e três tempos de prensagem, 3, 6 e 9 minutos, conclui-se de que, a melhor colagem foi para lâminas desenroladas a 60°C e prensadas com 135°C durante 6 minutos, podendo também conseguir-se boas colagens com lâminas desenroladas a 60°C e prensadas com 135°C ou 145°C durante 9 ou 6 minutos, respectivamente.

MATERIAL E MÉTODO

Foram manufaturados para o presente trabalho, 54 chapas trilaminadas de 600 x 600 mm, com 1,5 mm de espessura para a capa e

contracapa de 2,5 mm de espessura para o miolo.

As chapas foram prensadas no Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais do Curso de Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, de acordo com os tratamentos que são apresentados na Tabela 1. Foram testadas três temperaturas de aquecimento das toras (Ta), dois tempos de prensagem (t) e três temperaturas de prensagem (T) perfazendo assim um total de 18 tratamentos (TR).

A resina utilizada na elaboração do adesivo foi fenol-formol líquida (CASCOPHEN VI-80), cuja formulação em partes para o peso foi a seguinte:

TABELA 1: Tratamentos realizados.
TABLE 1: The treatments carried out.

Ta (°C)	t (min.)	T (°C)	TR
20	9	135	01
	6		02
	9	145	03
	6		04
	9	155	05
	6		06
40	9	135	07
	6		08
	9	145	09
	6		10
	9	155	11
	6		12
60	9	135	13
	6		14
	9	145	15
	6		16
	9	155	17
	6		18

- Resina 100
- Casca de nós em pó 10

A quantidade de cola espalhada foi de 300 g/cm^2 de superfície dupla.

A prensagem foi feita em uma prensa de laboratório, marca Siempelkamp, utilizando-se uma pressão constante de 1 N/mm^2 e variando para os tratamentos temperatura e tempo de prensagem.

Depois da prensagem, as chapas foram colocadas em uma sala de aclimatação, com temperatura de 20°C +/- 1°C e uma umidade relativa de 65 +/- 5°%, até atingirem condições de equilíbrio higroscópico.

Na avaliação das chapas, foram tomados para o teste de resistência da linha de cola, corpos de prova retirados das chapas, de acordo com a norma ASTM D-805 (1978).

Os testes foram feitos a seco e a úmido, conforme o padrão OS 1-74 (1974). O experimento foi conduzido com arranjos fatoriais dos tratamentos e foi analisado estatisticamente através do delineamento totalmente casualizado. Os fatores considerados foram: (Ta) com três níveis; (t) com dois níveis; e, (T) com três níveis, ficando um fatorial de 3 x 2 x 3 (18 tratamentos). Para cada tratamento efetuaram-se três repetições, ou seja, foram fabricadas 54 chapas. O número de corpos de prova retirados por chapa foi 10. Além desta análise, determinou-se para todos os valores médios, desvio padrão e o coeficiente de variação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios (X), desvio(s) padrão(ões) e coeficientes de variação (CV), obtidos para os valores de resistência e porcentagem de falha na madeira do teste da linha de cola a seco e a úmido são apresentados nas Tabelas 2 e 3.

A síntese de variância, apresentada na Tabela 4, mostra para o teste de resistência da linha de cola seca (RLCS) a significância em nível de 99% de probabilidade para os níveis considerados de (Ta) e em nível de 95% de probabilidade para os níveis considerados do (t) e na interação dos fatores (t.T), assim como na interação (Ta.t.T). Na porcentagem de falha na madeira referente ao mesmo teste (PFMS), somente o (t) e a (T) foram significativamente a 95% de probabilidades.

No caso da linha de cola avaliada a úmido, cuja análise é apresentada

TABELA 2: Estatísticas obtidas para os valores de resistência e porcentagem de falha na madeira do teste de linha de cola seca, para os 18 tratamentos.

TABLE 2: Statistics obtained for the resistance values and percentage of failure in the wood of the test of dry glue line, for the 18 treatments.

Trat.	Resistência (kg/cm^2)			Falha na Madeira (%)		
	X	s	C.V.	X	s	C.V.
01	27,67	2,08	7,32	47	13,86	29,47
02	25,67	4,04	15,74	75	6,91	9,08
03	26,33	2,52	9,57	57	11,24	19,72
04	23,00	1,73	7,52	73	13,23	18,12
05	26,33	3,79	14,39	55	4,51	8,20
06	26,00	1,00	3,85	56	2,08	3,71
07	27,33	1,53	5,60	64	9,54	14,91
08	22,33	1,15	5,15	63	14,19	22,52
09	24,00	3,00	12,50	71	2,08	2,93
10	24,33	1,15	4,73	77	7,94	10,31
11	21,00	1,73	8,24	63	21,94	34,83
12	24,33	3,51	14,43	69	14,01	30,30
13	26,00	1,00	3,85	59	22,05	37,37
14	26,00	3,60	13,85	49	14,19	28,96
15	31,67	2,51	7,93	63	17,62	27,97
16	22,67	4.62	20,38	80	13,05	16,31
17	28,33	0,58	2,05	47	4,16	8,85
18	28,67	3,06	10,67	66	27,50	41,67

na Tabela 5, os níveis dos fatores, (Ta), (t) e (T) não afetaram estatisticamente os valores das duas propriedades estudadas. Mas, contudo, na interação entre os três fatores (Ta.t.T), os resultados foram significativos em nível de 95% de probabilidade.

TABELA 3: Estatísticas obtidas para os valores de resistência e porcentagem de falha na madeira do teste de linha de cola úmida, para os 18 tratamentos.

TABLE 3: Statistics obtained for the resistance values and percentage of failure in the wood of the wet glue line test, for the 18 treatments.

Trat.	Resistência (kg/cm²)			Falha na Madeira (%)		
	X	s	C.V.	X	s	C.V.
01	14,67	2,52	17,18	33	3,79	11,60
02	16,33	3,06	18,74	43	4,36	10,14
03	16,00	2,65	16,56	58	16,37	28,22
04	16,67	1,53	9,18	48	8,50	17,59
05	15,00	3,00	20,00	45	16,29	35,94
06	14,00	2,00	14,29	41	6,43	15,56
07	18,33	2,31	12,60	45	8,08	18,09
08	14,33	0,58	4,05	50	12,00	24,00
09	14,00	1,78	13,36	60	16,80	27,85
10	16,33	1,53	9,37	36	10,58	29,39
11	13,67	0,58	4,24	47	11,02	23,28
12	16,33	2,08	12,74	50	2,00	4,00
13	15,00	1,00	6,67	51	4,62	9,12
14	15,67	2,08	13,27	39	4,62	11,75
15	19,00	1,00	5,26	39	6,43	16,63
16	15,67	0,58	3,70	51	15,28	30,16
17	18,67	1,15	6,16	48	10,39	21,65
18	17,33	1,53	8,83	45	4,16	9,18

TABELA 4: Síntese de análise de variância efetuada para os três fatores. Teste seco.

TABLE 4: Synthesis of analysis of variance performed for the three factors. Dry test.

F.V.	G.L.	RLCS		PFMS	
		Q.M.	F	Q.M.	F
Ta	2	50,46	7,21**	294,22	1,49ns
T	1	40,91	5,84*	1.075,56	5,46*
T	2	1,35	0,19ns	704,66	3,58*
Ta.t	2	6,79	0,97ns	133,86	0,68ns
Ta.T	4	10,96	1,57ns	73,56	0,37ns
t.T	2	30,57	4,37*	60,97	0,31ns
Ta.t.T	4	20,80	2,97*	319,73	0,62ns
Erro	36	7,00		196,85	
Total	53				

TABELA 5: Síntese de análise de variância efetuada para os três fatores. Teste úmido.

TABLE 5: Synthesis of analysis of variance performed for the three factors. Moist test.

F.V.	G.L.	RLCS		PFMS	
		Q.M.	F	Q.M.	F
Ta	2	9,69	2,56ns	54,02	0,53ns
t	1	3,13	0,83ns	78,24	0,76ns
T	2	1,85	0,49ns	125,57	1,22ns
Ta.t	2	3,57	0,95ns	31,35	0,30ns
Ta.T	4	8,74	2,31ns	123,05	1,20ns
t.T	2	0,52	0,14ns	90,57	0,88ns
Ta.t.T	4	11,80	3,182	340,77	3,31*
Erro	36	3,78		102,89	
Total	53				

Em que: * significativo a 95% de probabilidade; **significativo a 99% de probabilidade; (ns) não significativo.

F (1-36; 0,95) = 4,116 F (2-36; 0,95) = 3,266
F (1-36; 0,99) = 7,410 F (2-36; 0,99) = 5,264
F (4-36; 0,95) = 2,636 F (4-36; 0,99) = 3,906

As Tabelas 6 e 7 apresentam as estatísticas obtidas para cada um dos três níveis dos fatores (Ta), (t) e (T). Os valores médios obtidos dos fatores significantes, foram comparados, mediante teste de Tukey, para se estabelecer quais dos níveis de cada fator são os melhores.

Os comparadores resultaram 3,32 e 3,86, para as probabilidades de 95 e 99% respectivamente, no teste da resistência e na porcentagem de falha na madeira foram de 17,57 e 21,73, para as probabilidades de 95 e 99% respectivamente.

Da análise feita acima, somente a temperatura de aquecimento (Ta3) foi significativa em nível de 95% de probabilidade. Os outros fatores não exerceram nenhuma influência estatisticamente significante nas propriedades estudadas.

O teste de Tukey foi feito também para a interação dos fatores significativos, com a finalidade de se obter as melhores combinações. Na interação (t.T), em nível de 95% de probabilidade, a combinação t1 e T2 foram o melhor tempo e temperatura de prensagem respectivamente, já na interação dos três fatores a combinação (Ta3.t1.T2) foi a melhor em nível de 99% de probabilidade. Estes resultados foram obtidos na resistência de linha de cola seca e na resistência de linha de cola úmida, nenhuma combinação foi significativa. Por outro lado, em termos de porcentagem de falha na madeira, também nenhuma combinação foi significativa.

Resultados similares foram obtidos por Medina (1986) ao fazer uma análise do efeito da temperatura de aquecimento de toras, do tempo de prensagem e da temperatura de prensagem, sobre a resistência da linha de cola a seco de *Pinus elliottii*. Segundo Koch (1972), o aquecimento de pinus para o desenrolo melhora a resistência mecânica da lâmina o que leva a aumentar os valores de resistência ao cisalhamento da linha de cola, em contrapartida, toras desenroladas sem aquecimento prévio produzem lâminas mais débeis resultando em valores baixos de resistência ao cisalhamento, porém, com altas porcentagens de falhas na madeira.

TABELA 6: Estatísticas obtidas nos três níveis dos fatores temperatura de aquecimento, tempo de prensagem e temperatura de prensagem, para o teste de linha de cola seca.

TABLE 7: Statistics obtained in the three levels of the factors of temperature of heating, time of pressing and temperature of pressing, for the test of line of dry glue.

Fatores	Resistência (kg/cm²)			Falha na Madeira (%)		
	X	s	C.V.	X	s	C.V.
Ta1	28,83ns	2,73	10,57	61	13,12	21,51
Ta2	23,89ns	2,74	11,47	68	12,26	28,03
Ta3	27,22*	3,78	13,89	61	18,87	30,93
t1	26,52ns	3,40	12,82	58ns	13,82	23,93
t2	24,78ns	3,14	12,67	67ns	15,29	23,83
T1	25,83	2,77	10,72	60ns	15,33	25,55
T2	25,33	3,94	15,55	70ns	12,70	18,14
T3	25,78	3,44	13,34	59ns	15,24	25,83

TABELA 7: Estatísticas obtidas nos três níveis dos fatores temperatura de aquecimento, tempo de prensagem e temperatura de prensagem, para o teste de linha de cola úmida.

TABLE 7: Statistics obtained in the three levels of the factors of heating temperature, pressing time and temperature of pressing, for the wet glue line test.

Fatores	Resistência (kg/cm²)			Falha na Madeira (%)		
	X	s	C.V.	X	s	C.V.
Ta1	15,14	2,33	15,09	45	11,90	26,44
Ta2	15,50	2,18	14,06	48	11,89	24,77
Ta3	16,89	1,94	11,49	45	8,81	19,58
t1	16,93	2,58	16,09	47	12,65	26,91
t2	15,85	1,83	11,55	45	9,77	19,49
T1	15,72	2,24	14,25	43	8,61	20,02
T2	16,28	2,05	12,59	49	14,31	29,20
T3	15,83	2,43	15,35	46	8,57	18,63

CONCLUSÕES

Da análise efetuada pode-se concluir que:

a) A temperatura de aquecimento das toras influenciou a resistência ao cisalhamento da linha de cola a seco. Para a obtenção de valores mais altos de resistência ao cisalhamento, é conveniente desenrolar as toras de *Pinus taeda* a uma temperatura de 60°C. Em termos de porcentagem de falha na madeira, não é recomendável o aquecimento de toras, uma vez que não se verificou uma melhora significativa durante o estudo;
b) Dos tempos de prensagem e das temperaturas de prensagem, nenhum nível independente dentro destes fatores foi significativo, mas verificou-se que a combinação (t1.T2) foi a melhor na resistência da linha de cola a seco em nível de 95% de probabilidade;
c) Das melhores combinações dos três fatores, recomenda-se para obter a melhor colagem a combinação (Ta3.t.T2), ou seja, laminar a 60°C e prensar a 145°C durante 9 minutos;
d) Neste estudo, confirmou-se a tendência encontrada por Medina (1986), no que se refere à resistência da linha de cola a seco de *Pinus elliottii.*

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS, **ASTM Standards**. Wood; Adhesive. Philadelohia, Pa, 1978.

AMERICAN PLYWOOD ASSOCIATIONS. **Product Standard OS 1-74 Constrution & Industrial Playwood.** USA, 1978.

AGUIAR, O. J. R. Utilização de Pinus na produção de laminados e compensados. In: I SEMINÁRIO SOBRE O PROCESSAMENTO E UTILIZAÇÃO DE MADEIRAS DE REFLORESTAMENTO, 1, 1984, São Paulo: Silvicultura. n.34. SBS. **Relatório.** São Paulo: SBS, 1984.

BALDWIN, R. F. **Playwood manufacturing pratices.** San Francisco: M. Freenan, 1975.

CHOW, S., TROGHTON, G. E., HANCOCK, W. V. et al. Quality control in veneer drying nad playwood gluing. **Can. For. Serv. Inf. Rep.** Vp-X-113, 1973.

KEINERT, Jr., S. Influência de diversos tempos de prensagem na resistência da linha de cola em compensados de açoita-cavalo (*Luhea divaricata* M.). **R. SCA.** v.4, p.11-16, 1982.

KEINERT, Jr., ALBERTO, M. M. M. Influência de diversos tempos, temperaturas de prensagem em compensados fenólocos de *Pinus taeda* – Efeitos sobre a Estabilidade Dimensional. In: CONGRESSO FLORESTAL E DO MEIO AMBIENTE DO PARANÁ, 3, 1991. **Anais**... v.1, p.359-368.

KOCH, P. **Utilization of Southern pines.** Agriculture Handbook, 1972. 420p.

KOLLMANN, F. F. P., KUENZI, E. W., STAMM, A. J. **Principles of wood Science and technology.** Berlin: Springer, 1975. 2v.