

PROPIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DE COMPENSADOS COM LÂMINAS DE *PINUS TAEDA* L. TRATADAS COM CCA

PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF PLYWOOD MANUFACTURED WITH *PINUS TAEDA* L. VENEERS TREATED WITH CCA

Hernando Alfonso Lara Palma ⁽¹⁾, **João Theodoro do Marco** ⁽²⁾,
Adriano Wagner Ballarin ⁽³⁾ (A)

(1) Prof. Dr., Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu-SP, Brasil

(2) Aluno, Curso de Engenharia Florestal, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu-SP, Brasil

(3) Professor, Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu-SP, Brasil

Endereço de contato: awballarin@fca.unesp.br; (A) Apresentador

Código de identificação: T4-04

Resumo

O presente trabalho teve como objetivo verificar o efeito do tratamento preservativo das lâminas sobre algumas propriedades físicas e mecânicas do painel compensado de *Pinus taeda* L. Os compensados com e sem tratamento apresentaram densidade aparente média de 657 kg/m³ e 653 kg/m³ e inchamento em espessura de 11% e 9,8%. Os valores médios do módulo de elasticidade e da resistência na direção longitudinal e transversal dos compensados com tratamento foram 6747 MPa; 3520 MPa; 49,18 MPa e 35,01 MPa e sem tratamento 6590 MPa; 33161 MPa; 52,35 MPa e 33,60 MPa. As propriedades físicas e mecânicas (flexão longitudinal e transversal) dos painéis sem e com tratamento atingiram os limites mínimos referenciais para compensados apresentados nos diferentes códigos normativos nacionais. Por conta da retenção do material preservativo, os painéis com lâminas tratadas apresentaram valor de massa específica e teor de umidade superior ao verificado nos painéis sem tratamento. Não foi observada diferença estatística nas propriedades de flexão longitudinal e transversal (tensão de ruptura e módulo de elasticidade) entre os painéis sem e com tratamento preservativo.

Palavras chave: *Pinus taeda* L.; madeira compensada; propriedades físicas e mecânicas; tratamento preservativo

Abstract

This study aimed to verify the effect of the preservative treatment of the veneers on some physical and mechanical properties of plywood panel made from Pinus taeda L. Plywood with and without preservative treatment had an average density of 657 kg/m³ and 653 kg/m³ and thickness swelling of 11% and 9,8% respectively. Average MOE and MOR in the longitudinal and transversal directions for treated panels were respectively 6747 MPa; 3520 MPa; 49.18 MPa and 35.01 MPa, and for untreated panels were 6590 MPa; 33161 MPa; 52.35 MPa and 33,60 MPa. The physical and mechanical properties (longitudinal and transversal flexion) of the panels with and without treatment reached the minimum reference limits proposed by different national regulatory codes. In consequence of the retention of preservative product, it was observed higher values of specific mass and moisture content in the panels with treated veneers. There was no statistical difference between the longitudinal and transversal bending properties (MOR and MOE) for panels with and without preservative treatment.

Keywords: *Pinus taeda* L., plywood; physical and mechanical properties, preservative treatment

1. INTRODUÇÃO

Em 2015, a produção nacional de compensados totalizou um volume de 3,04 milhões de m³, sendo 2,60 milhões fabricados de madeira de *Pinus* (86% da produção nacional) e 0,44 milhões fabricados com madeira de folhosas de origem tropical (14% da produção nacional). No último quinquênio, a produção de compensados de *Pinus* teve um crescimento médio de 9,9% a.a. No mesmo período, a produção de compensado tropical apresentou queda da ordem de 1,6% a.a. [1 e 2].

Os compensados de *Pinus* têm uma gama imensa de usos na indústria moveleira e em componentes da construção civil, devido basicamente às suas excelentes características mecânicas associadas à boa estabilidade dimensional [3,4]. Mais recentemente, iniciativas empresariais têm aventado a utilização dos painéis compensados em diversos sub-sistemas (fechamentos, por exemplo) de sistemas construtivos nacionais para habitações. As diretrizes SINAT 005 - Sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas delgadas [5] que estabelecem os requisitos e critérios de desempenho para esses sistemas, especificam tratamento preservativo dos painéis de fechamento. Caso os painéis não possuam tratamento preservativo, exigências adicionais, como barreiras impermeáveis são exigidas.

De fato, como qualquer produto à base de madeira, os painéis compensados podem sofrer deterioração por fungos, cupins e brocas - em maior ou menor grau, quando expostos a condições adversas como umidade excessiva ou contato com o solo. Quase a totalidade da produção nacional de compensados de *Pinus* e de folhosas não tem tratamento preservativo. O tratamento, em princípio, poderia ser realizado no painel já pronto ou incorporado no processo produtivo, pelo tratamento das lâminas em etapa prévia à confecção do painel.

Na literatura nacional são escassos os trabalhos sobre a preservação de painéis compensados e sua influência no desempenho mecânico. Mendes et al. [4] estudaram o efeito do tratamento preservativo sobre as propriedades físicas e mecânicas de painéis compensados produzidos em escala laboratorial (1,10m x 1,10m). O tratamento preservativo em autoclave foi aplicado sobre os painéis já prontos. Os autores concluíram que houve diminuição das propriedades mecânicas, atribuída parcialmente ao tratamento vácuo-pressão adotado. Estudos preliminares de tratamento de painéis compensados já prontos realizados pela Indústria de Compensados Caribeia Ltda. evidenciaram que, em escala comercial, os painéis, de maiores dimensões, podem sofrer distorções dimensionais (ondulações) comprometedoras de sua qualidade. Essa constatação potencializa a opção por tratamento das lâminas, em etapa prévia à fabricação do painel.

O objetivo do presente trabalho foi verificar o efeito do tratamento preservativo das lâminas sobre as propriedades físicas e mecânicas do painel compensado de *Pinus taeda* L.

Pela sua oportunidade, trará informações tecnológicas importantes, considerando-se a carência de estudos nessa área e a potencial utilização dos painéis compensados em sistemas construtivos habitacionais.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Matéria prima e produção dos compensados

Neste estudo foram utilizadas lâminas preservadas e não preservadas de 2,3 mm de espessura de *Pinus taeda* L. provenientes de plantios localizados na cidade Teixeira Soares, PR. O processo de preservação foi realizado na empresa A.F. Fleischer e Cia. Ltda. localizada na mesma cidade. As lâminas foram tratadas em autoclave com CCA (Arseniato de cobre cromatado) com uma retenção de 6,5 kg/m³. As lâminas foram estabilizadas por um período de 80 horas e, em seguida, secas em secador industrial até 5% de umidade.

A confecção dos compensados foi realizada na Indústria de Compensados Caribeia S.A. de São Manuel, SP, adotando-se os parâmetros convencionais de produção de compensados utilizados pela empresa, bem como as recomendações do fabricante da resina utilizada (umidade média das lâminas

de 5 a 6%, adesivo utilizado à base de fenol-formaldeído (400g resina RM-800 Marbow Resinas, 20g de farinha de trigo, 20ml de água) com gramatura de 380 g/m² por linha dupla de colagem, temperatura e tempo de prensagem de 130°C e um minuto de prensagem por cada mm de espessura nominal do painel e pressão específica de prensagem de 12 kgf/cm²).

Para este estudo foram produzidos seis painéis compensados de sete lâminas com dimensões nominais de 2440 mm x 1220 mm x 16 mm. (três compensados fabricados com lâminas tratadas com CCA e três compensados sem tratamento).

Os resultados foram avaliados por meio de análise de variância (ANOVA) para a verificação do efeito do tratamento, considerando-se, também as interações com efeitos significativos a 5% de probabilidade.

2.2. Confeção dos corpos de prova e avaliação dos painéis compensados

A avaliação do desempenho dos painéis compensados foi conduzida com ensaios físicos e mecânicos em corpos de prova deles confeccionados, atendendo-se no geral às prescrições da norma ABNT, como indicado na Tabela 1.

Tabela 1: Ensaios e normas para painéis compensados da madeira

Ensaio	Propriedade	Norma
Resistência à flexão estática (longitudinal e transversal)	E _b - módulo de elasticidade T _r - tensão de ruptura	NBR 9533:2012 [6]
Resistência da colagem ao esforço de cisalhamento	f _v - tensão de cisalhamento	NBR ISO 12466-1 / 2006 [7] NBR ISO 12466-2 / 2006 [8]
Densidade	M _{ea} - massa específica aparente	NBR 9485:2011 [9]
Umidade	TU - teor de umidade	NBR 9484:2011 [10]
Inchamento	IR - inchamento em espessura	NBR 9535:2011 [11]

Todos os ensaios foram realizados no Laboratório de Ensaios de Materiais do Departamento de Engenharia Rural e no Laboratório de Qualidade e Painéis de Madeira do Departamento de Ciência Florestal, ambos da Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP – Botucatu, com os corpos-de-prova acondicionados conforme prescrito na norma NBR 9489 / 2011 (temperatura de 20 ± 3°C e umidade relativa de 65 ± 5%).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Numa análise visual dos painéis produzidos, não foram detectadas diferenças de qualidade entre os painéis com e sem tratamento. Não foram observadas ondulações, empenamentos e delaminações nos painéis com tratamento preservativo das lâminas.

Os resultados da densidade, inchamento e recuperação da espessura e teor de umidade estão apresentados na Tabela 2.

De uma forma geral, as propriedades físicas tiveram pouca variação, indicando homogeneidade.

O valor da massa específica dos painéis tratados foi superior ao valor da massa específica dos não tratados provavelmente por conta da retenção do material preservativo nas lâminas.

Tabela 2: Propriedades físicas dos painéis

	M _{ea} (kg/m ³)		IR (%)		TU (%)	
	Sem tratamento	Com tratamento	Sem tratamento	Com tratamento	Sem tratamento	Com tratamento
Média	622	657	9,77	11,05	11,50	12,74
Valor máx.	723	727	11,48	13,41	12,35	14,52
Valor mín.	522	590	7,79	8,93	10,26	11,33
Desv. pad	44,00	33,37	1,03	1,21	0,63	0,76
CV (%)	7,07	5,08	10,57	10,91	5,45	5,99

O valor médio do inchamento e recuperação da espessura, nas duas situações estudadas foi em torno de 10 a 11%. De modo geral, esses valores não diferem dos valores médios encontrados na literatura para compensados de *Pinus* colados com resina fenólica.

O teor de umidade médio dos painéis com tratamento preservativo foi de 12,74%, enquanto que nos painéis sem tratamento foi de 11,50%, aplicando-se, aqui, a mesma justificativa da retenção do material preservativo. O teor de umidade dos três painéis foi praticamente uniforme, com valor médio de 10,59%. Observa-se que todos os painéis alcançaram umidade média de equilíbrio próxima a 12% nas condições de climatização recomendadas pela norma.

Os resultados de tensão de ruptura (T_r) e módulo de elasticidade (E_b) à flexão estática longitudinal e a relação dessas propriedades com a massa específica dos corpos de prova de flexão estão apresentados nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3: Propriedades de flexão estática longitudinal dos painéis sem tratamento

Painel	C.P.	T_r (MPa)	E_b (MPa)	M _{ea} (kg/m ³)	$\left(\frac{T_r}{M_{ea}}\right) \times 10^3$	$\left(\frac{E_b}{M_{ea}}\right) \times 10^3$
1	1	47,61	7121	672	70,89	10603
	2	38,28	6815	617	62,03	11043
	3	39,26	6590	658	59,70	10021
	4	58,14	9351	672	86,52	13916
	5	66,47	10312	671	98,99	15357
	6	65,99	8821	674	97,84	13079
2	7	43,02	5017	628	68,47	7985
	8	35,22	4523	572	61,62	7913
	9	47,94	4980	591	81,07	8422
	10	47,15	3977	639	73,80	6225
	11	51,69	4652	666	77,60	6984
	12	52,35	4349	624	83,87	6967
3	13	102,5 ¹	10990	651		
	14	60,3	8867	653	92,37	13583
	15	53,47	8619	602	88,78	14310
	16	65,3	6766	656	99,49	10308
	17	60,99	6346	661	92,27	9600
	18	55,08	4982	599	91,97	8318
	Média	52,35	6590	653	83,87	10021
	Desv. Pad.	9,85	1995	31,87	13,53	2868
	C.V. (%)	18,81	30,28	4,88	16,14	28,63

Observações: ¹Valor considerado discrepante pela análise Boxplot; A estatística descritiva foi realizada utilizando somente 17 valores de cada ensaio.

Não pertencer à mesma sequência de laminação é uma situação que pode influenciar a densidade das lâminas e, dependendo da combinação das lâminas, resultar em diferentes densidades entre os corpos de prova. Devido às lâminas com e sem tratamento não pertencerem à mesma sequência de laminação, as propriedades de resistência e rigidez foram relacionadas com a massa específica dos corpos de provas, com intuito de tornar a análise do tratamento das lâminas sobre as propriedades de flexão mais confiável.

Tabela 4: Propriedades de flexão estática longitudinal dos painéis com tratamento

Painel	C.P.	T_r (MPa)	E_b (MPa)	M_{ea} (kg/m ³)	$\left(\frac{T_r}{M_{ea}}\right) \times 10^3$	$\left(\frac{E_b}{M_{ea}}\right) \times 10^3$
1	1	66,23	7737	663	99,94	11675
	2	74,02	8671	710	104,28	12216
	3	55,22	6747	657	84,02	10265
	4	49,18	6650	695	70,81	9575
	5	63,86	7023	668	95,56	10509
	6	63,00	7266	705	89,41	10312
2	7	29,00	4154 ¹	635	-	-
	8	41,32	5535	618	66,90	8961
	9	40,77	5895	624	65,35	9449
	10	45,02	6035	622	72,39	9704
	11	40,22	6245	664	60,58	9407
	12	51,51	7664	637	80,81	12024
3	13	63,19	8681	632	99,98	13736
	14	49,67	7259	620	80,11	11707
	15	42,48	6794	625	68,02	10879
	16	41,04	6478	681	60,29	9516
	17	35,81	6320	652	54,91	9692
	18	40,62	6690	698	58,22	9589
	Média	49,18	6747	655	72,39	10265
	Desv. Pad.	11,46	886	31,31	16,08	1308
	C.V. (%)	23,31	13,14	4,78	22,21	2,74

Observações: ¹Valor considerado discrepante pela análise Boxplot; A estatística descritiva foi realizada utilizando somente 17 valores de cada ensaio.

Utilizando-se o diagrama Boxplot como critério foi possível identificar valores discrepantes (também conhecidos como outliers) para algumas propriedades mecânicas da flexão longitudinal nas duas situações (painéis com e sem tratamento). Essas amostras tiveram suas propriedades excluídas da análise estatística descritiva.

Mesmo desconsiderando as amostras discrepantes, os coeficientes de variação para as propriedades mecânicas na direção longitudinal dos painéis com e sem tratamento foram médios (10% a 20%) a altos (acima de 20%) quando classificados de acordo com valores apresentados por Gomes [12]. Esses valores também superaram os referenciais práticos adotados no Laboratório de Ensaio de Materiais – DenR-FCA, que são de até 15% para as propriedades de resistência e de até 25% para propriedades de rigidez.

Os resultados de tensão de ruptura (T_r) e módulo de elasticidade (E_b) à flexão estática transversal e a relação dessas propriedades com a massa específica dos corpos de prova de flexão estão apresentados nas Tabelas 5 e 6.

Os coeficientes de variação para as propriedades mecânicas na direção transversal dos painéis com e sem tratamento foram médios (10% a 20%) a altos (acima de 20%) quando classificados de acordo com valores apresentados por Gomes [12]. Esses valores também superaram os referenciais práticos

adotados no Laboratório de Ensaios de Materiais – DenR-FCA, que são de até 15% para as propriedades de resistência e de até 25% para propriedades de rigidez.

Os resultados das propriedades de flexão estática longitudinal e transversal relacionadas à massa específica dos corpos de prova estão apresentados na Tabela 7. Todos os compensados estudados atingiram de forma total os limites mínimos referenciais para compensados, apresentados nos diferentes códigos normativos nacionais para painéis compensados de madeira de *Pinus*.

Tabela 5: Propriedades de flexão estática transversal dos painéis sem tratamento

Painel	C.P.	T_r (MPa)	E_b (MPa)	M_{ea} (kg/m ³)	$\left(\frac{T_r}{M_{ea}}\right) \times 10^3$	$\left(\frac{E_b}{M_{ea}}\right) \times 10^3$
1	1	30,93	3019	637	48,56	4740
	2	36,35	4095	712	51,03	5748
	3	25,08	1793	630	39,81	2846
	4	26,72	2895	646	41,38	4483
	5	28,08	2280	629	44,63	3623
	6	34,47	3996	690	49,96	5792
2	7	40,86	2862	622	65,73	4604
	8	44,15	4109	647	68,20	6347
	9	40,67	4193	647	62,84	6478
	10	35,21	2468	639	55,08	3860
	11	48,62	3302	656	74,14	5035
	12	30,85	2826	628	49,14	4502
3	13	22,27	2498	610	36,52	4096
	14	32,49	3452	636	51,09	5428
	15	32,67	3705	684	47,73	5413
	16	42,34	4190	636	66,58	6588
	17	43,13	4344	647	66,64	6712
	18	31,81	2942	608	52,36	4843
	Média	33,6	3161	647	51,06	4939
	Desv. Pad.	7,2	769	26,23	10,91	1094
	C.V. (%)	21,6	24	4,06	21,38	22,15

Observações: Nenhum valor foi considerado discrepante pela análise Box-Plot; A estatística descritiva foi realizada utilizando somente 18 valores de cada ensaio.

Tabela 6: Propriedades de flexão estática transversal dos painéis com tratamento

Painel	C.P.	T_r (MPa)	E_b (MPa)	M_{ea} (kg/m ³)	$\left(\frac{T_r}{M_{ea}}\right) \times 10^3$	$\left(\frac{E_b}{M_{ea}}\right) \times 10^3$
1	1	33,01	3753	644	51,26	5828
	2	17,5	2747 ¹	627		
	3	37,36	3541	625	59,81	5669
	4	31,93	3069	655	48,75	4686
	5	29,51	3248	694	42,50	4677
	6	26,68	4062	683	39,09	5951
	7	36,02	4123	702	51,33	5875
2	8	35,82	2981	664	53,92	4488
	9	26,38	3498	656	40,24	5336
	10	35,91	2783	657	54,68	4238
	11	26,83	2278	659	40,72	3457
	12	21,54	2041 ¹	662		
	13	33,25	2731	689	48,24	3962
	14	34,2	2637	662	51,66	3983
3	15	40,54	4527	634	63,99	7146
	16	37,65	4342	656	57,41	6621
	17	33,1	3041	653	50,65	4654
	18	41,19	5318	707	58,26	7522
	19	43,27	4921	708	61,11	6950
	20	22,11	3532 ¹	693		
	21	47,47	3681	655	72,47	5620
	Média	35,01	3520	667	51,49	5478
	Desv. Pad.	5,79	834	24,69	8,85	1185
	C.V. (%)	16,53	23,70	3,70	17,18	21,6

Observações: ¹Valor rejeitado, pois a determinação foi feita fora da fase elástica; Nenhum valor foi considerado discrepante pela análise Box-Plot; A estatística descritiva foi realizada utilizando somente 18 valores de cada ensaio.

Tabela 7: Propriedades mecânicas de compensados relacionadas à massa específica reportadas em códigos normativos nacionais

Flexão	Propriedade	Painel sem tratamento	Painel com tratamento	ABIMCI ¹	ABIMCI ²
Longitudinal	$\left(\frac{T_r}{M_{ea}}\right) \times 10^3$	83,87	72,39	56,55 - 98,53	47,56 - 81,38
	$\left(\frac{E_b}{M_{ea}}\right) \times 10^3$	10021	10265	6603 - 11513	9226 - 14427
Transversal	$\left(\frac{T_r}{M_{ea}}\right) \times 10^3$	51,49	51,06	44,52 - 84,90	38,70 - 72,70
	$\left(\frac{E_b}{M_{ea}}\right) \times 10^3$	5478	4939	4369 - 8393	4864 - 8603

¹ABIMCI [13]: compensado estrutural de madeira de *Pinus* uso externo; ²ABIMCI [14]: Catálogo Técnico de *Pinus* nº 1 - Compensado de *Pinus* (propriedades do compensado de 20 mm de espessura e 7 lâminas).

Considerando-se as propriedades de flexão estática longitudinal e transversal em relação à massa específica dos corpos de prova é possível observar que um valor baixo da massa específica não significa que teremos obrigatoriamente uma queda proporcional nas propriedades mecânicas.

O teste estatístico t de Student, não revelou diferença estatística entre as propriedades de flexão para os painéis sem e com tratamento preservativo (Tabela 8). Essa constatação também foi observada na relação entre o valor da propriedade e a densidade da amostra.

Tabela 8: Teste de comparação de médias (t de Student) entre propriedades mecânicas dos painéis

Flexão	Painel	T_r (MPa)	E_b (MPa)	$\left(\frac{T_r}{M_{ea}}\right) \times 10^3$	$\left(\frac{E_b}{M_{ea}}\right) \times 10^3$
Longitudinal	Sem tratamento	52,35 A	6590 A	83,87 A	10021 A
	Com tratamento	49,18 A	6747 A	72,39 A	10265 A
Transversal	Sem tratamento	33,60 A	3161 A	51,06 A	4939 A
	Com tratamento	35,01 A	3520 A	51,49 A	5478 A
Numa mesma coluna, e para uma mesma direção (longitudinal ou transversal) médias seguidas de pelo menos uma letra igual não diferem estatisticamente ($p=0,05$)					

Ferreira et al. [16], estudando compensados de *Pinus*, produzidos em escala laboratorial com lâminas tratadas com CCA em etapa prévia à montagem, obtiveram resultados de flexão próximos dos resultados dos compensados de *Pinus* sem tratamento.

Já Mendes et al. [4], trabalhando com compensado de *Pinus taeda* L. tratado com CCA em autoclave após a montagem dos compensados, reportaram queda nas propriedades de flexão, que foram associadas ao tratamento.

A mesma tendência dos resultados de Ferreira et al. [16] foi verificada neste trabalho, conforme se contata nos resultados da Tabela 8.

Os resultados das propriedades físicas e mecânicas foram comparados com valores médios reportados para essa espécie em outras pesquisas realizadas e com os códigos normativos nacionais (Tabela 9).

Os valores médios de módulo de elasticidade e tensão de ruptura na direção longitudinal e transversal, massa específica aparente e teor de umidade dos compensados estudados atingiram de forma total os limites mínimos referenciais para compensados, apresentados nos diferentes códigos normativos nacionais para painéis compensados de madeira de *Pinus*.

Tabela 9: Propriedades de compensados reportadas em códigos normativos nacionais e literatura

Referência	Flexão estática				Massa específica aparente (kg/m ³)	Teor de umidade (%)
	Longitudinal		Transversal			
	T _r (MPa)	E _b (MPa)	T _r (MPa)	E _b (MPa)		
Pesquisa ¹	52,35	6590	33,6	3161	622	11,50
Pesquisa ²	48,18	6747	35,01	3520	657	12,74
[13] ³	28,05 - 54,88	3275 - 6413	22,08 - 47,29	2167 - 4675	496 - 557	9 - 12
[14] ⁴	23,40 - 45,90	4539 - 8137	18,9 - 41	2393 - 4852	492 - 564	10 - 11
[15] ⁵	35,00	4000	40	4500	491 - 585	10 - 11
[4] ⁶	49,44	7929	34,32	2244	716	10,1
[4] ⁷	46,69	4760	29,08	1838	697	12,44
[16] ⁸	58,17	8947	31,48	3397	650	12,52
[16] ⁹	54,95	7983	30,52	3114	660	13,08

¹Valores da pesquisa: compensados sem tratamento preservativo; ²Valores da pesquisa: compensados com lâminas tratadas com CCA em etapa prévia à montagem; ³ABIMCI (2007): compensado estrutural de madeira de *Pinus* uso externo; ⁴ABIMCI (2002): Catálogo Técnico de Pinus n° 1 - Compensado de Pinus (propriedades do compensado de 20 mm de espessura e 7 lâminas); ⁵Projeto NBR 31:000.05-001/2 (2004): especificações de compensados quanto ao uso final; ⁶MENDES et al. (2013): compensado de *Pinus taeda* L. sem tratamento preservativo (testemunha); ⁷MENDES et al. (2013): compensado de *Pinus taeda* L. tratado com CCA e mesma retenção do produto; ⁸FERREIRA et al. (2016): compensado de *Pinus taeda* L. de tamanho laboratorial sem tratamento preservativo (testemunha); ⁹FERREIRA et al. (2016): compensado de *Pinus taeda* L. de tamanho laboratorial com lâminas tratadas com CCA em etapa prévia à montagem.

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados obtidos no programa experimental e atendendo aos objetivos deste trabalho, pode-se concluir que:

- A produção de painéis compensados com lâminas tratadas previamente à prensagem utilizando-se dos procedimentos convencionais (aplicados aos painéis sem tratamento das lâminas) não promoveu a ocorrência de ondulações, empenamentos e delaminações que pudessem ser detectadas visualmente;
- As propriedades físicas e mecânicas (flexão longitudinal e transversal) dos painéis sem e com tratamento preservativo atingiram de forma total os limites mínimos referenciais para compensados, apresentados nos diferentes códigos normativos nacionais para painéis compensados de madeira de *Pinus*;
- Não foi observada diferença estatística entre as propriedades de flexão longitudinal e transversal (tensão de ruptura e módulo de elasticidade) para os painéis sem e com tratamento preservativo. O mesmo foi observado para os três ensaios de resistência da linha de cola ao esforço de cisalhamento.

REFERÊNCIAS

- [1] Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI). 'Estudo setorial 2016: ano base 2015'. Curitiba, 2016.
- [2] Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ). 'Relatório ibá 2015'. Disponível em: http://iba.org/images/shared/iba_2015.pdf. Acesso em: 24 de setembro de 2016.
- [3] Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), 'Madeira: uso sustentável na construção civil'. 2 ed. São Paulo, 2009 (Public. IPT n. 2010)

- [4] Mendes, R.F., Bortoleto Junior, G.; Vidal, J.M; Almeida, N.F.; Jankowsky, I.P. ‘Efeito do tratamento preservativo de painéis compensados sobre as suas propriedades físico-mecânicas’. Sci. For., Piracicaba, v. 41, n. 100, p. 507-513, dez. 2013.
- [5] Ministério. ‘Diretrizes SINAT 005 – Sistemas construtivos estruturados em peças de madeira maciça serrada, com fechamentos em chapas delgadas (Sistemas leves tipo “Light Wood Framing”)’. Brasília: Ministério das Cidades. Secretaria Nacional da Habitação. 2011. 57p.
- [6] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 9533: Compensado - Determinação da resistência à flexão estática. Rio de Janeiro, 2012.
- [7] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR ISO 12466-1: Madeira compensada – Qualidade de colagem Parte 1: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.
- [8] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR ISO 12466-2: Madeira compensada – Qualidade de colagem Parte 2: Requisitos. Rio de Janeiro, 2012.
- [9] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 9485: Compensado - Determinação da massa específica aparente. Rio de Janeiro, 2011.
- [10] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 9584: Compensado - Determinação do teor de umidade. Rio de Janeiro, 2011.
- [11] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). NBR 9535: Compensado - Determinação do inchamento – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2011.
- [12] Pimentel-Gomes, F. ‘Curso de Estatística Experimental’. Piracicaba–SP. ESALQ/USP, 1985.
- [13] Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI). ‘Painéis compensados de pinus’. Catálogo Técnico 2. Curitiba, 2007b.
- [14] Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente (ABIMCI). ‘Painéis compensados de pinus’. Catálogo Técnico 1. Programa Nacional de Qualidade da Madeira. Curitiba, 2002.
- [15] Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Projeto 31:000.05-001/2: Painéis de madeira compensada Parte 2: Requisitos. Rio de Janeiro, 2004.