

Influência dos Parâmetros do Ciclo de Prensagem na Qualidade do Revestimento de Painéis Compensados Plastificados

Felipe Gustavo Sanches¹, Setsuo Iwakiri¹

¹Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Universidade Federal do Paraná – UFPR, Curitiba/PR, Brasil

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência dos parâmetros do processo de revestimento na qualidade de painéis compensados plastificados, através das variáveis: gramatura de filme fenólico, temperatura de prensagem, pressão específica e tempo de prensagem. A qualidade de revestimento foi avaliada através de 48 painéis submetidos a ensaios de resistência a abrasão e absorção de vapor, seguidos por interpretação dos resultados por análise estatística fatorial. Melhores resultados de abrasão foram obtidos para filme fenólico de maior gramatura. Os parâmetros de prensagem não afetaram a absorção de vapor. Recomenda-se realizar o revestimento fenólico nas seguintes condições: gramatura: 215 g/m²; temperatura: 130 °C; pressão específica: 16 kgf/cm²; tempo de prensagem: 6 minutos.

Palavras-chave: filme fenólico, fôrmas de concreto, processo de prensagem.

Coating Quality of Film-faced Plywood as a Function of Pressing Cycle

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of process parameters on the coating quality of film-faced plywood using variables such as phenolic film grammage, press temperature, specific pressure, and pressing time. Coating quality was evaluated in 48 panels tested by resistance to abrasion and steam absorption, followed by statistical factorial analysis. The highest phenolic film grammage showed better results in the abrasion test. Pressing parameters did not affect the absorption of steam. We recommend the performance of phenolic coating under the following conditions: grammage: 215 g/m², temperature: 130 °C; specific pressure: 16 kgf/cm²; pressing time: 6 minutes.

Keywords: phenolic film, concrete formworks, pressing process.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente – ABIMCI (2011), há várias décadas as indústrias de painéis compensados já destinavam parte de sua produção para fabricação de compensado plastificado, visando a sua utilização como formas de concreto na construção civil.

Após passar por períodos de alta na produção e no consumo, o setor de indústrias de compensados foi atingido pela conjuntura econômica, com a desvalorização do real a partir de 2004, e pela crise internacional de 2008, resultando em fechamento de muitas unidades fabris. Entretanto, algumas indústrias buscaram alternativas aos compensados convencionais, como os painéis plastificados, com maior valor agregado (Polzl, 2011).

De acordo com Costa Junior (2008), o compensado plastificado é um painel compensado multilaminado, com suas faces revestidas com filme fenólico. É bastante utilizado na execução de fôrmas para concreto aparente, em função do alto desempenho dos painéis na obtenção de superfícies mais regulares e menos ásperas, com elevado índice de reaproveitamento. Segundo Araujo (2010), o compensado plastificado é recomendado para uso externo e fôrmas para concreto, sendo economicamente viável por possuir um elevado índice de reutilizações.

O filme fenólico ou tegofilme é obtido através da impregnação de um papel Kraft com resina fenol-formaldeído com gramatura na faixa de 120 a 220 g/m² (Iwakiri et al., 2004). A impregnação do papel com esse tipo de resina proporciona excelente resistência aos solventes, ácidos e sais, além de melhorar as propriedades de isolamento elétrico, em razão da baixa capacidade de absorção de umidade (Silva, 2008).

O processo de 'placagem' consiste em recobrir a face do compensado tradicional com filme fenólico e realizar a prensagem numa prensa quente para fusão das duas superfícies. Iwakiri et al. (2004) recomendam que o compensado seja prensado com pressão específica de 15 kgf/cm², temperatura a partir de 140 °C e tempo de prensagem na faixa de 4 a 8 minutos.

De acordo com a Coveright Surfaces (2011), os filmes são normalmente prensados em um painel compensado acabado. O fabricante recomenda o uso de pratos de aço inoxidável, porém aço cromado e alumínio também podem ser utilizados.

O compensado plastificado ganhou mercado dentro do setor de transportes, sendo utilizado como assoalhos para caminhões e ônibus. Destaca-se também o seu uso na construção civil, em função da qualidade de acabamento das fôrmas de concreto e da resistência às condições de alta umidade, além da maior reutilização, a qual, conseqüentemente, reduz os custos das obras (Stamato, 1998).

Tendo em vista a carência de publicações científicas abordando esse tema, este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar os efeitos da gramatura do filme fenólico, da temperatura, da pressão específica e do tempo de prensagem na qualidade do compensado plastificado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados compensados fenólicos de *Pinus spp.* com 18 mm de espessura, compostos de nove lâminas. Seis painéis foram retirados aleatoriamente da produção da empresa Formaplan – Formas Planejadas Ltda. Para revestimento, foram utilizados filmes fenólicos com gramaturas de 120, 165 e 215 g/m², denominados comercialmente pelo fabricante como TPS 384, TPS 558 e TPS 758, respectivamente. Para prensagem do filme fenólico, foram utilizadas placas de aço inoxidável com dimensões de 60 × 60 × 2 mm.

As variáveis de estudo foram: gramatura de 120, 165 e 215 g/m², temperatura de prensagem de 130 e 140°C, pressão específica de 16 e 18 kgf/cm², e tempo de prensagem de 6 e 8 minutos, conforme delineamento experimental apresentado na Tabela 1.

De cada painel, foram retiradas oito placas com dimensões de 50 × 50 cm para a aplicação do filme fenólico, perfazendo um total de 48 placas. As placas foram colocadas entre as chapas de aço e o filme fenólico nas posições inferior e superior, e prensadas numa prensa de laboratório. Após a prensagem, foram retirados os corpos de prova para a realização dos ensaios laboratoriais, sendo dois corpos de prova de 10 × 10 cm para os ensaios de abrasão e um corpo

Tabela 1. Delineamento experimental utilizado para avaliar a qualidade de revestimento de painéis compensados com filme fenólico.**Table 1.** Experimental design used to evaluate the quality of plywood coating with phenolic film.

Tratamento	Gramatura (g/m ²)	Temperatura (°C)	Pressão específica (kgf/cm ²)	Tempo de prensagem (min)	Repetições
T1	120	130	16	6	2
T2	120	130	16	8	2
T3	120	130	18	6	2
T4	120	130	18	8	2
T5	120	140	16	6	2
T6	120	140	16	8	2
T7	120	140	18	6	2
T8	120	140	18	8	2
T9	165	130	16	6	2
T10	165	130	16	8	2
T11	165	130	18	6	2
T12	165	130	18	8	2
T13	165	140	16	6	2
T14	165	140	16	8	2
T15	165	140	18	6	2
T16	165	140	18	8	2
T17	215	130	16	6	2
T18	215	130	16	8	2
T19	215	130	18	6	2
T20	215	130	18	8	2
T21	215	140	16	6	2
T22	215	140	16	8	2
T23	215	140	18	6	2
T24	215	140	18	8	2
				Total	48

de prova de 15 × 15 cm para ensaios de absorção de vapor.

Nos ensaios de abrasão, as tiras abrasivas foram colocadas nas rodas de borracha do equipamento e fixadas por parafuso. O número de ciclos foi determinado a partir da exposição de 50% da chapa de madeira. As tiras abrasivas foram trocadas a cada 500 ciclos completos. O aspirador de pó teve a função de retirar o pó gerado no processo abrasivo, além de evitar a impregnação de pós nas tiras abrasivas, o que as torna menos ásperas (Figura 1A-B).

No ensaio de absorção de vapor, foi verificado o acréscimo em massa resultante da passagem de vapor através do filme fenólico. Após a limpeza da superfície e a pesagem da amostra, a mesma foi colocada sobre o Erlemeyer de 500 mL contendo água previamente aquecida à temperatura de 100 °C

(Figura 1C-D). As amostras foram retiradas e pesadas após 1 e 2 horas de exposição ao vapor, para a determinação da absorção de vapor (Equação 1).

$$AV_t = \frac{P_t - P_{inicial}}{r^2 \pi} \quad (1)$$

em que: AVT = absorção de vapor após *t* horas de exposição ao vapor (g/m²); PT = peso da amostra após *t* horas de exposição ao vapor (g); PINICIAL = peso inicial da amostra, ou seja, antes da exposição ao vapor (g); *r* = raio (m).

Para a interpretação dos resultados, foi realizada a análise estatística fatorial. Inicialmente, foi utilizada a análise de variância com quatro fatores (gramatura, temperatura, pressão e tempo) para as variáveis-resposta: resistência à abrasão e absorção de vapor em 1 e 2 horas.



Figura 1. (A) e (B) Ensaios de abrasão; (C) e (D) Ensaios de absorção de vapor.
Figure 1. (A) and (B) Tests of abrasion. (C) and (D) Tests of vapor absorption.

Ao se analisarem as variáveis-resposta em sua escala original, procedeu-se à análise de resíduos para verificação das pressuposições de normalidade, através do teste de Shapiro-Wilk, e de homogeneidade de variâncias, através do teste de Bartlett. Todas as variâncias das amostras analisadas, associadas às variáveis de respostas e provenientes dos diferentes tratamentos, apresentavam-se homogêneas.

Foram consideradas interações de ordens 2, 3 e 4 entre os fatores. Em seguida, através da análise de correlação, foi verificado se houve correlações entre as variáveis- resposta. Todos os testes foram aplicados no nível de 95% de significância e as análises foram realizadas no *software* estatístico R.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de todos os ensaios estão apresentados na Tabela 2. Ao analisar a abrasão em sua escala original, no nível de significância de 5%, os fatores Gramatura e Temperatura se mostraram significativos para os

ensaios de abrasão. Uma interação de ordem 2 (Temperatura:Pressão) e três interações de ordem 3 (Gramatura:Temperatura:Tempo, Gramatura: Pressão:Tempo e Temperatura:Pressão:Tempo) mostraram-se significativas, indicando que os efeitos compreendidos em tais interações devem ser avaliados conjuntamente.

Ao se analisar a variável ‘absorção de vapor’ em uma hora, em sua escala original, no nível de significância de 5%, nenhum fator se mostrou significativo. Uma interação de ordem 3 (temperatura:pressão:tempo) se mostrou significativa, indicando que os efeitos dos fatores compreendidos em tais interações devem ser avaliados conjuntamente.

Ao se analisar a variável ‘absorção de vapor’ em 2 horas, em sua escala original, no nível de significância de 5%, apenas o fator ‘pressão’ se mostrou significativo. Uma interação de ordem 3 (gramatura:temperatura:tempo) se mostrou significativa, indicando que os efeitos dos fatores compreendidos em tais interações devem ser avaliados conjuntamente.

Tabela 2. Resultados dos ensaios de abrasão e absorção de vapor nos compensados plastificados.
Table 2. Results for abrasion and vapor absorption tests carried out on laminated plywood.

Fonte de variação	Graus de liberdade	ABRASÃO			ABSORÇÃO DE VAPOR EM 1 HORA			ABSORÇÃO DE VAPOR EM 2 HORAS					
		Somas de quadrados	Quadrados médios	Valor F	Valor p	Somas de quadrados	Quadrados médios	Valor F	Valor p	Somas de quadrados	Quadrados médios	Valor F	Valor p
Gramatura	2	408948	204474	1173,661	<0,001	18803	9402	1,085	0,354	47136	23568	0,793	0,464
Temperatura	1	2700	2700	15,498	<0,001	343	343	0,040	0,844	71197	71197	2,396	0,135
Pressão	1	675	675	3,874	0,061	20920	20920	2,415	0,133	158385	158385	5,329	0,029
Tempo	1	26	26	0,146	0,705	3169	3169	0,366	0,510	33278	33278	1,120	0,301
Gramatura:Temperatura	2	640	320	1,836	0,181	5160	2580	0,298	0,745	69507	34753	1,169	0,328
Gramatura:Pressão	2	1034	517	2,966	0,071	4955	2478	0,286	0,754	21055	10527	0,354	0,705
Temperatura:Pressão	1	2269	2269	13,022	0,001	6337	6337	0,731	0,401	111805	111805	3,762	0,064
Gramatura:Tempo	2	357	178	1,023	0,375	1079	540	0,062	0,939	50748	25374	0,854	0,438
Temperatura:Tempo	1	42	42	0,242	0,627	25687	25687	2,965	0,098	60395	60395	2,032	0,167
Pressão:Tempo	1	713	713	4,093	0,054	16163	16163	1,866	0,185	7853	7853	0,264	0,612
Gramatura:Temperatura:Pressão	2	854	427	2,451	0,108	10855	5427	0,626	0,543	18163	9082	0,306	0,739
Gramatura:Temperatura:Tempo	2	2063	1032	5,922	0,008	46003	23001	2,655	0,091	240897	120448	4,053	0,030
Gramatura:Pressão:Tempo	2	4214	2107	12,095	<0,001	7859	3930	0,454	0,641	89656	44828	1,508	0,242
Temperatura:Pressão:Tempo	1	1151	1151	6,604	0,017	39396	39396	4,547	0,043	87819	87819	2,955	0,099
Gramatura:Temperatura:Pressão:Tempo	2	516	258	1,481	0,248	4818	2409	0,278	0,759	45807	22904	0,771	0,474
Residual	24	4181	174			207937	8664			713284	29720		

1) Teste de normalidade – Shapiro-Wilk: Abrasão (p:0,9426); Absorção de vapor em 1 hora (p:0,3888); Absorção de vapor em 2 horas (0,9386). 2) Teste de homogeneidade de Variância – Bartlett: Abrasão (p: 0,1028); Absorção de vapor em 1 hora (p: 0,3153); Absorção de vapor em 2 horas (0,2228).

3.1. Análise da interação temperatura:pressão para abrasão

Os resultados das interações temperatura:pressão para abrasão estão apresentados na Tabela 3. A análise do efeito da pressão para cada temperatura é representada por letras maiúsculas e do efeito da temperatura para pressão é representada por letras minúsculas. A pressão de 18 kgf/cm² apresentou resistência média à abrasão significativamente maior do que a pressão de 16 kgf/cm² para a temperatura de 130 °C. Para a temperatura de 140 °C, não houve diferença significativa entre as pressões 16 e 18 kgf/cm². A temperatura de 140 °C apresentou resistência média à abrasão significativamente maior do que a temperatura de 130 °C, para a pressão de 16 kgf/cm². Para a pressão de 18 kgf/cm², não houve diferença significativa entre as temperaturas de 130 e 140 °C.

Os resultados obtidos mostram que tratamentos com valores mais altos em critérios de pressão e temperatura proporcionaram melhores resultados para resistência à abrasão; contudo, estes resultados não são constantes em todos os tratamentos.

3.2. Análise da interação gramatura:temperatura:tempo para abrasão

Os resultados das interações gramatura:temperatura:tempo para abrasão estão apresentados

Tabela 3. Comparações múltiplas entre pressão: temperatura para ensaios de abrasão.

Table 3. Multiple comparisons from pressure: temperature for abrasion tests.

Pressão (kgf/cm ²)	Temperatura (°C)	
	130	140
16	367,50(30,27) Bb	396,25(27,91) Aa
18	388,75(26,26) Aa	390,00(28,86) Aa

na Tabela 4. Para análise do efeito do tempo para cada temperatura e gramatura, este é representado por letras maiúsculas, e o efeito da temperatura para cada tempo e gramatura, é representado em letras minúsculas.

Para o tempo de 6 minutos e gramatura de 120 g/m², a resistência média à abrasão para a temperatura de 140 °C é significativamente maior do que para a temperatura de 130 °C. Para o tempo de 8 minutos e a gramatura de 120 g/m², não houve diferença significativa entre os tratamentos. Para a temperatura de 140°C e a gramatura de 120 g/m², a resistência média à abrasão para o tempo de 6 minutos é significativamente maior do que para o tempo de 8 minutos. Para a temperatura de 130 °C e a gramatura de 120 g/m², não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Para o tempo de 8 minutos e gramatura de 165 g/m², a resistência média à abrasão para a temperatura de 140 °C é significativamente maior do que para a temperatura de 130 °C. Para o tempo de 6 minutos e a gramatura de 165g/m², não houve diferença significativa entre os tratamentos. Para a temperatura de 140°C e a gramatura de 165 g/m², a resistência média à abrasão para o tempo de 8 minutos é significativamente maior do que para o tempo de 6 minutos. Para a temperatura de 130 °C e a gramatura de 165g/m², não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Para o tempo de 8 minutos e a gramatura de 210 g/m², a resistência média à abrasão para a temperatura de 140 °C é significativamente maior do que para a temperatura de 130 °C. Para o tempo de 6 minutos e a gramatura de 210 g/m², não houve diferença significativa. Para a temperatura de 130 °C com a gramatura de 210 g/m², bem como para a temperatura de 140 °C com a gramatura de

Tabela 4. Comparações múltiplas entre tempo:temperatura:gramatura para ensaios de abrasão.

Table 4. Multiple comparisons among time:temperature:grammage for abrasion tests.

Gramatura (g/m ²)	Tempo (min)	Temperatura (°C)	
		130	140
120	6	257,50(7,50) Ab	293,75(8,00) Aa
	8	266,87(14,26) Aa	271,87(5,53) Ba
165	6	388,75(5,54) Aa	377,50(11,64) Ba
	8	378,13(16,18) Ab	398,75(17,25) Aa
210	6	488,75(8,07) Aa	503,13(2,77) Aa
	8	488,75(10,08) Ab	513,75(6,81) Aa

210 g/m², as mudanças de tempo de prensagem para os tratamentos não tiveram diferenças significativas entre si. Os resultados mostram que tratamentos diferem entre si sem uma constância para os critérios de tempo e temperatura.

Conforme resultados apresentados na Tabela 5, a gramatura de 210 g/m² apresentou resistência média à abrasão significativamente maior do que as demais gramaturas para todas as combinações de tratamentos, assim como, neste critério, a gramatura de 165 g/m² mostrou-se maior do que a gramatura de 120 g/m² para todas as combinações de tratamentos.

3.3. Análise da interação gramatura:pressão:tempo para abrasão

Os resultados das interações gramatura:pressão:tempo para abrasão estão apresentados nas Tabelas 6 e 7. A análise do efeito do tempo para cada pressão e gramatura é representada por letras

maiúsculas, e o efeito da pressão para cada tempo e gramatura é representado por letras minúsculas.

Para o tempo de 8 minutos e a gramatura de 120 g/m², a resistência média à abrasão para a pressão de 18 kgf/cm² é significativamente maior do que para a pressão de 16 kgf/cm². Para o tempo de 6 minutos e a gramatura de 120 g/m², não houve diferença significativa entre os tratamentos. Para a pressão de 16 kgf/cm² com a gramatura de 120 g/m², bem como a pressão de 18 kgf/cm² com a gramatura de 120 g/m², as mudanças de tempo de prensagem para os tratamentos não tiveram diferenças significativas entre si.

Para o tempo de 8 minutos e a gramatura de 165 g/m², a resistência média à abrasão para a pressão de 18 kgf/cm² é significativamente maior do que para a pressão de 16 kgf/cm². Para o tempo de 6 minutos e a gramatura de 165 g/m², não houve diferença significativa entre tratamentos. Para a pressão de 16 kgf/cm² e a gramatura de 165 g/m²,

Tabela 5. Comparações múltiplas entre tempo:temperatura:gramatura para ensaios de abrasão.

Table 5. Multiple comparisons among time:temperature:grammage for abrasion tests.

Temperatura (°C)	Tempo (min)	Gramatura (g/m ²)	Média (dp)	Grupo
130	6	120	257,50 (7,50)	c
		165	388,75 (5,54)	b
		210	488,75 (8,07)	a
130	8	120	266,88(14,27)	c
		165	378,13(16,18)	b
		210	488,75(10,08)	a
140	6	120	293,75(8,00)	c
		165	377,50(11,64)	b
		210	503,125(2,77)	a
140	8	120	271,87(5,53)	c
		165	398,75(17,25)	b
		210	513,75(6,81)	a

Tabela 6. Comparações múltiplas entre tempo:pressão:gramatura para ensaios de abrasão.

Table 6. Multiple comparisons among time:pressure:grammage for abrasion tests.

Gramatura (g/m ²)	Tempo (min)	Pressão (kgf/cm ²)	
		16	18
120	6	276,25(18,19) Aa	275,00(2,89) Aa
	8	259,38(10,92) Ab	279,38(7,24) Aa
165	6	388,75(5,54) Aa	377,50(11,64) Ba
	8	365,00(9,79) Bb	411,88(12,97) Aa
210	6	490,00(8,72) Ba	501,88(2,77) Aa
	8	511,88(7,17) Aa	490,63(11,20) Ab

Tabela 7. Comparações múltiplas entre tempo:pressão:gramatura para ensaios de abrasão
Table 7. Multiple comparisons among time:pressure:grammage for abrasion tests.

Pressão (kgf/cm ²)	Tempo (min)	Gramatura (g/m ²)	Média (dp)	Grupo
16	6	120	276,25(18,19)	c
		165	388,75(5,54)	b
		210	490,00(8,72)	a
16	8	120	259,38(10,92)	c
		165	365,00(9,79)	b
		210	511,88(7,17)	a
18	6	120	275,00(2,89)	c
		165	377,50(11,64)	b
		210	501,88(2,77)	a
18	8	120	279,38(7,24)	c
		165	411,88(12,97)	b
		210	490,63(11,20)	a

a resistência média à abrasão para o tempo de 6 minutos é significativamente maior do que para o tempo de 8 minutos. Ao contrário, para a pressão de 18 kgf/cm², a resistência média à abrasão para o tempo de 8 minutos é significativamente maior do que para o tempo de 6 minutos.

Para o tempo de 8 minutos e a gramatura de 210 g/m², a resistência média à abrasão para a pressão de 16 kgf/cm² é significativamente maior do que para a pressão de 18 kgf/cm². Para o tempo de 6 minutos e a gramatura de 210 g/m², não houve diferença significativa entre os tratamentos. Para a pressão de 16 kgf/cm² e a gramatura de 210 g/m², a resistência média à abrasão para o tempo de 8 minutos é significativamente maior do que para o tempo de 6 minutos. Ao contrário, para a pressão de 18 kgf/cm², a resistência média à abrasão para o tempo de 6 minutos é significativamente maior do que para o tempo de 8 minutos. Os resultados mostram que os tratamentos diferem entre si sem uma constância de valores para os critérios de tempo e pressão.

A gramatura de 210 g/m² apresentou resistência média à abrasão significativamente maior do que as demais gramaturas para todas as combinações de tratamentos (pressão e tempo). A gramatura de 165 g/m² apresentou resistência média à abrasão significativamente maior do que a gramatura de 120 g/m² para todas as combinações de tratamentos (pressão e tempo).

3.4. Análise da interação temperatura:pressão:tempo para abrasão

Os resultados das interações temperatura:pressão:tempo para abrasão estão apresentados na Tabela 8. A análise do efeito do tempo para cada temperatura e pressão é representada por letras maiúsculas, e o efeito da pressão para cada tempo e temperatura é representado em letras minúsculas.

Para o tempo de 6 minutos e a temperatura de 130 °C, a resistência média à abrasão para a pressão de 18 kgf/cm² foi significativamente maior do que para a pressão de 16 kgf/cm². Para o tempo de 8 minutos e a temperatura de 130 °C, a resistência média à abrasão para a pressão de 18 kgf/cm² também foi significativamente maior do que para a pressão de 16 kgf/cm².

Para a pressão de 16 kgf/cm² com a temperatura de 130°C, bem como a pressão de 18 kgf/cm² com a temperatura de 130°C, as mudanças de tempo de prensagem para os tratamentos não apresentaram diferenças significativas entre si. Para o tempo de 6 minutos e a temperatura de 140 °C, a resistência média à abrasão para a pressão de 16 kgf/cm² é significativamente maior do que para a pressão de 18 kgf/cm². Para o tempo de 8 minutos e a temperatura de 140°C, não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Para a pressão de 18 kgf/cm² e a temperatura de 140 °C, a resistência média à abrasão para o tempo

de 8 minutos é significativamente maior do que para o tempo de 6 minutos. Para a pressão de 16 kgf/cm² e a temperatura de 140 °C, não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Conforme apresentado na Tabela 9, a temperatura de 140°C apresentou resistência à abrasão média significativamente maior do que a temperatura de 130°C para as combinações de tratamentos com pressão de 16 kgf/cm² e ambos os tempos. Para as combinações de tratamento com pressão de 18 kgf/cm² e ambos os tempos, não houve diferença significativa entre as temperaturas de 130 e 140°C.

3.5. Análise da interação

temperatura:pressão:tempo para absorção de vapor em uma hora

Os resultados das interações temperatura:pressão:tempo para absorção de vapor em uma

hora estão apresentados nas Tabelas 10 e 11. A análise do efeito do tempo para cada temperatura e pressão é representada por letras maiúsculas, e o efeito da pressão para cada tempo e temperatura é representado em letras minúsculas.

Para o tempo de 6 minutos e a temperatura de 130 °C, a absorção de vapor em uma hora para a pressão de 16 kgf/cm² é significativamente menor do que para a pressão de 18 kgf/cm². Para o tempo de 8 minutos e a temperatura de 130 °C, não houve diferença significativa entre os tratamentos.

Para a pressão de 16 kgf/cm² e a temperatura de 130 °C, a absorção de vapor em uma hora para o tempo de prensagem de 6 minutos é significativamente menor do que para o tempo de prensagem de 8 minutos. Para a pressão de 18 kgf/cm² e a temperatura de 130 °C, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Para

Tabela 8. Comparações múltiplas entre tempo:pressão:temperatura para ensaios de abrasão.

Table 8. Multiple comparisons among time:pressure:temperature for abrasion tests.

Temperatura (°C)	Tempo (min)	Pressão (kgf/cm ²)	
		16	18
130	6	366,67(42,25) Ab	390,00(42,52) Aa
	8	368,33(47,41) Ab	387,50(34,99) Aa
140	6	403,33(36,12) Aa	379,58(41,03) Bb
	8	389,17(45,87) Aa	400,42(44,01) Aa

Tabela 9. Comparações múltiplas entre tempo:pressão:temperatura para ensaios de abrasão.

Table 9. Multiple comparisons among time:pressure:temperature for abrasion tests.

Pressão (kgf/cm ²)	Tempo (min)	Temperatura (kgf/cm ²)	Média (dp)	Grupo
16	6	130	366,67(42,25)	b
		140	403,33(36,12)	a
16	8	130	368,33(47,41)	b
		140	389,17(45,87)	a
18	6	130	390,00(42,52)	a
		140	379,58(41,03)	a
18	8	130	387,50(34,99)	a
		140	400,42(44,01)	a

Tabela 10. Comparações múltiplas entre tempo:pressão:temperatura.

Table 10. Multiple comparisons among time:pressure:temperature.

Temperatura (°C)	Tempo (min)	Pressão (kgf/cm ²)	
		16	18
130	6	63,64(13,93) Ab	176,40(60,06) Aa
	8	127,62(44,70) Aa	52,39(10,61) Ba
140	6	57,03(11,76) Aa	101,17(30,39) Aa
	8	98,96(39,55) Aa	184,29(41,36) Aa

Tabela 11. Comparações múltiplas entre tempo:pressão:temperatura.**Table 11.** Multiple comparisons among time:pressure:temperature.

Pressão (kgf/cm ²)	Tempo (min)	Temperatura (kgf/cm ²)	Média (dp)	Grupo
16	6	130	63,64(13,93)	a
		140	57,03(11,75)	a
16	8	130	127,62(44,70)	a
		140	98,96(39,54)	a
18	6	130	176,41(60,06)	a
		140	101,17(30,39)	a
18	8	130	52,39(10,62)	b
		140	184,29(41,35)	a

Tabela 12. Comparações entre as médias para a variável pressão.**Table 12.** Comparisons between the averages for the variable pressure.

Pressão	Média(dp)	Grupo
16	187,42 (26,07)	b
18	302,31(48,41)	a

a temperatura de 140 °C, as interações entre as variáveis não foram significativas entre si.

A temperatura de 140 °C apresentou absorção média de vapor em uma hora significativamente maior do que a temperatura de 130 °C para a combinação do tratamento com pressão de 18 kgf/cm² e tempo de 8 minutos. Para os demais tratamentos, não houve diferença significativa entre as temperaturas de 130 e 140 °C.

3.6. Análise do efeito da pressão para a absorção de vapor em duas horas

A Tabela 12 apresenta a análise do efeito da pressão para a variável 'absorção de vapor' em duas horas, pois o fator não se encontra na interação que foi significativa.

Para a absorção de vapor em duas horas, a pressão de 18 kgf/cm² apresentou absorção de vapor média significativamente maior do que a pressão de 16 kgf/cm².

3.7. Análise da interação gramatura: temperatura: tempo para absorção de vapor em duas horas

Os resultados das interações gramatura: temperatura:tempo para absorção de vapor em duas

horas estão apresentados nas Tabelas 13 e 14. A análise do efeito do tempo para cada temperatura e gramatura é representada por letras maiúsculas, e o efeito da temperatura para cada tempo e gramatura é representado em letras minúsculas.

Para a gramatura de 120 g/m², as interações entre tempo e temperatura não foram significativas entre si. Para o tempo de 8 minutos e a gramatura de 165 g/m², a absorção de vapor em duas horas para a temperatura de 130°C é significativamente menor do que para a temperatura de 140 °C.

Para o tempo de 6 minutos e a gramatura de 165 g/m², não houve diferença significativa. Para a temperatura de 130°C e a gramatura de 165 g/m², a absorção de vapor em duas horas para o tempo de 8 minutos é significativamente menor do que para o tempo de 6 minutos. Para a temperatura de 140 °C e a gramatura de 165 g/m², não houve diferença significativa. Para a gramatura de 210 g/m², as interações também não foram significativas.

4. CONCLUSÕES

Os ensaios de abrasão indicaram que o produto revestido com filme fenólico de maior gramatura é mais resistente e não tem influência significativa dos parâmetros de prensagem do papel fenólico.

A absorção de umidade através da aplicação de vapor comprovou que os parâmetros de prensagem e a gramatura do filme fenólico não interferem de forma constante e significativa na absorção de vapor pelo compensado plastificado.

O número de reutilizações como fôrmas de concreto seriam proporcionais aos valores de

Tabela 13. Comparações múltiplas entre tempo:temperatura:gramatura.**Table 13.** Multiple comparisons among time:temperature:grammage.

Gramatura (g/m ²)	Tempo (min)	Temperatura (°C)	
		130	140
120	6	258,53(117,52) Aa	226,11(85,04) Aa
	8	151,49(41,20) Aa	367,90(116,93) Aa
165	6	232,67(97,98) Aa	183,08(47,05) Ba
	8	165,08(38,21) Ab	538,38(191,54) Aa
210	6	155,28(58,12) Aa	255,54(83,49) Aa
	8	275,05(68,03) Aa	129,26(56,00) Aa

Tabela 14. Comparações múltiplas entre tempo:temperatura:gramatura.**Table 14.** Multiple comparisons among time:temperature:grammage.

Temperatura (°C)	Tempo (min)	Gramatura (g/m ²)	Média (dp)	Grupo	
130	6	120	258,53(117,52)	a	
		165	232,67(97,98)	a	
		210	155,28(58,12)	a	
130	8	120	151,50(41,20)	a	
		165	165,08(38,21)	a	
		210	275,05(68,03)	a	
140	6	120	226,11(85,04)	a	
		165	183,08(47,05)	a	
		210	255,54(83,49)	a	
140	8	120	367,91(116,93)	a	b
		165	538,38(191,54)	a	
		210	129,26(56,00)		b

gramatura dos filmes fenólicos utilizados como revestimento, uma vez que a resistência à abrasão, provocada pelo lançamento de concreto nas fôrmas, está associada ao maior valor de gramatura do filme fenólico.

As opções por menores valores dos parâmetros de prensagem possibilitam ganhos econômicos na produção, tendo em vista que os mesmos não interferem nos resultados de abrasão e absorção de vapor. Portanto, recomenda-se a prensagem do filme fenólico para produção de compensado plastificado nas condições a seguir: gramatura do filme fenólico de 210 g/m², temperatura de 130 °C, pressão específica de 16 kgf/cm² e tempo de prensagem de 6 minutos.

STATUS DA SUBMISSÃO

Recebido: 05/06/2013

Aceito: 09/10/2013

Publicado: 31/12/2013

AUTOR(ES) PARA CORRESPONDÊNCIA

Felipe Gustavo Sanches

Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Universidade Federal do Paraná – UFPR, CEP 80210-170, Curitiba, PR, Brasil
e-mail: felipe_gust@hotmail.com

REFERÊNCIAS

Araujo CRS. *Emprego de fôrmas de madeira em estrutura de concreto* [monografia]. Salvador: Universidade Católica do Salvador; 2010.

Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente. *Artigo Técnico: Compensado Plastificado*. Curitiba: ABIMCI; 2011.

Coveright Surfaces. *Coveright® - Phenolic Surface Films - Technical data and services*. 04/07 E EUR 31. 2011.

Costa Junior TF. *Emprego de fôrmas de madeira em estrutura de concreto* [monografia]. Salvador: Escola de Engenharia, Universidade Católica de Salvador; 2008.

Iwakiri S, Olandoski DP, Leonhardt G, Brand MA. Produção de chapas de madeira compensada de cinco espécies de pinus tropicais. *Ciência Florestal* 2004; 11(2): 71-77.

Polzl PFK. *Análise da produtividade em fábricas de painéis compensados plastificados* [dissertação]. Ponta Grossa: Universidade Tecnológica Federal do Paraná; 2011.

Silva TAPRM. *Optimização da cura de resinas fenólicas com a tecnologia de Infravermelho* [tese]. Aveiro: Universidade de Aveiro; 2008.

Stamato GC. *Resistência ao embutimento da madeira compensada* [dissertação]. São Carlos: Universidade de São Paulo; 1998.

