

QUALIDADE DE COLAGEM DE COMPENSADOS DE MADEIRA TRATADOS COM CCA

BONDING QUALITY OF CCA TREATED PLYWOOD

Bruno Santos Ferreira ⁽¹⁾, **Cristiane Inácio de Campos** ⁽²⁾, **João Vítor Felipe Silva** ⁽³⁾

(1) Doutorando em Engenharia Mecânica, Universidade Estadual Paulista (UNESP) Campus de Guaratinguetá, Brasil

(2) Profª. Drª., Universidade Estadual Paulista (UNESP) Campus Experimental de Itapeva, Brasil

(3) Graduando em Engenharia Industrial Madeireira, Universidade Estadual Paulista (UNESP) Campus Experimental de Itapeva, Brasil

Endereço de contato: brunosferreira88@gmail.com

Código de identificação: T4-25

Resumo

O compensado é um painel produzido com lâminas de madeira e possui características estruturais. Desta forma, pode ser utilizado como piso, forro e fechamento em sistemas construtivos *Wood frame*. Entretanto, para serem utilizados na construção civil, é necessário que os painéis de compensado possuam tratamento contra o ataque de organismo xilófagos. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi testar a influência do tratamento de lâminas de madeira e de painéis compensados com CCA sobre a qualidade de colagem destes painéis. Assim, foi realizado o tratamento das lâminas com CCA para posterior produção dos painéis, e também o tratamento de painéis com CCA, sem tratamento prévio de lâminas, com o intuito de comparar as duas formas de tratamento. O tratamento de CCA foi feito pelo método de célula cheia em autoclave. Para a produção dos painéis foram utilizadas lâminas de *Pinus taeda* com espessura de 2,3 mm e adesivo fenol-formaldeído. Para se testar a qualidade de colagem foram realizados os testes de molhabilidade na lâmina e de cisalhamento na linha de cola conforme a ABNT NBR 12466-2 (2012). Com os resultados obtidos pôde-se perceber que o CCA diminuiu a molhabilidade da superfície, diminuindo, portanto, a qualidade de colagem, o que pôde ser visto no teste de cisalhamento de linha de cola, o qual também diminuiu com a realização do tratamento.

Palavras chave: cisalhamento da linha de cola; preservação; painéis à base de madeira

Abstract

*The plywood is a panel produced with wood veneers and has structural features. Thus, it can be used as floor, lining and sheathing in constructive systems. However, to be used in construction, it is necessary that plywood panels be treated against the attack of xylophagous organisms. Therefore, the objective of this work was to test the influence of the treatment of wood veneers and panels with CCA on their bonding quality. Thus, the veneers were treated with CCA for the subsequent production of the panels, and also the panels were treated, without veneers pretreatment, in order to compare the two forms of treatment. The CCA treatment was done by the autoclave-filled cell method. To produce the panels it were used *Pinus taeda* veneers with thickness of 2.3 mm and phenol-formaldehyde adhesive. In order to test the bonding quality, the shear strength in the bondline and wettability tests were performed according to ABNT NBR 12466-2 (2012). With the results obtained it was possible to notice that the CCA reduced the wettability of the surface, thus reducing the bonding quality, which could be seen in the shear strength, which also decreased with the accomplishment of the treatment.*

Keywords: shear strength in the bondline; preservation; wood-based panels

1. INTRODUÇÃO

O compensado é um exemplo de painel de madeira que pode ser utilizado tanto na produção de móveis quanto na construção civil, pois possui uso estrutural. O compensado pode ser definido como sendo um painel fabricado através da colagem de lâminas em número ímpar de camadas, com a direção da grã perpendicular entre as camadas adjacentes [1]. Comparado com a madeira sólida, as propriedades mecânicas do compensado são mais isotrópicas, e a resistência à ruptura é maior [2].

Possuem excelente estabilidade dimensional ao longo de seu comprimento e largura. Diferentemente da maioria dos painéis de madeira reconstituída, o compensado sofre pouco inchamento em espessura irreversível, quando exposto à umidade. E também a forma de montagem de lâminas com direção da grã perpendicular nas camadas do compensado também o torna mais resistente a rachaduras [3].

Este tipo de painel pode ser utilizado em sistemas construtivos do tipo *Wood frame* e *Steel frame*, principalmente como elemento de fechamento, forro e piso. Entretanto, para ser utilizado em solicitações estruturais, principalmente em países tropicais, ele necessita passar por algum tratamento preservativo.

Atualmente, o principal método de preservação utilizado é o tratamento químico de célula cheia em autoclave com CCA (Arseniato de Cobre Cromatado), produto tóxico que traz problemas quando o assunto é o descarte do material tratado e também no contato direto com o ser humano.

O CCA é um preservativo hidrossolúvel a base de cobre, cromo e arsênio e é, ainda, o preservativo de mais ampla utilização. O cromo é considerado o principal responsável pela fixação do arsênio e do cobre. O arsênio e o cobre desempenham o papel de inseticida e fungicida, aderindo à parede celular da madeira, após as reações de fixação. Quando aplicado à madeira reage com os carboidratos, lignina e extrativos, tornando-se insolúvel e não lixiviável [4].

Apesar de sua alta toxicidade o CCA é atualmente ainda um dos preservativos mais eficientes para o tratamento da madeira, protegendo-a da podridão por fungos e da deterioração por insetos e xilófagos marinhos, por isso ele ainda vem sendo amplamente utilizado [5]. A sua utilização vem sendo cada vez mais restringida por normas nacionais e internacionais, entretanto, no Brasil ainda é o preservativo mais utilizado, pois ainda não há uma proibição total para a sua utilização no país.

Contudo, vários estudos vêm sendo realizados com a intenção de substituir o CCA. Compostos à base de amônia [6] e à base de boro [7] são exemplos de substâncias estudadas para a substituição do arsênio.

Com base no exposto acima este trabalho teve como objetivo avaliar a influência do tratamento preservativo com CCA na qualidade de colagem do painel, com a intenção de verificar se o tratamento diminuiria a resistência mecânica do compensado.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Neste estudo foram utilizadas lâminas de madeira de *Pinus taeda* para a produção dos painéis de compensado e adesivo fenol-formaldeído. Foi realizado o tratamento preservativo com CCA em lâminas de madeira para posterior produção do painel e, também, em painéis de madeira com lâminas sem prévio tratamento, com a intenção de se avaliar a qualidade final do painel nas duas formas de tratamento. Além disso, foram produzidos painéis sem tratamento como controle. Para cada situação foram produzidos quatro painéis.

2.1 Produção dos painéis

Os compensados para todas as situações foram produzidos da mesma maneira seguindo, de uma forma geral, os passos descritos abaixo:

- Secagem das lâminas com dimensões de 470 x 470 x 2,3 mm em uma estufa laboratorial até estabilização do teor de umidade de 3%.

- Preparação e aplicação do adesivo à base de fenol-formaldeído, na gramatura de 395 g/m² linha dupla. A preparação foi feita através da mistura de resina fenol-formaldeído, farinha de trigo e água nas proporções de 100:10:10, respectivamente.
- Sobreposição de 7 lâminas, dispostas de forma perpendicular à lâmina adjacente, resultando em uma espessura nominal do compensado de 16 mm.
- Pré-prensagem à frio, em uma prensa manual com pressão de 1 kgf/cm², para retirada de excesso de ar entre as lâminas, para evitar a formação de bolhas durante no processo posterior.
- Prensagem à quente com pressão de 10kgf/cm², temperatura de 180°C por 10 minutos, dividida em três ciclos de prensagem com 3 minutos cada e 30 segundos de alívio da pressão entre os ciclos.

2.2 Tratamento preservativo com CCA

O tratamento químico com arseniato de cobre cromatado (CCA) foi realizado em autoclave localizada no Laboratório de Preservação da Madeira da UNESP Campus de Itapeva. O tratamento foi realizado tanto para as lâminas de madeira quanto para painéis já produzidos.

Foi utilizado o CCA tipo C composto por 47,5% de CrO₃, 18,5% de CuO e 34% de As₂O₅, com uma concentração de 72%.

O processo de célula cheia utilizado consistiu nas três etapas descritas abaixo:

1ª etapa – vácuo inicial de 560 mmHg durante 30 minutos com a intenção de retirar o ar presente nos poros da madeira para facilitar a penetração da solução de CCA. Nesta etapa ocorreu, transcorridos os 30 minutos, o enchimento do cilindro da autoclave.

2ª etapa – nesta etapa ocorreu a aplicação da pressão de 12 kgf/cm² por um período de 60 minutos, com o intuito de promover a penetração da solução na madeira.

3ª etapa – vácuo final após a retirada da solução do cilindro. Nesta etapa o material foi novamente submetido à um vácuo de 560 mmHg durante 15 minutos, para a retirada do excesso de solução da superfície da madeira.

Após o tratamento com CCA os painéis e as lâminas foram secos ao ar livre até estabilização da umidade em aproximadamente 12%. Posteriormente, as lâminas foram secas em estufa, até atingiram umidade de 3% para a produção dos painéis.

2.3 Teste de molhabilidade

Para o teste de molhabilidade da lâmina foi realizada a medição do ângulo de gota sobre a superfície das lâminas. Para a realização deste teste foi utilizado um goniômetro digital, e como líquido para a formação da bolha utilizou-se a água deionizada. As amostras utilizadas possuíram dimensões de 10 x 35 mm com espessura de 2,3 mm, a própria espessura da lâmina, foi utilizada uma amostra para cada tratamento. Em cada amostra foram produzidas três gotas na superfície e após 10 segundos de acomodação, foi realizada a medição do ângulo, cada medição resultou em 10 valores.

2.4 Ensaio de cisalhamento na linha de cola

Os ensaios de cisalhamento na linha de cola foram realizados de acordo com a norma da ABNT NBR ISO 12466-1 (2006) [8]. Primeiramente, foram confeccionados os corpos de prova com dimensões de 150 x 25 x 16mm, onde foram realizados dois sulcos distantes um do outro por 25mm. Os ensaios foram realizados na máquina universal de ensaios EMIC com capacidade de carga de 30 toneladas (Figura 1), com velocidade de carregamento de 120 N/s. Foram ensaiadas 6 amostras por tratamento, encontrando a tensão de cisalhamento na linha de cola.



Figura 1: Ensaio de cisalhamento na linha de cola

2.5 Análise estatística

Os resultados obtidos foram avaliados pela análise de variância à um nível de significância de 5% e, quando houve diferença significativa nas variâncias, foi realizado o teste de Tukey também à um nível de significância de 5%. Para tal foram verificadas inicialmente a normalidade dos dados e a homogeneidade das variâncias, através dos testes de Shapiro Wilk e Bartlett, respectivamente. Todas as análises foram realizadas no software R versão 3.2.3 de 2015 [9].

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela 1 apresenta os dados da angulação da gota de CCA comparados com a referência. A Figura 52 apresenta a gota formada na lâmina tratada com CCA.

Tabela 1: Valores médios encontrados para o ângulo de gota no tratamento com CCA e na amostra de controle

Angulação da gota em graus		
	Controle	CCA
Média	39,88 a*	133,12 b
D. Padrão	2,18	8,32
Coef. Var.	5,46%	6,25%

* Médias seguidas de letras iguais não apresentam diferenças significativas à um nível de significância de 5%.

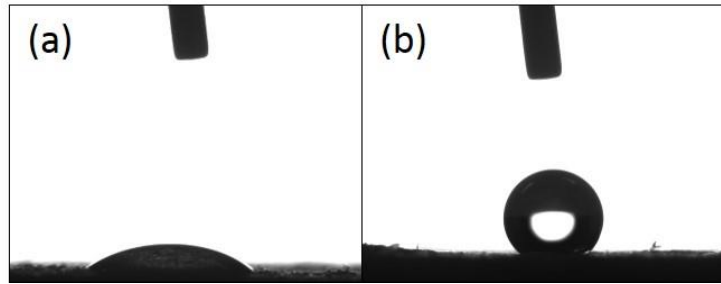


Figura 2: Gota obtida no goniômetro; (a) amostra de controle; (b) amostra tratada com CCA

A gota de CCA apresentou diferença significativa à um nível de significância de 5% com relação ao controle ($t = 59,403$; $p\text{-value} = 2,2 \times 10^{-16}$). Desta forma, percebe-se que o CCA diminui a molhabilidade da superfície da lâmina de forma significativa, o que influencia na qualidade final do painel produzido.

Em um estudo realizado por Mendes et al. [10] no qual se realizou o tratamento em autoclave por método de célula cheia de compensados de *Pinus taeda*, com CCA e CCB, foi percebido que os tratamentos melhoram as propriedades de inchamento em espessura, entretanto diminuíram a resistência mecânica do painel. Esta melhoria na estabilidade dimensional é mais um evidência da diminuição da molhabilidade, já que diminui a interação da madeira tratada com a água.

A Tabela 1 apresenta os valores médios de cisalhamento na linha de cola obtidos no tratamento com CCA tanto das lâminas quanto dos painéis.

Tabela 1: Resultados médios de cisalhamento na linha de cola obtidos no tratamento com CCA

TRATAMENTO COM CCA			
	Controle	CCA - Lâminas	CCA - depois
Cisalhamento (MPa)	3,75 a*	2,86 b	2,39 b
Desvio Padrão	0,47	0,10	0,34
Coef. Variação	12,56%	3,58%	14,35%

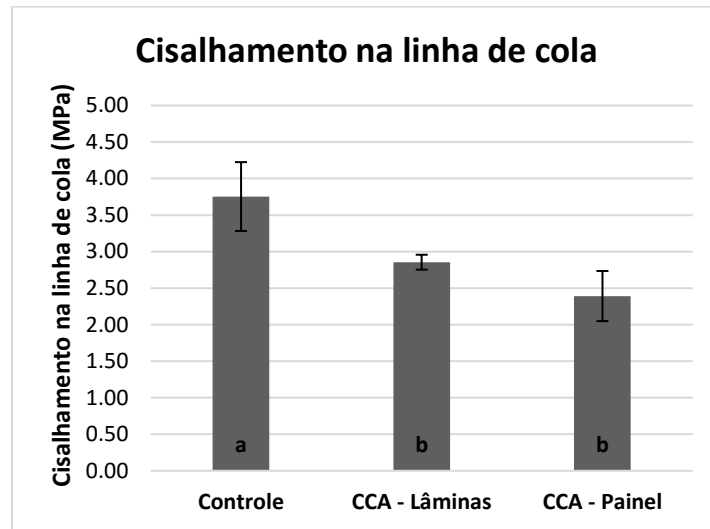
*Médias seguidas de letras iguais não apresentam diferenças significativas à um nível de significância de 5%.

A análise de variância à um nível de significância de 5% ($F = 24,633$; $p\text{-value} = 1,823 \times 10^{-5} < 0,05$) mostrou que houve diferença significativa na resistência ao cisalhamento na linha de cola entre a referência e os tratamentos com CCA das lâminas e do painel, entretanto os tratamentos não diferiram entre si.

O tratamento prévio das lâminas e o tratamento realizado no painel não apresentaram valores médios diferentes entre si, mostrando que para esta propriedade não importa qual das duas formas de tratamento é utilizada. Entretanto, no caso do tratamento da lâmina ocorreu essa diminuição devido a influência direta da colagem, pois houve uma diminuição na molhabilidade da superfície. Já no caso do tratamento do painel, a diminuição foi devido ao tratamento em si, pois o painel após ser produzido, passou pelo método de célula cheia, no qual foi imerso em uma solução aquosa de CCA sob pressão, isso diminuiu a resistência da colagem do compensado.

A Figura 3 apresenta o gráfico com as médias dos valores obtidos de inchamento em espessura e o desvio padrão.

Figura 3: Cisalhamento na linha de cola para as três situações



4. CONCLUSÕES

Pode-se concluir com este estudo que o tratamento com CCA diminui a qualidade da colagem do painel de compensado, evidenciado pela diminuição do cisalhamento na linha de cola, devido a diminuição da molhabilidade da superfície causada pelo tratamento ou também pela forma de tratamento com imersão em solução aquosa sob pressão.

Nota-se que além de possuir alta toxicidade, o tratamento com CCA também diminui a qualidade de colagem dos painéis compensados, mais um motivo para se procurar novos produtos, que além de menos tóxicos também não diminuam a resistência mecânica do painel.

REFERÊNCIAS

- [1] IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005. 247 p.
- [2] IRLE, M. A.; BARBU, M. C.; REH, R.; BERGLAND, L.; ROWELL, R. M. **Wood Composites**. In: ROWELL, R. M. **Handbook of wood chemistry and wood composites**. Boca Raton: CRC Press, 2012. Cap. 10.
- [3] STARK, N. M.; CAI, Z.; CARLL, C. **Wood-Based Composite Materials: Panel Products, Glued-Laminated Timber, Structural Composite Lumber, and Wood–Nonwood Composite Materials**. In: FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood Handbook: wood as an engineering material**. Madison, WI: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. Cap. 11.
- [4] GALVÃO, A. P. M.; MAGALHÃES, W. L. E.; MATTOS, P. P. **Processos práticos para preservar madeira: Documentos 96**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 49 p.
- [5] VALLE, M. L. A.; SILVA, J. C.; DELLA LUCIA, R. M.; EVANGELISTA, W. V. Retenção e penetração de CCA em madeira de primeira e segunda rotação de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake. **Ciência Florestal**, v. 23, n. 2, p. 481-490, 2013.
- [6] TERZI, E.; TAŞÇIOĞLU, C.; KARTAL, S. N.; YOSHIMURA, T. Termite resistance of solid wood and plywood treated with quaternary ammonia compounds and common fire retardants. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Suitland, v. 65, n. 3, p. 565-568, 2011.
- [7] AYDIN, I.; COLAKOĞLU, G. Variation in surface roughness, wettability and some plywood properties after preservative treatment with boron compounds. **Building and Environment**, West Lafayette, v. 42, n. 11, p. 3837-3840, 2007.
- [8] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 12466-1: Madeira compensada – Qualidade de colagem parte 1: Métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2012.
- [9] R Development Core Team. **R: A language and environment for statistical computing**. Version 3.2.3. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2015. Disponível em: <http://www.R-project.org>.
- [10] MENDES, R. F.; BORTOLETTO JUNIOR, G.; VIDAL, J. M.; ALMEIDA, N. F.; JANKOWSKY, I. P. Efeito do tratamento preservativo de painéis compensados sobre as suas propriedades físico-mecânicas. **Scientia Forestalis**, v. 41, n. 100, p. 507–513, 2013.