

RESISTÊNCIA DA LINHA DE COLA EM ADESIVO UREIA-FORMALDEÍDO COM ADIÇÃO DE NANOARGILAS ORGANOFILIZADAS

Nayara Franzini Lopes^{1*}; Matheus Fernandes de Carvalho Reis¹; Marcos Oliveira de Paula¹; Laura
Vitória Lopes Lima¹

¹ Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa/MG, Brasil.

* e-mail do autor correspondente: nayaraflopes@hotmail.com

Resumo: O objetivo do trabalho foi avaliar a colagem de madeira com o adesivo ureia-formaldeído após adição de nanoargilas organofilizadas com sais de amônio quaternário. Os sais de amônio quaternários (brometo de tetradecil trimetilamônio – TTAB e de tetra-nbutilamônio – TBAB) foram utilizados para a organofilização da nanoargila e adicionados ao adesivo ureia-formaldeído na base de 0, 1.5, 3.0, 4.5 e 6.0% em relação ao teor de sólidos. A resistência ao cisalhamento e a espessura da linha de cola dos adesivos após adição das nanoargilas foram avaliadas. A espessura da linha de cola foi maior com as nanoargilas organofilizadas com TTAB e TBAB. A resistência ao cisalhamento foi maior com 1.5% de TTAB e 4.5 e 6.0% de TBAB na condição seca.

Palavras-chave: Colagem de madeiras; Sais de amônio; Resinas

STRENGTH OF THE GLUE LINE IN UREA-FORMALDEHYDE ADHESIVE WITH ADDITION OF ORGANOPHILIZED NANOCLEYS

Abstract: The objective of this work was to evaluate wood bonding with urea-formaldehyde adhesive after addition of organophilized nanoclays with quaternary ammonium salts. The quaternary ammonium salts (tetradecyl trimethylammonium bromide - TTAB and tetra-nbutylammonium - TBAB) were used for the organophilization of the nanoclay and added to the urea-formaldehyde adhesive at 0, 1.5, 3.0, 4.5 and 6.0% in relation to the solid content. The shear strength and glue line thickness of the adhesives after addition of nanoclays were evaluated. The thickness of the glue line was greater with the organophilized nanoclays with TTAB and TBAB. Shear strength was higher with 1.5% TTAB and 4.5 and 6.0% TBAB in the dry condition.

Keywords: Wood bonding; Ammonium salts; Resins

1. INTRODUÇÃO

O processo de colagem da madeira ocorre através da adesão, que é um fenômeno físico-químico, o qual prevê um mecanismo de interação entre superfícies sólidas, a aderente e a adesiva,

que é uma substância com capacidade de manter unidos outros materiais em sua superfície [1]. A função de um adesivo, além de aderir dois substratos, é fluir e preencher espaços vazios entre as juntas a serem coladas, diminuindo assim a distância entre elas, gerando interações entre o adesivo e o substrato [2].

Para avaliar o desempenho de um adesivo, geralmente ele é tensionado como, por exemplo, em cisalhamento na linha de cola, a determinada temperatura e condições de umidade durante um tempo específico [3].

O adesivo ureia-formaldeído é considerado um dos adesivos de maior importância na indústria madeireira [4]. Possui desempenho satisfatório com uma vantagem em relação ao custo, entretanto, apresenta uma baixa resistência à umidade, resultado da baixa estabilidade das ligações amino-metilênicas [5].

O uso de nanopartículas, como a montmorilonita, para reforçar polímeros [6], juntamente com a utilização de sais de amônio quaternários para organofilização de argilas [7], podem aumentar a resistência de adesivos à umidade e diminuir ou bloquear a emissão de formaldeído e, por isto, podem melhorar a qualidade dos mesmos na colagem de madeira [5,8].

Este trabalho teve como objetivo avaliar a colagem de madeira com o adesivo ureia-formaldeído após adição de nanoargilas organofilizadas com sais de amônio quaternário.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Materiais

O adesivo comercial à base de ureia-formaldeído foi fornecido pela indústria Duratex S/A.

As formulações adesivas foram preparadas adicionando-se 0; 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0% de nanoargilas organofílicas em pó, absolutamente seca, em relação ao teor de sólidos, ao adesivo comercial à base de ureia-formaldeído.

As nanoargilas organofílicas foram produzidas com montmorilonita sódica comercial – Cloisite® Na⁺ (Na-MMT) fornecida pela empresa Southern Clay Products Inc.

As nanoargilas foram modificadas com sais orgânicos brometo de tetradecil trimetilamônio (TTAB), C₁₇H₃₈NBr, (massa molar de 336,40 g.mol⁻¹) e brometo de tetra-n-butilamônio (TBAB), C₁₆H₃₂BrN, (massa molar de 322,28 g.mol⁻¹) fornecidas pela Dinâmica.

2.2 Resistência ao cisalhamento

A resistência ao cisalhamento na linha de cola a seco e após 24 horas de imersão em água à ± 20 °C foram determinadas de acordo com a norma ASTM D 2339-20 [9].

Foram produzidas 144 juntas com duas lâminas de *Pinus* sp., com densidade básica de 0,41 g.cm⁻³ e resistência ao cisalhamento de 7,3 MPa. A espessura das juntas foi de 0,60 cm, a umidade de 8,0%, as dimensões finais de 40 x 10 x 0.6 cm, a gramatura de 250 g.m⁻² em face dupla com 2,0% de catalisador, solução de sulfato de amônia a 20% em relação ao teor de sólidos. A prensagem foi realizada a 12 kgf.cm⁻², 180 °C, durante oito minutos.

As juntas de madeira foram condicionadas a 20°C e 65% UR pós-prensadas e seccionadas após atingirem a umidade de equilíbrio higroscópico de acordo com a ASTM D 2339-20 [9].

2.3 Determinação da espessura da linha de cola

Uma amostra de madeira de cada junta colada por tratamento foi retirada e inserida no compartimento blindado do equipamento de raios X digital Faxitron modelo LX-60, previamente, calibrado para a leitura automática (26 Kv, 19 segundos) e a espessura média (µm) da linha de cola das mesmas obtida com 28 medições, de uma extremidade à outra na largura da linha de cola.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se um aumento na espessura da linha de cola em relação ao controle para todos os tratamentos, independentemente do tipo e porcentagem de adição das nanoargilas (Tabela 1).

Tabela 1. Espessura da linha de cola (µm) (média ± erro padrão) das juntas coladas de *Pinus* sp. em função do tipo e porcentagem de adição das nanoargilas (Nano.) ao adesivo ureia-formaldeído

Nanoclay	Níveis de adição			
	1,5%	3,0%	4,5%	6,0%
TTAB	192,57±32,76Ca	289,47±37,46Aa	238,68±36,99Bb	250,26±38,46Ba
TBAB	194,30±57,10Ca	284,20±33,93Aa	306,57±41,19Aa	253,56±37,15Ba
Controle	149,95 ± 44,19			

Médias seguidas de mesma letra maiúscula por linha e minúscula por coluna não diferem pelo teste de Tukey ($\alpha= 0.05$). (TTAB - brometo de tetradecil trimetilamônio e TBAB - brometo de tetra-n-butilamônio)

A maior espessura da linha de cola se deve a maior viscosidade dos adesivos adicionados às nanoargilas aumentando a dificuldade de espalhamento e reduzindo a penetração na estrutura capilar da madeira [2] pela formação de aglomerados, principalmente, com maiores quantidades de nanoargila [10,11].

Apenas a adição de 6.0% de nanoargila organofilizada com TTAB diferiu significativamente do tratamento controle, ocasionando uma redução de 26% na resistência ao cisalhamento em

condição seca (Tabela 2).

Tabela 2. Resistência ao cisalhamento (MPa) (média \pm desvio padrão) nas condições seca e úmida de imersão em água por 24 horas, das juntas coladas de lâminas de Pinus sp. com diferentes concentrações das nanoargilas (Nanoclay)

Nanoclay	Níveis de adição			
	1,50%	3,00%	4,50%	6,00%
Condição seca				
TTAB	3,85 \pm 0,64Aa	3,04 \pm 0,05Bb	3,00 \pm 0,22Ba	2,60* \pm 0,12Bb
TBAB	2,92 \pm 0,21Cb	3,48 \pm 0,24BCa	3,59 \pm 0,44Aa	4,06 \pm 0,22Aa
Controle	3,51 \pm 0,46			
Condição úmida de imersão em água				
TTAB	2,75 \pm 0,1Aa	2,41 \pm 0,18Ab	2,30 \pm 0,20Ab	2,04* \pm 0,18Bb
TBAB	2,57 \pm 0,33Aa	2,68 \pm 0,45Aa	2,60 \pm 0,32Aa	2,57 \pm 0,17Aa
Controle	2,69 \pm 0,30			

Médias seguidas de mesma letra maiúscula por linha ou minúscula coluna não diferem pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$). * Significativo em relação ao tratamento controle pelo teste de Tukey ($\alpha=0,05$). (TTAB - brometo de tetradecil trimetilamônio e TBAB - brometo de tetra-n-butilamônio)

A redução da resistência ao cisalhamento com a adição de 6,0% de nanoargila organofilizada com TTAB ao adesivo ureia-formaldeído é devido à formação de aglomerados que dificultam a mistura uniforme pela maior quantidade de nanoargila [10,11] e ao aumento na espessura da linha de cola.

A resistência ao cisalhamento na condição úmida diminuiu com 6% TTAB. As nanoargilas com TBAB não diferiram na resistência em relação ao tratamento controle (Tabela 2).

A redução da resistência ao cisalhamento com mais de 6% de nanoargila organofilizada com TTAB pode ser atribuída ao aumento da viscosidade, afetando as funções de movimento e mobilidade do adesivo [12]. A viscosidade pode ter afetado a distribuição das nanopartículas de maneira homogênea ao adesivo ureia-formaldeído, reduzindo a polimerização e, conseqüentemente, a resistência [8,13]. As maiores porcentagens de adição da nanoargila pode, também, aumentar a agregação de suas partículas, formando imperfeições morfológicas capazes de reterem água e reduzirem a resistência à umidade [14].

4. CONCLUSÕES

A adição de nanoargila organofilizada com sais de amônio quaternário aumentaram a

resistência ao cisalhamento apenas nas argilas modificadas com TBAB a 4,5 e 6,0 % de adição.

5. REFERÊNCIAS

- [1] Iwakiri, S. Painéis de madeira reconstituída. Curitiba: FUPEF. 247 p. 2005.
- [2] Bianche, J.J.; Teixeira, A.P.M.; Ladeira, J.P.S.; Carneiro, A.C.O; Castro, R.V.O.; Lucia, R.M.D. Cisalhamento na Linha de Cola de Eucalyptus sp. Colado com Diferentes Adesivos e Diferentes Gramaturas. Floresta e Ambiente. 2017; 24.
- [3] Forest Products Laboratory. 2021. Wood handbook: wood as an engineering material. General Technical Report FPL-GTR-282. Madison: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory. 543 p
- [4] Ates, E.; Uyanik, N.; Kizilcan, N. Preparation of urea formaldehyde resin/layered silicate nanocomposites. Pigment & Resin Technology. 2013; 42 (5): 283-287.
- [5] Roumeli, E.; Papadopoulou, E.; Pavlidou, E.; Vourlias, G.; Bikiaris, D.; Paraskevopoulos, K.M.; Chrissafis, K. Synthesis, characterization and thermal analysis of urea-formaldehyde/nanoSiO₂ resins. Thermochemica Acta. 2012; 527: 33-39.
- [6] Basak, G.C.; Bandyopadhyay, A.; Bhowmick, A.K. Influence of nanoclay on adhesion of EPDM vulcanizate. International Journal of Adhesion and Adhesives. 2011; 31 (4): 209-219.
- [7] Ganguly, S.; Dana, K.; Mukhopadhyay, T.K.; Parya, TK, & Ghatak, S. Organophilic Nano Clay: A Comprehensive Review. Transactions of the Indian Ceramic Society. 2011; 70 (4): 189-206.
- [8] Moya, R.; Rodríguez-Zúñiga, A.; Vega-Baudrit, J.; Álvarez, V. Effects of adding nano-clay (montmorillonite) on performance of polyvinyl acetate (PVAc) and urea-formaldehyde (UF) adhesives in Carapa guianensis, a tropical species. International Journal of Adhesion and Adhesives. 2015; 59: 62-70.
- [9] American Society for Testing and Materials. ASTM D2339-20 (2020). Standard test method for strength properties of adhesives in two-ply wood construction in shear by tension loading. ASTM Int. West Conshohocken, PA.
- [10] Doosthoseini, K.; Zarea-Hosseiniabadi, H. Using Na+MMT nanoclay as a secondary filler in plywood manufacturing. Journal of the Indian Academy of Wood Science. 2010; 7 (1): 58-64.
- [11] Lei, H.; Du, G.; Pizzi, A.; Celzard, A.; Fang, Q. Influence of Nanoclay on Phenol-Formaldehyde and Phenol-Urea-Formaldehyde Resins for Wood Adhesives. Journal of Adhesion Science and Technology. 2010; 24 (8-10): 1567-1576.
- [12] Qi, G.; Li, N.; Wang, D.; Sun, X. S. Development of High-Strength Soy Protein Adhesives Modified with Sodium Montmorillonite Clay. Journal of the American Oil Chemists' Society. 2016; 93 (11): 1509-1517.
- [13] Muñoz, F.; Moya, R. Effect of nanoclay-treated UF resin on the physical and mechanical properties of plywood manufactured with wood from tropical fast growth plantations.

Maderas Ciencia y Tecnología. 2018; 20 (1): 11-24.

- [14] Chen, S.; Lu, X.; Pan, F.; Wang, T.; Zhang, Z. Preparation and characterization of urea-formaldehyde resin/reactive montmorillonite composites. Journal of Wuhan University of Technology-Mater. Sci Ed. 2017; 32 (4): 783-790.