

COMUNICADO  
TÉCNICO

460

Colombo, PR  
Novembro, 2020

**Embrapa**

## Método para revestimento de painéis de fibras de madeira de média densidade (MDF) com filmes finos de nanocelulose

Pedro Henrique Gonzalez de Cademartori  
Washington Luiz Esteves Magalhães  
Mirela Angelita Artner

## Método para revestimento de painéis de fibras de madeira de média densidade (MDF) com filmes finos de nanocelulose

---

**Pedro Henrique Gonzalez de Cademartori**, Engenheiro Industrial Madeireiro, doutor em Engenharia Florestal, professor adjunto da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR; **Washington Luiz Esteves Magalhães**, Engenheiro químico, doutor em Ciências e Engenharia de Materiais, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR; **Mirela Angelita Artner**, Química, doutoranda na NC State University

O desenvolvimento de novas tecnologias para proporcionar propriedades e características de caráter prático mais relevantes à madeira sólida e produtos à base de madeira dos materiais tem sido amplamente discutido no meio industrial e acadêmico. A proteção desses materiais contra danos físicos e mecânicos, bem como a mitigação de problemas de cunho ambiental são essenciais para prolongar a sua vida útil e ampliar o seu valor agregado no mercado.

Nesse contexto, ressalta-se a importância dos painéis de fibras de madeira de média densidade (MDF) no setor florestal e madeireiro, com produção global estimada em 101 milhões de m<sup>3</sup> no ano de 2013, segundo a FAOSTAT (2017). Apesar de os painéis MDF apresentarem excelentes características de trabalhabilidade e alta resistência biológica contra fungos, a utilização de resina ureia-formaldeído (UF) durante o seu processo de fabricação resulta em um dos desafios mais críticos enfrentados pelas indústrias do setor.

Desde o processo de fabricação, bem como durante a vida útil dos painéis MDF aplicados em produtos de uso interno, há emissão de formaldeído, o qual é um gás incolor responsável por problemas ambientais e danos à saúde humana (INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER, 2006; De Groot et al., 2010).

Diversos métodos têm sido estudados para mitigar a emissão de formaldeído em produtos à base de madeira contendo UF. O principal campo de investigação concentra-se na modificação da composição das resinas UF, por meio de ações como a adição de nanopartículas inorgânicas (Moya et al., 2015; Dukarska; Czarnecki, 2016). No entanto, em determinados casos, a alteração da composição química da resina UF pode influenciar em outras características essenciais para o seu uso prático e eficiente como adesivo em painéis de madeira, tais como viscosidade, grau de adesão e propriedades de cura.

De maneira alternativa aos métodos já empregados e buscando manter a estrutura padrão dos painéis MDF, no presente trabalho descreve-se uma alternativa de método prático para sua proteção superficial, com a formação de um filme fino de nanofibrilas de celulose em prol de menor emissão de formaldeído e incremento de propriedades mecânicas de superfície. A alternativa de método baseia-se na produção de suspensão de nanofibrilas de celulose (MFC) pelo método de desfibrilação mecânica e revestimento da superfície dos painéis MDF, por meio de um sistema simples de aspersão.

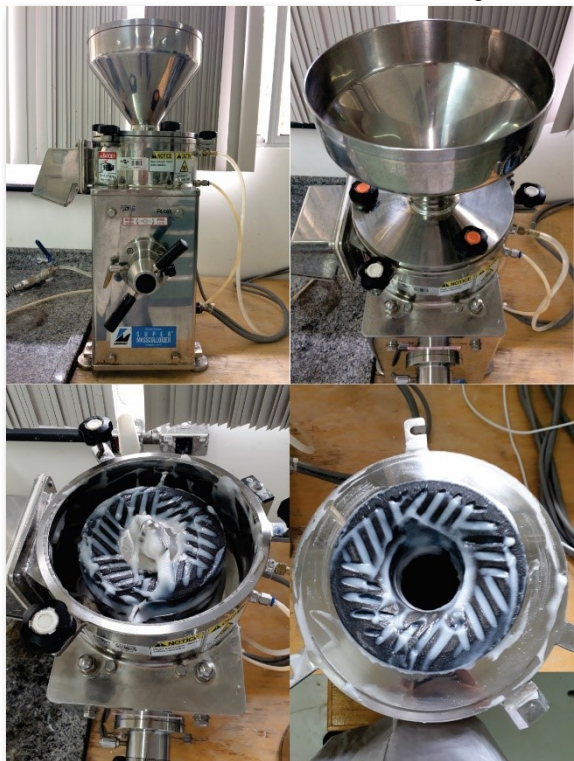
## Produção da suspensão de nanofibrilas de celulose

A primeira etapa trata-se da produção da suspensão de nanofibrilas de celulose (MFC) a partir de uma fonte de material lignocelulósico, tal como polpa branqueada de eucalipto ou pinus.

Para a produção da suspensão de nanofibrilas de celulose, a polpa celulósica branqueada deve ser pré-homogeneizada na presença de água em equipamentos de agitação mecânica, tais como liquidificador, em condições para se obter concentração de 1% p/v (peso/volume). O propósito dessa etapa é a obtenção de polpa celulósica suspensa em água, para posterior processamento mecânico.

Após a obtenção de polpa celulósica com concentração de 1% em água, o material deve ser mecanicamente processado em moinho coloidal, resultando na desfibrilação da celulose por forças de cisalhamento (Figura 1). A polpa celulósica deve ser processada em função do número de passes no moinho coloidal. Sugere-se a utilização de 15-20 passes para obtenção do material com características adequadas. A suspensão de nanocelulose deve

Foto: Mirela Angelita Artner



**Figura 1.** Ilustração da etapa de processamento da polpa celulósica em moinho coloidal.

apresentar aspecto de gel esbranquiçado e deve ser mantido sob refrigeração para manutenção das suas características originais.

## Preparação dos painéis MDF

Os painéis de MDF, substrato para a deposição da suspensão de nanofibrilas de celulose, devem ser mantidos em ambiente com condições controladas de temperatura e umidade relativa do ar próximas de 20 °C e 65%, para obtenção do teor de umidade de equilíbrio. Após a estabilização do teor de umidade, os painéis MDF devem ser previamente lixados com papel lixa grão 100, para a remoção da camada superficial inativa, seguida de etapa de limpeza da superfície com jato de ar para a remoção da poeira residual. Ressalta-se que as dimensões dos painéis MDF podem ser determinadas de acordo com a disponibilidade de material, levando em consideração a quantidade de suspensão de nanocelulose produzida.

## Método de revestimento dos painéis MDF com nanocelulose

A etapa de revestimento dos painéis MDF deve ser realizada em ciclos de aspersão. O equipamento para a realização da aspersão pode ser quaisquer tipos de aparatos que contenham bico

aspersor capaz de aspergir homogeneamente a suspensão de nanofibrilas de celulose. Sugere-se observar o diâmetro de abertura do bico aspersor para evitar problemas como entupimento do equipamento ou aspersão heterogênea.

A suspensão de nanocelulose deve ser aspergida sobre a superfície com tempos pré-determinados, em função da espessura do filme desejado, levando em conta uma distância de 10-15 cm entre a superfície do painel MDF e do equipamento aspersor. Recomenda-se tempos de 10 segundos para filmes mais finos e 30-60 segundos para filmes com maior espessura.

Após a etapa de aspersão, os painéis MDF devem ser mantidos em ambiente em condições controladas de temperatura e umidade relativa do ar próximas de 20 °C e 65%, durante 48 horas, de maneira a garantir a formação e secagem adequada do filme de nanocelulose. A etapa de secagem lenta e controlada do filme de nanocelulose é importante para que haja a formação de revestimento homogêneo e sem a presença de rugosidade aparente na superfície, o que pode inviabilizar a utilidade prática deste.

## Emissões de formaldeído

Para garantir que o excesso de umidade proveniente do tratamento de revestimento não interfira na quantificação de formaldeído, os corpos de prova de MDF com e sem revestimento de

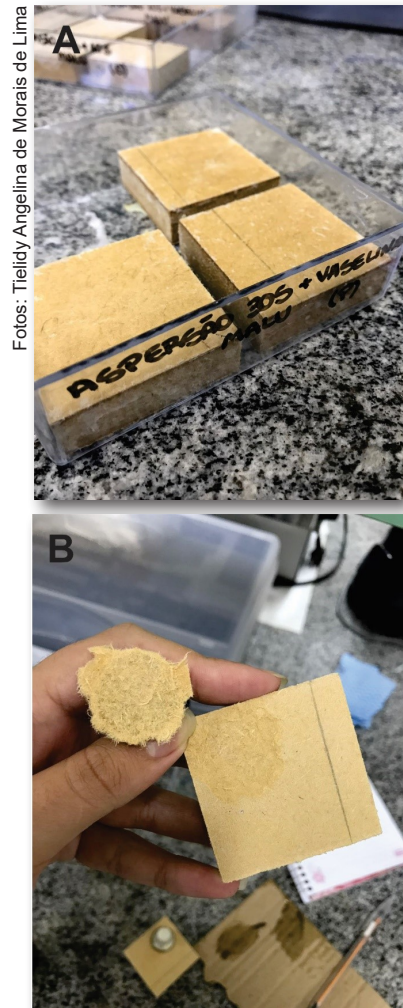
nanocelulose (oito amostras para cada tratamento) devem ser previamente secos sob temperatura de 40 °C, durante 24 horas. Posteriormente, as amostras são climatizadas em condições controladas de temperatura e umidade relativa do ar próximas de 20 °C e 65%, durante 48 horas.

Conforme descrevem Magalhães e Artner (2018), as emissões de formaldeído são determinadas pelo arraste deste gás (25 °C) à uma placa de Petri contendo água destilada, em um dessecador fechado. O líquido coletado é quantificado com auxílio de espectrometria UV-Vis (420 nm), por meio da derivatização do formaldeído pela adição de acetilacetona.

## Definição das melhores condições de revestimento

Deve-se atentar para dois parâmetros essenciais, a concentração de nanocelulose na suspensão aquosa e o tempo de aspersão. Recomenda-se o uso de concentrações entre 1% e 2% (p/v) para suspensões de nanocelulose produzidas com polpa celulósica de eucalipto. O uso de concentrações mais altas pode alterar propriedades reológicas da suspensão, tais como a viscosidade, a qual dificultará a etapa de aspersão da suspensão sobre os painéis de MDF. Quanto ao tempo de aspersão, recomenda-se o uso de períodos entre 10 segundos e 30 segundos para a obtenção de revestimento sem falhas de

recobrimento dos painéis de MDF, tal como ilustrado na Figura 2.



Fotos: Tielly Angelina de Moraes de Lima

**Figura 2.** Ilustração de painéis MDF revestidos por aspersão de gel de nanocelulose, durante 30 s (A); Amostra de painel de MDF após o arrancamento do filme de nanocelulose pelo método *pull-off*, para a determinação da resistência de adesão do revestimento de nanocelulose ao substrato (B).

Um ciclo de 10 segundos de aspersão pode resultar em resistência à tração do filme de nanocelulose de 2,10 MPa, enquanto ciclos de 30 segundos e 60 segundos podem proporcionar resistência à tração média de 0,67 MPa e 0,64 MPa, respectivamente. Salienta-se que o uso de pré-tratamentos nas amostras de MDF, tal como o lixamento prévio da superfície, pode oferecer melhores acabamentos superficiais e, conseqüentemente, revestimentos com maior resistência à tração. Por exemplo, a realização de lixamento e posterior revestimento durante 30 segundos e 60 segundos, faz com que a resistência à tração média se eleve para 1,81 MPa e 0,92 MPa, respectivamente.

Da mesma maneira, um ciclo de 10 segundos resulta na redução substancial da emissão de formaldeído pelos painéis MDF. A formação do filme de nanocelulose impede a difusão deste composto orgânico volátil para a atmosfera na temperatura ambiente, conseqüentemente reduzindo a emissão de formaldeído de 1,69 ppm para 1,29 ppm, apresentando respectivo decréscimo de 24%.

Este método de revestimento de painéis MDF com suspensão de nanocelulose pode ser adaptado para madeira sólida ou quaisquer outros produtos à base de madeira. No entanto, as etapas de determinação do tempo de aspersão para revestimento e a secagem para formação do filme devem ser ajustadas conforme as características físicas e químicas da superfície do material.

## Considerações finais

Para o método de revestimento dos painéis MDF, as etapas mais importantes são a produção de suspensão de nanocelulose (MFC) na consistência adequada (gel com aproximadamente 1%), tempo de aspersão do gel entre 10 segundos e 30 segundos, e secagem do conjunto filme/MDF para a formação do filme.

O revestimento com nanocelulose deve apresentar distribuição homogênea e adesão sobre a superfície dos painéis MDF.

A formação de filme de nanocelulose em MDF mediante aspersão durante o tempo de 10 segundos possibilitou a redução substancial da emissão de formaldeído em 24%.

## Referências

AYRILMIS, N.; LEE, Y.-K.; KWON, J. H.; HAN, T.-H.; KIM, H.-J. Formaldehyde emission and VOCs from LVLs produced with three grades of urea-formaldehyde resin modified with nanocellulose. **Building and Environment**, v. 97, p. 82–87, 2016. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.12.009>>.

DUKARSKA, D.; CZARNECKI, R. Fumed silica as a filler for MUPF resin in the process of manufacturing water-resistant plywood. **European Journal of Wood and Wood Products**, v. 74, n. 1, p. 5–14, 2016. DOI: <<https://doi.org/10.1007/s00107-015-0955-4>>.

DE GROOT, A. C.; LE COZ, C. J.; LENSEN, G. J.; FLYVHOLM, M.-A.; MAIBACH, H. I.;

COENRAADS, P.-J. Formaldehyde-releasers: relationship to formaldehyde contact allergy. Formaldehyde-releasers in clothes: durable press chemical finishes. Part 1. **Contact Dermatitis**, v. 62, n. 5, p. 259–271, 2010. DOI: <<https://doi.org/10.1111/j.1600-0536.2009.01675.x>>.

FAOSTAT: forestry production and trade. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/FO/visualize>. Acesso em: 30 mar. 2017.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. Cobalt in hard metals and cobalt sulfate, gallium arsenide, indium phosphide and vanadium pentoxide. Lyon, 2006. 330 p. (IARC Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, v. 86).

MAGALHÃES, W. L. E.; ARTNER, M. **Determinação de formaldeído pelo método desseccador utilizando reagente analítico acetilacetona**: modificação da norma ASTM D 5582. Colombo: Embrapa Florestas, 2018. 9 p. (Embrapa Florestas. Comunicado técnico, 426). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1104203>>.

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**, v. 59, p. 62–70, 2015. DOI: <<https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2015.02.004>>.

Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

#### Embrapa Florestas

Estrada da Ribeira, km 111, Guaraituba,  
Caixa Postal 319  
83411-000, Colombo, PR, Brasil  
Fone: (41) 3675-5600  
[www.embrapa.br/florestas](http://www.embrapa.br/florestas)  
[www.embrapa.br](http://www.embrapa.br)  
[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

1ª edição

Versão digital (2020)



MINISTÉRIO DA  
AGRICULTURA, PECUÁRIA  
E ABASTECIMENTO



Comitê Local de Publicações  
da Embrapa Florestas

Presidente

*Patrícia Póvoa de Mattos*

Vice-Presidente

*José Elidney Pinto Júnior*

Secretária-Executiva

*Elisabete Marques Oaida*

Membros

*Annete Bonnet*

*Cristiane Aparecida Fioravante Reis*

*Guilherme Schnell e Schühli*

*Krisle da Silva*

*Marcelo Francia Arco-Verde*

*Marcia Toffani Simão Soares*

*Marilice Cordeiro Garrastazu*

*Valderês Aparecida de Sousa*

Supervisão editorial/Revisão de texto

*José Elidney Pinto Júnior*

Normalização bibliográfica

*Francisca Rasche*

*Elizabeth Denise Roskamp Camara*

Projeto gráfico da coleção

*Carlos Eduardo Felice Barbeiro*

Editoração eletrônica

*Neide Makiko Furukawa*

Foto capa:

*Mailson de Matos*

CGPE