

INFLUÊNCIA DO ÁCIDO CÍTRICO NAS PROPRIEDADES DE PAINÉIS DE PARTÍCULAS DE MÉDIA DENSIDADE DE *Eucalyptus grandis*¹

Gustavo Nunes Teles², Alexsandro Bayestorff da Cunha³

¹ Vinculado ao projeto “Emprego de redutores da emissão de formaldeído na produção de painéis de partículas de média densidade (MDP)”

² Acadêmico do Curso de Engenharia Florestal – CAV – Bolsista PROBIC/UDESC

³ Orientador, Departamento de Engenharia Florestal – CAV – alexsandro.cunha@udesc.br

Os adesivos a base da resina ureia formaldeído são os mais utilizados na produção de painéis de partículas em função de apresentarem vantagens como baixo custo e alta reatividade. No entanto, tem como desvantagens, a degradação hidrolítica e a emissão de formaldeído ao longo do processo produtivo e durante a vida útil do produto, o qual é um gás incolor com potencial carcinogênico.

Diversas abordagens têm sido feitas para mitigar a emissão, como a alteração da razão molar, a adição de aditivo na síntese do adesivo e/ou na partícula, o tratamento dos painéis pós-produção e a busca por adesivos alternativos. O ácido cítrico, comumente utilizado na indústria alimentícia, de produtos de limpeza, farmacêutica e de cosméticos, vem sendo estudado por diversos pesquisadores na produção de painéis em função da sua estrutura molecular apresentar três grupos carboxilas, que podem se tornar ésteres ao se ligarem aos grupos hidroxilas encontrados na madeira.

O objetivo do estudo foi avaliar, por meio das propriedades físico-mecânicas e da emissão do formaldeído, o tratamento de painéis de partículas de *Eucalyptus grandis* com ácido cítrico pós-produção. Foram utilizados como matérias primas, partículas de *E. grandis* fornecidas pela Eucatex, resina ureia formaldeído e emulsão de parafina pela Sudati Painéis e ácido cítrico por uma *Startup*, parceira do laboratório em projetos de inovação. As partículas foram classificadas em um conjunto de peneiras com agitação contínua, sendo utilizado o material retido na malha 6 mesh, posteriormente, foram secas a 80°C até atingirem 4% de umidade.

O plano experimental foi caracterizado por 10 tratamentos com diferentes temperaturas de prensagem (180°C e 200°C) e proporções de ácido cítrico pós-produção dos painéis (0%, 10%, 20%, 30% e 40% base peso seco das partículas). Foram produzidos 3 painéis por tratamento, com densidade de 750 kg.m⁻³, dimensão de 40 x 40 x 1,5 cm, 12% de resina e 1% de emulsão de parafina. A prensagem a quente foi desenvolvida com as duas temperaturas alvo, pressão de 37 kgf.cm⁻² por um 10 minutos. Imediatamente após a retirada dos painéis da prensa aplicou-se, por pincelamento, o ácido cítrico solubilizado em água (60:40) nas proporções de cada tratamento. Os procedimentos utilizados na determinação das propriedades físicas, mecânicas e na emissão de formaldeído, foram baseados na classe P2 (painéis não estruturais para uso interno em condições secas) da NBR 14810 (ABNT, 2018). A razão de compactação foi determinada pela divisão das densidades obtidas para os corpos de prova dos painéis pela densidade da madeira de *E. grandis* (0,545 kg m⁻³). Os valores obtidos nos ensaios foram submetidos a estatística paramétrica, por meio da Análise da Variância e, quando necessário, Scott Knott a 95% de probabilidade de acerto. Paralelamente, os valores médios foram comparados com a norma de referência.

Como resultados das propriedades físicas (Tabela 1), observou-se que os valores médios de densidade e razão de compactação foram aumentados com o percentual de ácido, principalmente de 10 para 20, o que pode ser derivado da quantidade de água utilizada na diluição. No que se refere a temperatura, somente os painéis sem ácido e com 10%, diferiram estatisticamente, sendo que a 200°C, foram superiores. Verificou-se também que na densidade, desvio da nominal.

Para teor de umidade, somente os painéis com 40% de ácido, independentemente da temperatura, não atenderam a norma que delimita 13% como limite superior. Para inchamento em espessura, o ácido e a temperatura influenciaram diretamente nos resultados, tendo em vista que a 180°C, somente os painéis com 30% e 40% de ácido ficaram abaixo do máximo da norma que é de 22%, enquanto que para 200°C, todos os tratamentos atenderam ao estabelecido.

Tabela 1. *Propriedades físicas dos painéis.*

Ácido cítrico	Densidade (kg.m ⁻³)		Razão de compactação		Teor de umidade (%)		Inchamento em espessura (%)	
	180°C	200°C	180°C	200°C	180°C	200°C	180°C	200°C
00%	709 Bb	766 Aa	1,30 Bb	1,40 Aa	11,16 Aa	11,20 Aa	25,50 Cb	18,40 Ca
10%	736 Bb	771 Aa	1,35 Bb	1,41 Aa	11,35 Aa	11,80 Ab	24,95 Cb	17,90 Ba
20%	788 Aa	773 Aa	1,46 Aa	1,42 Aa	12,00 Aa	12,10 Aa	23,01 Bb	17,30 Ba
30%	830 Aa	793 Aa	1,52 Aa	1,46 Aa	12,04 Aa	12,40 Aa	21,88 Ab	16,25 Aa
40%	835 Aa	825 Aa	1,53 Aa	1,51 Aa	13,50 Ba	13,30 Ba	20,07 Ab	15,70 Aa

Legenda: Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si para temperatura dentro do mesmo percentual de ácido; médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si para percentual de ácido dentro de uma mesma temperatura, ambos por Scott Knott a 95% de probabilidade de acerto.

Para módulo de elasticidade (MOE) e ruptura (MOR), tabela 2, observa-se que não houve influência significativa do ácido sobre as propriedades, fato que não foi verificado por outros autores, como Widyorini *et al.* (2016) que testaram um adesivo composto por ácido cítrico em painéis de partículas e constataram aumento da rigidez e da resistência. A ausência de diferença significativa neste estudo pode ser atribuída a forma de incorporação do ácido nos painéis, que foi em tratamento pós-produção por pincelamento, que pode ter prejudicado as ligações químicas. Salienta-se que os demais autores incorporaram o ácido nas partículas antes da aplicação do adesivo, secando o material na estufa e somente depois da redução do teor de umidade, aplicado o adesivo e efetuada a prensagem. Quanto a temperatura, os painéis prensados a 220°C apresentaram desempenho superior. Para tração, os resultados acompanharam os de flexão estática. Com relação a norma de referência, NBR 14810 (ABNT, 2018), os painéis de todos os tratamentos atingiram ao mínimo exigido para a classe P2 que estabelece 1600 N.mm⁻² para MOE, 11 N.mm⁻² para MOR e 0,35 N.mm⁻² para tração.

Tabela 2. *Propriedades mecânicas dos painéis.*

Ácido cítrico	Módulo de ruptura à flexão estática (N/mm ²)		Módulo de elasticidade à flexão estática (N/mm ²)		Tração perpendicular (N/mm ²)	
	180°C	200°C	180°C	200°C	180°C	200°C
00%	14,78 Ab	22,44 Aa	1932,92 Aa	2008,76 Aa	0,45 Ab	0,58 Aa
10%	14,93 Ab	21,78 Aa	2024,99 Aa	2293,20 Aa	0,48 Ab	0,63 Aa
20%	15,35 Ab	20,97 Aa	1981,29 Aa	2357,72 Aa	0,43 Ab	0,55 Aa
30%	14,84 Ab	22,74 Aa	2017,12 Aa	2230,80 Aa	0,52 Ab	0,61 Aa
40%	15,02 Ab	23,05 Aa	2293,68 Aa	1930,25 Aa	0,54 Ab	0,65 Aa

Legenda: Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si para temperatura dentro do mesmo percentual de ácido; médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si para percentual de ácido dentro de uma mesma temperatura, ambos por Scott Knott a 95% de probabilidade de acerto.

Com base nos resultados encontrados, pode-se concluir que a aplicação de ácido cítrico em tratamento pós-produção por pincelamento em painéis de partículas de *E. grandis*, contribui somente para a melhoria da estabilidade dimensional, não refletindo nas propriedades mecânicas. Quanto a temperatura, a prensagem a 220°C colaborou com os melhores resultados.

Palavras-chave: Painéis reconstituídos. Aditivos pós-produção. Propriedades físico-mecânicas. Emissão de formaldeído.