



FORMALDEÍDO LIVRE E LIGAÇÃO INTERNA EM COMPÓSITOS DE EUCALIPTO E BAGAÇO

Ugo Leandro BELINI¹, Marta Karina LEITE², Mario TOMAZELLO FILHO³

1 - Universidade Federal de Santa Catarina, Engenharia Florestal, Curitibanos-SC, Brasil.

2 - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento de Design, Curitiba-PR, Brasil.

3 - Universidade de São Paulo, Departamento de Ciências Florestais, Piracicaba-SP, Brasil.

Resumo: É desejável que as instituições que desenvolvem pesquisas relacionadas à ciência e tecnologia em recursos agrícolas apresentem propostas de trabalho que contribuam para a resolução de questões relativas à utilização desses recursos de forma sustentável, com melhor rendimento potencial e qualidade dos produtos gerado pela indústria de base agrícola, permitindo assim maior competitividade neste segmento de mercado. Neste contexto, foi verificado efeito da adição de partículas de bagaço de cana-de-açúcar, em matriz fibrosa de eucalipto, para desempenho em resistência à tração perpendicular e valores de formol livre. Sob condições laboratoriais, as partículas do bagaço foram misturadas com fibras de eucalipto (incrementos crescentes de 5%) até 25% de bagaço de cana de açúcar e dois níveis de adesivo ureia-formaldeído (13% e 16%). As propriedades de ligação interna dos painéis apresentaram valores médios satisfatórios para a concepção de um novo produto e atenderam as especificações vigentes. A aplicação de resina UF 16%, em comparação com a resina de UF de 13%, refletiu em melhores propriedades físicas e mecânicas segundo a NBR 15316 (2009). O menor teor de formaldeído livre foi detectado em compósitos com maior percentagem de partículas de cana. Os resultados indicaram que o composto de fibras de eucalipto e partículas de bagaço de cana de açúcar (em percentagens de 5-25%) apresentam propriedades tecnológicas que atendam as normas e possibilidades de produção viáveis nas condições industriais existentes.

Palavras-chave: resina UF, formol livre, painéis, eucalipto, bagaço de cana.

Abstract: It is desirable that institutions that develop research related to science and technology in agricultural resources submit work proposals that contribute to the resolution of questions regarding the use of these resources in a sustainable way, with improved yield potential and quality improvement of products generated by the agricultural bases industry, thus allowing increased competitiveness in this market segment. In this context, it was observed effect of adding particles sugarcane bagasse, eucalyptus a fibrous matrix for performance in internal bond values and free formaldehyde. Under laboratory conditions, the bagasse particles were mixed with eucalyptus fibers for composites with up to 25% sugarcane bagasse (increasing increments of 5%) and two levels of urea formaldehyde resin (13% and 16%). The internal bond properties of the panels showed satisfactory average values for the design of a new product and mostly attended the current specifications. The application of 16% UF resin, compared with 13% UF resin, reflected in better physical and mechanical properties and the mean of the assays totally met NBR 15316 (2009) norm. Furthermore, the lowest content of free formaldehyde was detected in composites with higher percentage of sugarcane particles. The results indicate that the composite of eucalyptus particles and sugarcane bagasse fibers (in percentages of 5-25%) present technological properties that meet the standards and feasible production possibilities in the existing industrial conditions.

Keywords: UF resin, free formaldehyde, panelboards, eucalyptus, sugarcane bagasse.

1. INTRODUÇÃO

A utilização do bagaço de cana-de-açúcar como matéria prima para a produção de painéis reconstituídos teve início em 1920 para a produção de chapa de material isolante em Louisiana, EUA, mas sempre voltado à confecção de painéis aglomerado, e é potencial recurso lignocelulósico, para utilização na confecção de painéis, na região Sudeste. Já o eucalipto traduz-se em matéria prima tradicional para a produção de painéis de fibras e partículas, apresentando crescimento devido à destinação da madeira de pinus para produtos de maior valor agregado.

Ambas as matérias primas, quando destinadas à confecção de painéis reconstituídos em nível industrial, utilizam resina ureia formol (UF), que é o principal aglutinante mundial para este fim. (MALONEY, 1993; PIZZI, 1994; CARNEIRO et al., 2007), que contem formaldeído em sua composição.

Com a utilização de adesivo a base de formaldeído, este elemento constitui-se parte do polímero adesivo e seus valores, também indicados como teor de formaldeído livre (“*free formaldehyde*”) sofrem grande influência da umidade das amostras de painéis (IRLE et al., 2008) que por sua vez é influenciada por vários fatores, incluindo: (i) matérias primas, (ii) tecnologia de fabricação, (iii) estrutura do painel e (iv) as condições ambientais em que os painéis são armazenados. Além disso, o autor indica que a umidade dos painéis e demais variáveis inerentes às matérias primas e ao processo tecnológico de sua manufatura, incluindo a estrutura do painel e condições de armazenamento, afetam o teor de formaldeído livre.

Por ser um componente cancerígeno de acordo com a Organização Mundial de Saúde/OMS (MULLEN, 2008), inúmeras pesquisas visam à redução do seu teor nos painéis de madeira como a aplicação de novas resinas indicadas como “formaldehyde free” (MULLEN, 2008) e incorporação de matérias primas alternativas que podem reduzir o teor de formol livre.

A resistência à tração interna e demais variáveis tecnológicas, como propriedade mecânica dos painéis, pode ser afetada por muitas variáveis envolvidas no processo de produção, como a densidade e composição dos painéis, a dosagem de resina, a taxa de compressão, a dosagem de parafina e o tamanho das partículas (KELLY, 1977). Alguns destes parâmetros, com destaque para a densidade dos painéis e dosagem de resina, também podem ser entendidos como variáveis extremamente importantes para a conjunção das características tecnológicas finais dos painéis. Assim, avaliações que procurem minimizar o teor de formol livre, correlacionados com novas matérias primas e resinas UF, podem ser interessantes.

Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivos a determinação do teor de formaldeído e de valores de resistência à tração perpendicular em painéis aglomerado confeccionados com fibras de eucalipto e partículas de bagaço de cana-de-açúcar, em duas dosagens distintas de resina UF.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Obtenção do bagaço de cana-de-açúcar e das fibras de eucalipto

As amostras de bagaço de cana-de-açúcar foram coletadas no pátio de armazenamento da Usina Açucareira São Manoel S.A (São Manuel-SP) e acondicionadas em sacos plásticos e mantidas em caixas de isopor. Nesta etapa, atentou-se para a coleta de amostras imediatamente à saída do sistema de esmagamento e obtenção do caldo, visto que as



partículas de cana-de-açúcar que ficam estocadas, por exemplo, da safra do ano anterior, podem sofrer degradação. Posteriormente, o material foi seco em estufa à 105°C até atingir 5% de umidade, evitando-se o desenvolvimento de microorganismos. Para os procedimentos de encolagem e prensagem dos painéis, todo o material sofreu classificação granulométrica em peneiras vibratórias, onde as partículas que passavam na peneira com abertura de 2,0 mm foram separadas para a confecção dos painéis, etapa realizada na empresa Duratex S.A. (Botucatu-SP).

Os componentes fibrosos da madeira de *Eucalyptus grandis* foram coletados na linha industrial da empresa Duratex S.A após a fase de desfibramento dos cavacos e antes da etapa de encolagem.

2.2. Confecção dos painéis

As fibras de eucalipto e partículas de cana-de-açúcar foram dispostas internamente à encoladeira e procedeu-se a sua mistura adicionando-se resina ureia formol e emulsão de parafina através de bicos com ar comprimido, procedendo-se a mistura para a homogeneização da matriz fibrosa. Foram verificadas duas etapas: A, com partículas de bagaço entre 0-100% (faixas de 25%) e B, com partículas de bagaço entre 0-25% (faixas de 5%). Posteriormente, a massa de fibras e partículas foi disposta manualmente em uma caixa formadora e transportada para um sistema hidráulico de aplicação de pressão, necessária apenas para a retirada do ar interno e atuando como uma pré-prensagem.

Em seguida, o colchão foi disposto em prensa laboratorial marca Siempelkamp (Krefeld, Alemanha) e o ciclo de prensagem utilizado foi: 10 s para pressão de 0 a 100 N/cm², 5 s em 100 N/cm², 20 s para redução até 20 N/cm², 15 s para redução até 10 N/cm², pressão esta mantida por 50 s, aumento para 30 N/cm² em 10 s e manutenção por 40 s, com posterior redução para 0 N/cm² em 5 s. Foram confeccionados 3 painéis para cada tratamento e após a prensagem, os painéis MDF com partículas de bagaço foram climatizadas a temperatura ambiente e refiladas lateralmente com as dimensões finais de 370 x 370 mm, espessura e densidade nominal de 15,0 mm e de 750 kg m⁻³, respectivamente.

As determinações de formol livre (1 x tratamento) e ligação interna (5 x tratamento) obedeceram à norma NBR ABNT 15316 (2009). Para ligação interna, houve comparativo estatístico dos valores médios.

3-RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Formol Livre

Nas etapas A e B dos experimentos verificou-se a redução do teor de formol livre de 2 e 4 mg/100g nos painéis de 25 e 100% de partículas de bagaço de cana-de-açúcar, respectivamente, em relação aos painéis com 100% de fibras de eucalipto (Tabela 1) devido, possivelmente, à liberação de furfural como ácido que reage com o formol presente na resina. De acordo com a NBR 15316 (2009), todos os painéis foram enquadrados como classe E2 em emissão (8 – 30 mg/100g).

Estes menores teores de formol livre implicam, por exemplo, na possibilidade de utilização de adesivo com ligeiro aumento da relação uréia/formol, com menor tempo de cura. Ou seja, pode-se ter aumento de ganho produtivo mantendo-se o valor de formol livre desejado para o painel.

Tabela 1 – Teor de formol livre (mg/100g) nos painéis de diferentes tratamentos, etapas A e B

Etapa	Tratamento	Fibras de eucalipto	Partículas de bagaço	Resina	Teor de formol livre
	(nº)	(%)	(%)	(%)	(mg/100g)
A	1	100	0	14	22,6
	2	75	25		20,2
	3	50	50		20,0
	4	25	75		18,0
	5	0	100		18,9
B	1	100	0	13	21,0
	2	100	0	16	19,0
	3	95	5	13	20,3
	4	95	5	16	18,9
	5	90	10	13	20,4
	6	90	10	16	19,1
	7	85	15	13	18,6
	8	85	15	16	18,3
	9	80	20	13	18,7
	10	80	20	16	18,6
	11	75	25	13	16,9
	12	75	25	16	18,8

3.2 Ligação Interna

Os painéis com 16% de resina, em relação aos de 13% de resina, apresentaram estatisticamente melhor valor médio para a propriedade de ligação interna (Tabela 2). Conforme descrito na metodologia, no processo de encolagem laboratorial, são utilizados bicos aspersores de ar comprimido proporcionando a atomização da resina sobre a massa de fibras em constante agitação. No entanto, o recobrimento das fibras não é efetivo se comparado com o processo industrial, no qual se aplica a “blow line”, sendo comum em laboratório a utilização de resinas em maior dosagem para uma eficiente distribuição.

Ainda, em painéis MDF ou MDP para aplicação interior, a resina representa 30% do seu custo final, sendo necessária a sua otimização; na avaliação de painéis de partículas de bagaço de cana-de-açúcar a utilização de 16% resina implica na avaliação dos custos finais desse novo componente e do painel, face ao aumento da percentual de resina.

Desta forma, face à escassez de bibliografia, há necessidade de pesquisas para a avaliação de doses de resina e de outros aglutinantes com desempenho satisfatório na confecção de painéis de partículas de bagaço de cana-de-açúcar e de fibras de eucalipto e aplicação de novas metodologias de análise para verificar a eficiência do espalhamento e a distribuição da resina nas células.



Tabela 2: Valores de ligação interna.

	Dosagem de resina (%fibra seca)		ABNT NBR
	13	16	15316
Ligação interna (N mm ⁻²)	0,56 b	0,77 a	Mínimo 0,55 N mm ⁻²

4. CONCLUSÕES

Os resultados verificados no presente trabalho permitem concluir que:

- O aumento do percentual de partículas de bagaço de cana-de-açúcar, associado à matriz fibrosa de eucalipto, promoveu redução no teor de formaldeído livre dos novos painéis obtidos em até 4,0 mg/100g, ou cerca de 17%.
- Das dosagens de resina uréia formol avaliadas, a de 16% de resina mostrou-se com melhor desempenho para a manufatura de painéis e com diferenças significativas comparativamente à dosagem de 13%;

5. AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de expressar seus sinceros agradecimentos à empresa Duratex S.A, ao LCF/ESALQ/USP, FAPESP e ao Eng. José Reinaldo S. Astolphi (*in memoriam*).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15316**: painel de fibra de média densidade. Rio de Janeiro, 2009.

CARNEIRO, A.C.O.; VITAL, B.R.; PEREIRA, F.A. Adesivos e sua importância na indústria madeireira. In: OLIVEIRA, J.T.S.; FIEDLER, N.S.; NOGUEIRA, M. (Org.). **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro II**. Vitória: UFES, 2007, cap. 4, p. 99 - 128.

IRLE, M.; BELLONCLE, C.; GUEZGUEZ, B. Free formaldehyde - Where can I find It ? In: INTERNATIONAL PANEL PRODUCTS SYMPOSIUM, 2008, Espoo. **Proceedings...** Espoo, 2008. p. 31 - 38.

KELLY, M.W. **A critical literature review of relation particles between processing parameters and physical properties of particleboard**. Madison: US Forest Products Laboratory, 1977. 66 p.

MALONEY, T.M. **Modern particleboard & dry process fiberboard manufacturing**. San Francisco: Miller Freeman, 1989. 672 p.

MULLEN, J.D. Formaldehyde-free adhesive system provides a cost-competitive, environmentally-friendly alternative for interior wood products market. In: INTERNATIONAL PANEL PRODUCTS SYMPOSIUM, 2008, Espoo. **Proceedings...** Espoo, 2008. p. 117-120.

PIZZI, A. **Advanced wood adhesives technology**. New York: Marcel Dekker, 1994. 289 p.