

Degradação térmica de painéis OSB provenientes de palha de cana-de-açúcar para fins construtivos

Giovanna de Oliveira Souza¹; Caio Cesar Faedo de Almeida²; Martha Andreia Brand¹; Geraldo Bortoletto Júnior²; Djelison Felipe Voos¹; Reny Aldo Henne¹

¹Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV); ² Universidade de São Paulo (USP), Departamento de Ciências Florestais do Campus da ESALQ/USP. – giovannaoliveira@hotmail.com

Resumo: O objetivo deste trabalho foi analisar a degradação térmica de painéis OSB por meio da análise termogravimétrica produzidos com palha de cana-de-açúcar e colados com adesivo fenol formaldeído (10%). As amostras dos painéis, secos em estufa, foram submetidos à análise térmica, em balança termogravimétrica. A combustão foi realizada desde a temperatura ambiente até 1000°C, a uma taxa de aquecimento de 10°C por minuto, até massa constante, em ambiente de ar atmosférico, sem controle da vazão de ar, com leituras em intervalos de 2 minutos. Os estágios de degradação térmica foram separados em três etapas: Etapa 1 (secagem), entre 50°C e 350°C; Etapa 2, entre 350 a 400°C e Etapa 3, entre 400°C a 1000°C (formação e queima do carvão). Os painéis mostraram-se estáveis termicamente, necessitando de altas temperaturas para ignição e queima na forma de chamas e perdendo a estrutura em temperaturas superiores a 400°C.

Palavras-chave: Termogravimetria; Resíduos agrícolas; Resistência ao fogo.

Thermal degradation of OSB panels made from sugarcane bagasse for construction purposes

Abstract: The objective of this work was to analyze the thermal degradation of OSB panels through thermogravimetric analysis. These panels were produced with sugarcane straw and bonded with a 10% phenol-formaldehyde adhesive. The samples of the panels, dried in an oven, were subjected to thermal analysis using a thermogravimetric balance. Combustion was carried out from room temperature to 1000°C at a heating rate of 10°C per minute until a constant mass was reached, in atmospheric air, without airflow control, with readings taken every 2 minutes. The stages of thermal degradation were divided into three steps: Step 1 (drying), between 50°C and 350°C; Step 2, between 350°C and 400°C; and Step 3, between 400°C and 1000°C (formation and burning of char). The panels showed thermal stability, requiring high temperatures for ignition and combustion in the form of flames, and losing their structure at temperatures above 400°C.

Keywords: Thermogravimetry; Agricultural residues; Fire resistance

INTRODUÇÃO

A madeira é uma matéria-prima frequentemente utilizada na indústria moveleira, construção civil e papeleira (FILHO *et al*, 2023). Da mesma forma que a



madeira sólida, a produção de painéis de madeira vem crescendo ao longo dos anos, com o objetivo de atender os setores que utilizam painéis como matéria-prima.

O OSB é um painel estrutural, considerado como uma segunda geração dos painéis waferboard, produzido a partir de partículas (lascas ou strands) de madeira, cuja camada interna pode estar disposta aleatória ou perpendicularmente às camadas externas (NASCIMENTO et al., 2015). Esses painéis são produtos utilizados para aplicações estruturais, como paredes, forros, pisos, componentes de vigas, embalagens, etc., tendo em vista suas características de resistência mecânica e boa estabilidade dimensional, competindo diretamente com o mercado de compensados (CÉSAR, 2011).

Segundo Figueroa e Moraes (2009), no Brasil, a combustibilidade da madeira e a insegurança diante de potenciais riscos relacionados a incêndios são consideradas restrições para a construção de edificações com sistemas estruturais em madeira, as quais são agravadas pelo não-financiamento de construções dessa natureza pelas instituições bancárias nacionais. Essa situação é fruto do desconhecimento do comportamento da madeira em relação ao fogo.

Desta forma, o uso da análise térmica pode indicar o comportamento de painéis em relação ao fogo. Segundo Mackenzie (1979), a análise térmica compreende um grupo de técnicas que medem a variação em uma propriedade física de uma amostra submetida a uma programação controlada de temperatura. De acordo com Pereira et al. (2009), dentre as técnicas de análise térmica mais usadas está a termogravimetria (TG), que acompanha a variação da propriedade física massa, enquanto a amostra é aquecida. Assim, a análise termogravimétrica (TGA) é a técnica que confere a propriedade de variação de massa de um material em função de temperatura programada por um determinado tempo, avaliando sua decomposição (DENARI; CAVALHEIRO, 2012). Já a Termogravimetria Derivada (DTG), ainda segundo os mesmos autores, nada mais é do que um arranjo matemático no qual a derivada da variação de massa em relação ao tempo (dm/dt) é registrada em função da temperatura ou tempo. Vem a ser a derivada primeira da TGA.

A partir da problemática de entender o comportamento de painéis em relação ao fogo, o objetivo deste trabalho foi analisar a degradação térmica de painel OSB para fins construtivos.



MATERIAL E MÉTODOS

Produção dos painéis

Para a produção do painel OSB foram utilizados resíduos da palha de cana-de-açúcar, proveniente de uma empresa sucroalcooleira localizada no Estado de São Paulo, Brasil. A palha de cana inicialmente apresentava teor de umidade próximo de 20%, e foi secada ao atingir teor de umidade próximo de 10%. Após a secagem foi realizada uma pré-classificação para retirada dos finos e de impurezas que houvessem junto à palha. Após esta classificação, procedeu-se a secagem em estufa, objetivando atingir um teor de umidade de 4+/- 1%.

A montagem dos painéis foi realizada em 3 camadas, na proporção 25:50:25 para as camadas de face, miolo e face, respectivamente. As dimensões finais do painel foram de 47 x 47 x 1,57 cm, em comprimento, largura e espessura, com densidade nominal de 0,65g/cm³, a resina utilizada foi Fenol Formaldeído (FF) a 10% com base no peso seco das partículas de palha, a emulsão de parafina foi de 1% com base no peso seco das partículas de palha.

A prensagem foi realizada a quente na temperatura de 180°C, pressão específica de 35 kgf/cm² e tempo de prensagem de 10 minutos, sendo um minuto para o fechamento total, um minuto para a abertura total da prensa, e 8 minutos de prensagem efetiva.

Análise Termogravimétrica

Para a realização das análises foi utilizada uma balança termogravimétrica, modelo TGA 2000 (*Automatic Multiple Sample Termogravimetric Analyser*), marca NAVAS Instruments.

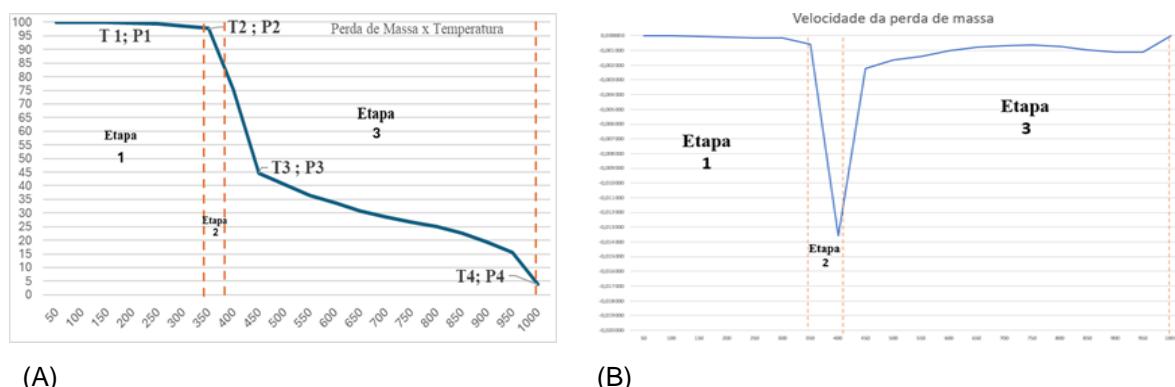
Para a caracterização térmica, as amostras foram pesadas para terem massa aproximada de 2 g para cada repetição, totalizando três repetições. Após a pesagem, os corpos de prova foram secos em estufa por 24h em temperatura de 103°C, antes da análise termogravimétrica.

A análise de decomposição térmica foi conduzida desde a temperatura ambiente até 1000°C, com uma taxa de aquecimento de 10°C por minuto, em ambiente de ar atmosférico e sem controle da vazão de ar. As medições de



temperatura e pesagem foram feitas a cada 2 minutos até que se alcançasse massa constante. A partir dos resultados obtidos, foram elaborados gráficos onde foi possível observar a curva termogravimétrica (TG), utilizada para avaliar a perda de massa em função da temperatura (Figura 1), e a curva da derivada (DTG) onde observa-se a velocidade da perda de massa obtida da primeira derivada corrigida da massa em função da temperatura (Dm/DT) (Figura 2).

Figura 1. Forma de análise da curva TG, para a obtenção das temperaturas e perda de massa nas três etapas da degradação térmica (A) e da curva DTG, para a obtenção da temperatura de maior velocidade de perda de massa (T_{DTG}) e perda de massa (M_{DTG}) (B).



Onde: T_1 = temperatura da etapa 1; P_1 = perda de massa da etapa 1; T_2 = temperatura da etapa 2; P_2 = perda de massa da etapa 2; T_3 = temperatura da etapa 3; P_3 = perda de massa da etapa 3; T_{DTG} = temperatura de velocidade de perda de massa; M_{DTG} = perda de massa até a maior temperatura de perda de massa.

A fim de se obter as temperaturas (T_1 , T_2 , T_3 e T_4) e perda de massa (P_1 , P_2 , P_3 e P_4), a degradação térmica do painel foi dividida em três fases. Fase 1: secagem, entre 50 a 350°C; Fase 2: pirólise ativa, entre 350 a 400 °C; e Fase 3, queima do carbono fixo, entre 400 a 1000 °C.

A zona de secagem corresponde à remoção de umidade e matéria volátil leve, enquanto a zona de desvolatilização corresponde à pirólise ativa. Na zona de formação de carvão, a ruptura e a desmetilação da lignina levam à formação de carvão (COLLARD; BLIN, 2014).

A temperatura 1 (T_1) e a perda de massa 1 (P_1) foram obtidas na temperatura em que houve o início da perda de massa, com alteração da massa de 100% para o primeiro valor inferior a este. A perda de massa em todos os pontos (P_1 , P_2 , P_3 , P_4 e $PDTG$) foi calculada com base na Equação 1.

$$P (\%) = 100 - m$$

Equação 1

Onde: P = perda de massa por etapa (porcentagem); m = massa remanescente obtida na temperatura (T_1 , T_2 ... $TDTG$) do ponto de inflexão da curva.



As temperaturas T2 e P2, T3 e P3 foram obtidas nos pontos de inflexão da curva que representavam o início da Etapa 2 e 3, respectivamente.

A temperatura T4 e P4 foram obtidas no momento da estabilização da massa, sendo que P4 representa, portanto o teor de cinzas dos painéis (TC). A T DTG (Figura 2) e a P DTG foram obtidas na maior depressão da curva DTG, sendo o ponto de maior velocidade de perda de massa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Etapa 1 da degradação térmica (Figura 2) é caracterizada pela secagem do material. Nela é possível observar (Tabela 1) que a secagem do painel OSB de cana de açúcar iniciou na temperatura de 99°C. A perda de massa nessa etapa foi pequena, isso porque as amostras foram secas em estufa anteriormente.

Figura 2. Perda de massa durante a degradação térmica do painel OSB de palha de cana de açúcar.

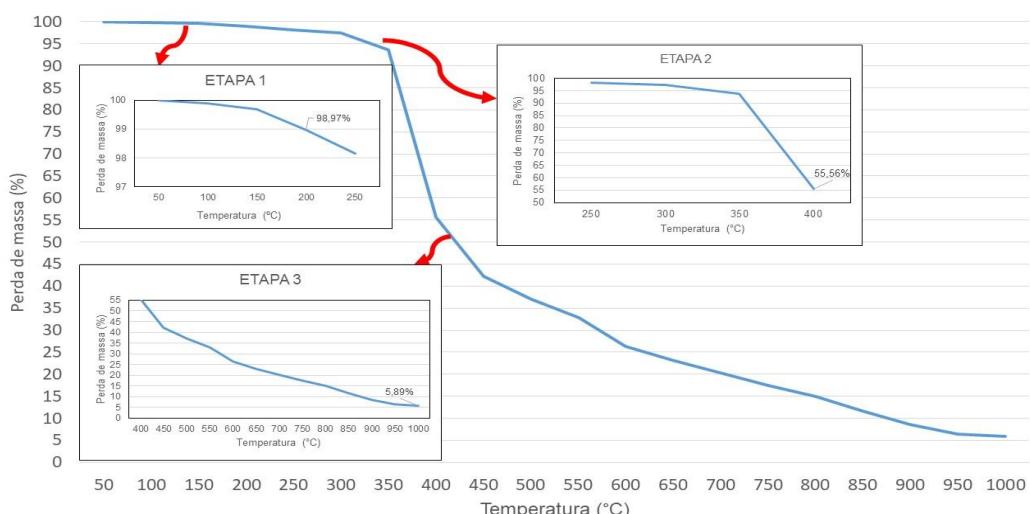


Tabela 1. Etapas de degradação térmica de painéis OSB de palha de cana de açúcar.

	Etapa 1	Etapa 2	Etapa 3
Temperatura do início da etapa (°C)	99,00	345	418
Perda de massa do início ao término da etapa (%)	6,34	48,31	39,46
Massa remanescente a 1000°C (%)	5,89		

No trabalho realizado por Silva (2006) que caracterizou termicamente o bagaço de cana (antes da incorporação no painel), o autor concluiu que a matéria-prima



começou a perder água a partir de 125°C até 170°C. Silva (2006) realizou a análise térmica em um intervalo desde a temperatura ambiente até 375°C em ambiente de nitrogênio. No trabalho apresentado aqui, a perda de massa iniciou em temperatura menor, mesmo estando em estado compactado na forma de painel OSB. A diferença entre estes resultados pode ser atribuída a presença da resina e parafina no painel, como também foi observado por Freitas e Lenz (2019).

Freitas e Lenz (2019) encontraram em seu estudo sobre a degradação térmica de painéis OSB produzidos com Acácia Negra e fenol formaldeído como adesivo, dois picos de perda de massa na primeira etapa da degradação, o primeiro entre 38-40°C e o segundo entre 63-68°C. Essa perda de massa pode ser atribuída à perda de água na forma de vapor (umidade) e outros compostos altamente voláteis como a parafina (YORULMAZ e ATIMTAY, 2008).

A etapa 2 (Figura 2) é definida pela ignição e queima dos voláteis (pirólise ativa). Nesta etapa é onde houve a maior perda de massa. Nesta etapa ocorre a produção de chamas. Os painéis de OSB apresentaram alta temperatura para emissão, ignição e queima do material na forma de chamas. Isso é positivo, pois demonstra a estabilidade térmica deste produto frente ao fogo.

A última etapa da degradação térmica (Figura 2) é definida pela queima do carbono fixo, ou seja, a queima do produto na forma de carvão e onde ocorre a desintegração da estrutura da madeira, pela degradação da celulose e perda da lignina, e, portanto, perda da resistência mecânica do produto. A temperatura em que esta etapa se inicia é próxima da temperatura da etapa 2, com perda de massa menor que nesta etapa, até a estabilização da mesma com 1000°C.

Marková *et al.* (2022) estudaram a ignição por calor radiante de painéis OSB colados com melamina formaldeído e afirmam que o painel OSB, geralmente tem valores de tempo para ignição mais altos, ou seja, eles suportam o efeito do calor radiante por mais tempo quando comparados ao MDP.

A temperatura de maior velocidade de perda de massa foi alta, na etapa 2, conforme esperado, bem próxima da temperatura do início da Etapa 3 (Figura 3 e Tabela 2).

Figura 3. Temperatura da maior velocidade de perda de massa de painéis OSB de palha de cana de açúcar.

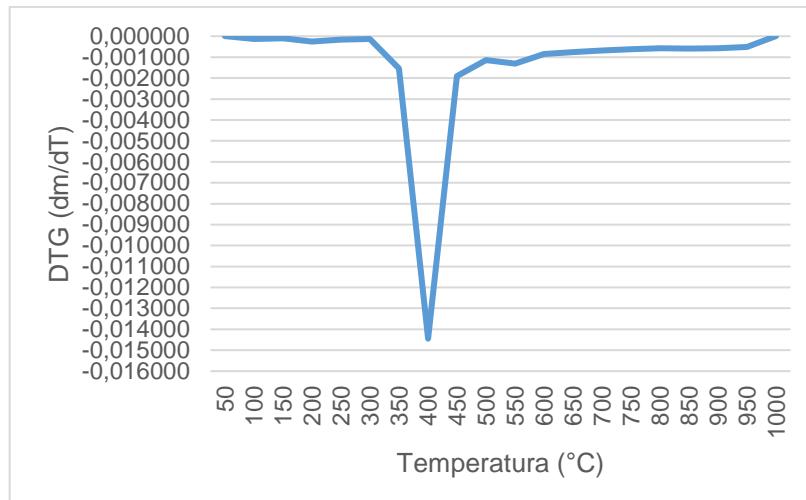


Tabela 2. Temperatura de estabilização da massa, teor de cinzas, temperatura e perda de massa total na temperatura de maior velocidade de perda de massa

T4 (°C)	TC (%)	T DTG (°C)	P DTG (%)
1001	5,89	390,33	44,44

Onde: T4= temperatura de estabilização da massa; TC= teor de cinzas; T DTG= temperatura de maior perda de massa; P DTG= perda de massa na maior temperatura.

Freitas e Lenz (2019) no estudo de painéis OSB produzidos com Acácia Negra, encontraram nas curvas DTG que o início da degradação térmica foi em torno de 250°C, bem inferior a temperatura observada para os painéis OSB de palha de cana-de-açúcar.

Osvald *et al.* (2020) não levaram em consideração a influência do material de ligação (cola e outros aditivos) na degradação térmica da superfície do OSB. Os mesmos autores encontraram que a resistência ao fogo dos painéis de OSB é influenciada por mudanças nas propriedades mecânicas quando expostos a fontes de calor radiante. Os painéis do estudo foram expostos a fontes de calor radiante com potências de 1000 W e 2000 W, a uma distância de 50 mm da fonte de calor, porém não mencionam a temperatura utilizada para avaliação.

CONCLUSÃO

Os painéis OSB de palha de cana-de-açúcar mostraram-se estáveis termicamente, necessitando de altas temperaturas para ignição e queima na forma de chamas e perdendo a estrutura em temperaturas superiores a 400°C.

REFERÊNCIAS

- CÉSAR, Antônia Amanda da Silva. **Estudo da interação adesivo-partícula em painéis OSB (Oriented Strand Board)**. 2011. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia da Madeira). Universidade Federal de Lavras, Lavras- MG, 2011.
- DENARI, G. B.; CAVALHEIRO, E. T. G. Princípios e aplicações de análises térmicas. São Carlos: IQSC, 2012. 40 p.
- FIGUEROA, M. J. M.; MORAES, P. D. de. Comportamento da madeira a temperaturas elevadas. **Ambiente construído**, v. 9, p. 157-174, 2021.
- FILHO, L. E. C.; STEIGENBERGER, A. C.; MARTINS, R. H. B. M.; JÚNIOR, W. E. L. J.; FAVARIM, H. R.; PALLONE, E. M. J. A.; FREIRE, M. T. A.; TOSI, M. M.; FIORELLI, J. Painéis de fibras orientadas de madeira residual de reflorestamento com nanopartículas de Al₂O₃. **Culturas e produtos industriais**. v. 200, Parte A, 2023.
- MACKENZIE, R.C. Thermochim. Acta, 28, 1 (1979).
- MARKOVÁ, I.; IVANICOVÁ, M.; OSVALDOVÁ, L. M.; HARANGÓZO, J.; TUREKOVÁ, I.. Ignition of Wood-Based Boards by Radiant Heat. **Forests**, v. 13, n. 10, p. 1738, 2022.
- NASCIMENTO, M. F.; BERTOLINI, M.S.; PANZERA, T.H.; CHRISTOFORO, A.L.; LAHR, F.A.R. Painéis OSB Fabricados Com Madeiras da Caatinga do Nordeste do Brasil. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 15, n. 1, p. 41-48, jan./mar. 2015.
- OSVALD, A.; TEREŇOVÁ, L.; ŠTEFKOVÁ, J. The Impact of Radiant Heat on Flexural Strength and Impact Toughness in OSB Panels. **Delta**. 14, 26–35.2020.
- PEREIRA, JÚNIA G. et al. Termogravimetria: um novo enfoque para a clássica determinação de cálcio em cascas de ovos. **Química Nova** [online]. 2009, v. 32, n. 6. pp. 1661-1666.
- SILVA, Antônio Jorge Praga da. **Aplicação de partículas longas e orientadas de bagaço de cana-de-açúcar na produção de painel particulado similar ao OSB**. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais). Universidade de São Paulo. São Carlos. 2006.
- YORULMAZ, S. Y e ATIMTAY, A. Y. Investigation of combustion Kinetics and untreated waste wood samples with thermogravimetric analysis. **Fuel Processing Technology**. v.90, n.1, p. 939-946. 2009.