

## CARACTERIZAÇÃO ENERGÉTICA DA MADEIRA E CASCA DE EUCALIPTO PELA ANÁLISE TERMOGRAVIMÉTRICA

Yasmin Carvalho Borges<sup>1</sup>; Vitória Gabrieli de Freitas Borges<sup>1</sup>; Aylson Costa Oliveira<sup>1</sup>;  
Bárbara Luísa Corradi Pereira<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso (UFMT), Cuiabá/MT, Brasil.

\* e-mail do autor correspondente: [yasmincb123@hotmail.com](mailto:yasmincb123@hotmail.com)

**Resumo:** O objetivo do trabalho foi avaliar a degradação térmica da madeira e casca de um clone de eucalipto (*E. urophylla*). Foram obtidas amostras de madeira e casca das árvores para a determinação da degradação térmica em atmosfera de ar seco, de 150 a 750°C. As curvas de TGA e DTGA evidenciaram dois estágios da combustão. O primeiro compreendido entre as temperaturas de 250°C e 350°C, com maior volatilização e maior degradação térmica evidenciadas pela perda da massa, sendo 65,58% e 50,39% para madeira e casca, respectivamente. A partir de temperaturas próximas a 400°C verificou-se que a degradação térmica tanto da madeira quanto da casca se tornou menor. Conclui-se que a casca e a madeira possuem comportamentos distintos e quando a lenha for composta por parte significativa de casca, essa vai influenciar no processo de combustão.

**Palavras-chave:** TG/DTG; Degradação térmica; Perda de massa

## CHARACTERIZATION OF THERMOGRAVIMETRIC ANALYSIS OF WOOD AND EUCALYPTUS BARK FOR ENERGY PURPOSES

**Abstract:** The objective of this work was to evaluate the thermal degradation of wood and bark of a eucalyptus clone (*E. urophylla*). Wood and tree bark samples were obtained to determine the thermal degradation in a dry air atmosphere, from 150 to 750°C. The TGA and DTGA curves showed two stages of combustion. The first comprised between temperatures of 250°C and 350°C, with greater volatilization and greater thermal degradation evidenced by the loss of mass, being 65.58% and 50.39% for wood and bark, respectively. From temperatures close to 400°C, it was found that the thermal degradation of both wood and bark became smaller. It is concluded that bark and wood have different behaviors and when the firewood is composed of a significant part of bark, this will influence the combustion process.

**Keywords:** TG/DTG; Thermal degradation; Weight loss

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a lenha é responsável por 7,5% da produção de energia primária, sendo destinada a geração de energia elétrica, produção de carvão vegetal e empregada no consumo para setores diversos como residencial e comercial [1]. As variações na qualidade da madeira de eucalipto ocorrem em nível de sua composição química e propriedades físicas, podendo ser detectadas significativas diferenças em virtude da sua heterogeneidade [2]. A presença da casca em relação à madeira, em altos teores, pode influenciar na decomposição térmica da lenha e conseqüentemente no seu uso e qualidade para a geração de energia.

A combustão da lenha provoca a decomposição térmica dos componentes químicos constituintes desse material. Esses, por sua vez, apresentam diferenças quanto a degradação. Em virtude da complexidade deste processo, torna relevante a análise termogravimétrica uma vez que a madeira é heterogênea e, em relação a casca, possui um determinado comportamento quanto à velocidade de perda de massa durante a combustão [3].

Logo, o presente trabalho tem como objetivo caracterizar a degradação térmica da madeira e casca de eucalipto a fim de definir o uso potencial de diferentes materiais para a produção de energia.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Local de estudo e delineamento experimental

Para a realização deste estudo, utilizou-se um clone de eucalipto (*E. urophylla*) proveniente de um teste clonal pertencente à empresa Ziani Florestal, cuja localização é no município de Tangará da Serra - Mato Grosso, nas coordenadas geográficas 14°15'03" S de latitude e 57°41'59" W de longitude. A idade do plantio era de oito anos (92 meses), cultivado em espaçamento de 3 x 2 metros, em delineamento em blocos distribuídos ao acaso.

### 2.2 Obtenção e preparo de amostras

Selecionaram-se três árvores de diâmetro médio e, de cada uma, cinco discos de 10 cm de espessura foram amostrados, correspondentes a 0, 25, 50, 75 e 100% da altura comercial do tronco, definida até o diâmetro de 7 cm. De cada disco, foram retiradas cunhas opostas e a casca foi retirada manualmente, obtendo-se uma amostra composta para cada árvore, de casca e madeira. Posteriormente, as amostras foram transformadas em serragem em moinho tipo Wiley e classificadas entre as peneiras com malhas de 40 e 60 mesh.

### 2.3 Análise termogravimétrica

Para análise termogravimétrica das amostras de madeira e casca, foram utilizados os equipamentos DTG-60H (Shimadzu) e SDT Q-600 (TA Instruments). As análises foram realizadas sob ar atmosférico seco, a uma vazão constante de 100 ml.min<sup>-1</sup>, utilizando-se aproximadamente 8 mg, em cápsula de alumina aberta, de 150 °C até a temperatura máxima de 800 °C, com taxa de aquecimento de 20 °C.min<sup>-1</sup>. A curva termogravimétrica (TG) foi obtida para avaliar a perda de massa do material, ao longo do tempo, em função da temperatura. A partir dessa, por diferenciação, foi obtido a curva da derivada primeira da perda de massa (DTG) da variação de massa em relação à temperatura (dm/dT). As temperaturas, inicial (Ti) e final (Tf), que indicam o início e o final do processo de combustão, foram definidas com base na variação da taxa de combustão, superior e inferior a 1%/°C, respectivamente. Por fim, os picos de degradação térmica foram identificados por meio dos pontos de inflexão das curvas DTG.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comparação das curvas termogravimétricas (TG) e as derivadas (DTG) da combustão de madeira e da casca de eucalipto são apresentadas na Figura 1. Na Tabela 1 observa-se a perda de massa, em diferentes faixas de temperatura de 150 a 750 °C, e a massa residual em 750 °C, para ambos os materiais avaliados. Observou-se que a combustão dos dois materiais ocorre em dois principais estágios e são similares ao trabalho de [4] ao avaliarem diferentes biomassas florestais e madeira de eucalipto.

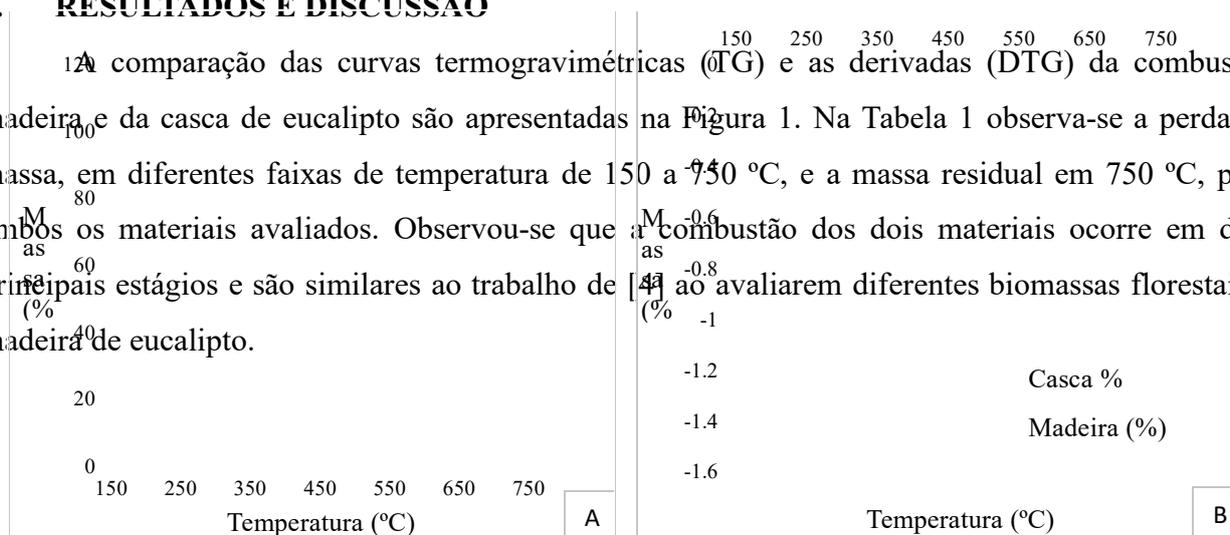


Figura 1: (A) Curvas de perda de massa (TGA) e de (B) análise térmica diferencial (DTG) para madeira e casca de eucalipto em atmosfera de ar seco.

Tabela 1: Perda de massa e massa residual, em porcentagem, da madeira e casca ao longo de diferentes faixas de temperatura

Material	Perda de massa (%)						Massa Residual
	150-250°C	250-350°C	350-450°C	450-550°C	550-650°C	650-750°C	
Madeira	2,87	65,58	21,45	8,19	0,38	0,13	1,39
Casca	7,58	50,48	34,90	2,15	1,42	0,27	3,20

Na faixa de temperatura compreendida entre 150 e 250 °C (Tabela 1), a perda de massa foi menor para a madeira (2,87%). Para a casca, houve perda de massa de 7,58% e esse valor pode estar relacionado ao início da degradação de substâncias presentes no material. A temperatura inicial e final da degradação da casca foi de 222 e 456 °C, respectivamente. Já para a madeira, a temperatura inicial foi em torno de 243 e 475 °C para a temperatura final.

O primeiro estágio da combustão está compreendido até 340 e 370 °C para casca e madeira, respectivamente. Entre as temperaturas de 250 e 350 °C, as maiores volatilizações e degradação térmica são evidenciadas pela perda da massa, sendo 65,58 e 50,39% para madeira e casca, nessa ordem (Tabela 1). Para a madeira, nota-se dois picos consecutivos de intensa decomposição térmica, nas temperaturas 282 e 321 °C. O primeiro pico pode ser atribuído à despolimerização das hemiceluloses, polímeros mais susceptíveis à ação do calor devido à estrutura menos complexa. Já o segundo pico está relacionado com a degradação da celulose [5]. Observou-se um pico de degradação da casca no primeiro estágio que começa em uma temperatura mais baixa e é consideravelmente menor do que a da madeira (Figura 1B). Conforme a literatura, a quantidade de celulose presente na madeira é maior que a da casca, o que favorece a ocorrência de picos maiores para a madeira.

O segundo estágio da combustão ocorreu entre as temperaturas 402 e 501 °C, para a madeira e 342 e 491 °C, para a casca e corresponde decomposição térmica da lignina e do carbono fixo formado no primeiro estágio. Para a madeira, observou-se um pico de degradação (Figura 1B), em aproximadamente, 455 °C, enquanto, para a casca, foram dois picos, em 402 e 450 °C. A lignina é o componente degradado de forma mais lenta quando comparada com os demais, sendo decomposta em uma faixa de temperatura que varia de 150 a 900 °C, evidenciando a estabilidade dessa substância e elevada resistência à temperatura [6]. A casca apresentou curvas menos acentuadas podendo ser explicado pelo maior percentual de lignina presente nas paredes celulares extensas das

esclereides e fibras no floema da casca [7].

A perda de massa entre 350 e 450 °C foi significativa para casca e madeira. Em temperaturas acima de 500 até 750 °C as perdas de massa foram mínimas (Figura 1A e Tabela 1) para ambos os materiais. A massa residual em 750 °C é maior na casca em virtude do maior teor de cinzas presente na casca. Além disso, as cascas são mais heterogêneas do que as madeiras na proporção de componentes químicos, diferindo entre as seções interna e externa da casca. Vale salientar que as cascas de árvores possuem suberina, contêm maiores teores de inorgânicos e extrativos, bem como menores teores de celulose do que as madeiras [8].

#### 4. CONCLUSÕES

As cascas do clone de eucalipto avaliado são mais estáveis quando comparadas a madeira e, portanto, quando a lenha for composta por parte significativa de casca, essa vai influenciar no comportamento térmico de combustão.

#### 5. REFERÊNCIAS

- [1] Brasil. Ministério de Minas e Energia. Empresa de Pesquisa e Energia - EPE. Balanço Energético Nacional: relatório síntese. Rio de Janeiro: RJ, 2021. 24 p.
- [2] Viana, A. C. C.; Moraes, P. D.; Weingaertner, W. L. Pedrazzi, C. Cordeiro, I. P. Finger, M. R. Caracterização física e química das madeiras de pinus e de Itaúba. Madeiras Nativas e Plantadas do Brasil: Qualidade, Pesquisas e Atualidades- Volume 2. 2021. 102-116.
- [3] Carneiro, A. C. O.; Santos, R. C.; Castro, R. V. O.; Castro, A. F. N. M.; Pimenta, A. S.; Pinto, E. M.; Alves, I. C. N. Estudo da decomposição térmica da madeira de oito espécies da Região do Seridó, Rio Grande do Norte. *Árvore*, v. 37, n. 6, 2013.
- [4] Protásio, T. P. Assessing Proximate Composition, Extractive Concentration, and Lignin Quality to Determine Appropriate Parameters for Selection of Superior *Eucalyptus* Firewood. *BioEnergy Research*. V. 12, p. 626–641. 2019.
- [5] Dias, O. A.; Simonelli, G. Qualidade da madeira para a produção de celulose e papel. *Enciclopédia biosfera, Centro Científico Conhecer - Goiânia*, v. 9, n. 17; p. 3632-3646, 2013.
- [6] Fermanelli, C. S.; Córdoba A.; Pierella, L. B.; Saux, C. Pyrolysis and copyrolysis of three lignocellulosic biomass residues from the agro-food industry: A comparative study. *Waste Management*. 2020; (102): 362-370.
- [7] Brito, J. O.; Barrichelo, L. E. G. Características do eucalipto como combustível: análise química imediata da madeira e da casca. *IPEF*, n.16, p.63-70, 1978.
- [8] Sen, A. U.; Pereira, H. State-of-the-Art Char Production with a Focus on Bark Feedstocks: Processes, Design, and Applications. *Processes*, 9, 87. 2021.