

ANÁLISE TÉRMICA DA MADEIRA DE *EUCALYPTUS DUNNII* TRATADA COM QUELATO DE COBRE E CARBAMATOS

EZEQUIEL GALLIO¹; NIDRIA DIAS CRUZ²; LAÍSE GUERREIRO²; HENRIQUE RÖMER SCHULZ²; RAFAEL BELTRAME²; DARCI ALBERTO GATTO³

¹Universidade Federal de Pelotas – egeng.florestal@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – nidria_cruz@hotmail.com; laiseguerreiro.efl@gmail.com; henriqueschulz09@hotmail.com; beltrame.rafael@yahoo.com.br

³Universidade Federal de Pelotas – darcigatto@yahoo.com

1. INTRODUÇÃO

Visando o emprego da madeira na construção civil ou fabricação de móveis, além das propriedades físicas e mecânicas, fazem-se necessários estudos que abordem o detalhamento acerca de outras características tecnológicas, tais como a durabilidade e a estabilidade térmica da mesma. Por se tratar de um material orgânico passível de deterioração, em função, dentre outros, da ação de agentes bióticos (fungos, cupins) e físicos (sol, chuva, umidade e temperatura), a madeira necessita da aplicação de produtos que visem aumentar sua durabilidade frente a esses agentes deterioradores (VIDAL et al., 2015).

Essa melhora pode ser obtida por meio do tratamento de proteção da madeira com diferentes princípios ativos, como o quelato de cobre e os carbamatos. Enquanto os carbamatos possuem ação inseticida o quelato de cobre atribui à madeira resistência aos fungos (PORTO, 2010; AVELAR, 2012). Entretanto, pouco se sabe sob o efeito desses princípios ativos na estabilidade térmica dos componentes estruturais da madeira.

Os perfis de degradação térmica da madeira podem ser determinados por meio de análise termogravimétrica (TGA), possibilitando verificar a tendência de degradação térmica dos componentes estruturais (celulose, hemiceluloses e lignina) em distintas faixas de temperatura (VIDAURRE et al., 2012). Essa informação possui grande importância para a conversão da madeira em energia, bem como, para a seleção de espécies madeireiras adequadas para a obtenção de materiais compósitos à base de madeiras e polímeros (BIANCHI et al., 2010; SANTOS et al., 2012).

Assim, em função da escassez de estudos relacionando a estabilidade térmica da madeira em função do tratamento com quelato de cobre e carbamatos, este trabalho consistiu em verificar a influência que diferentes concentrações desses princípios ativos exercem na estabilidade térmica da madeira de *Eucalyptus dunnii* Maiden.

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho, utilizaram-se corpos de prova de *Eucalyptus dunnii* Maiden (25 mm x 25 mm x 9 mm, dimensionados nos planos anatômicos tangencial, radial e longitudinal, respectivamente), com 28 anos de idade, tratados com diferentes concentrações (2%, 4% e 6%) do produto com princípios ativos de quelato de cobre e carbamatos (QCC).

Os corpos de prova foram submetidos a processo de moagem em moinho de facas (tipo Wiley) e o material resultante passou por um conjunto de peneiras com malhas de 40 e 60 meshs, respectivamente, sendo utilizado para a análise termogravimétrica (TGA) o material retido na malha de 60 meshs.

A análise termogravimétrica, sem repetições, foi executada em analisador termogravimétrico de múltiplas amostras modelo TGA 1000, marca Navas Instruments, localizado no curso de Engenharia Industrial Madeireira (EIM), da Universidade Federal de Pelotas (UFPEl).

Para realizar a análise termogravimétrica, foram adotados os seguintes parâmetros: primeira rampa de aquecimento de 0 à 105 °C para a determinação da umidade, segunda rampa de aquecimento para a análise do material de 105 à 600 °C, a taxa de aquecimento utilizada foi de 10 °C.min⁻¹ e fluxo de gás nitrogênio de 2 L.min⁻¹.

A partir dos resultados obtidos determinaram-se as perdas de massa em distintas faixas de temperatura (35 °C à 100 °C, 100 °C à 200 °C, 200 °C à 300 °C, 300 °C à 400 °C, 400 °C à 500 °C e 500 °C à 600 °C), quantificando-se também a massa residual.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas regiões correspondentes principalmente à perda de massa em função do teor de umidade (região 1), da degradação das hemiceluloses e voláteis (região 2) e da celulose (região 3), nota-se relação direta entre a perda de massa e a concentração de quelato de cobre e carbamatos (Figura 1). Já acima dos 350 °C, observa-se tendência de inversão no perfil de degradação entre as concentrações de 2% e 4%, principalmente.

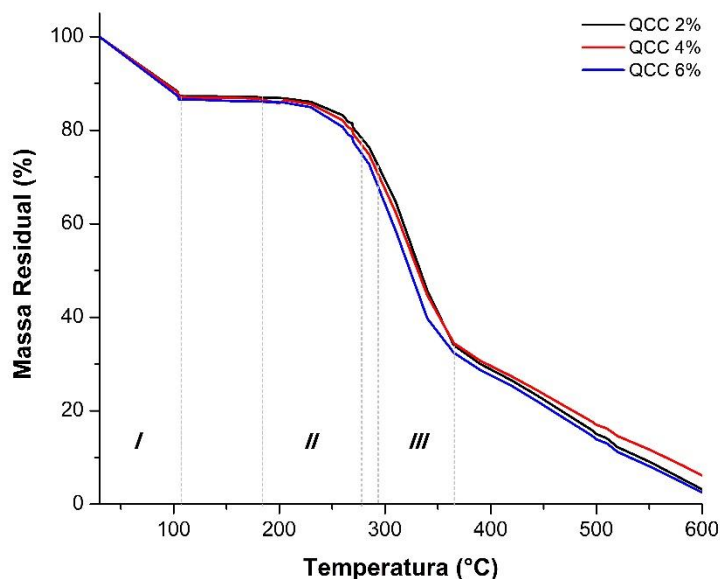


Figura 1 – Termograma para a madeira de *E. dunnii* tratada com diferentes concentrações de quelato de cobre e carbamatos (QCC).

Mudanças de componentes químicos recorrentes da troca de grupos funcionais entre a madeira (grupos OH⁻) e a solução contendo o princípio ativo (QCC) podem acarretar variações na capacidade que a madeira possui em absorver e perder umidade.

Considerando que o cobre é bom condutor de calor, e pelo fato das hemiceluloses serem consideradas os componentes químicos da madeira com menor estabilidade térmica (ALFREDSEN et al., 2012), o aumento da quantidade de cobre no interior da madeira pode aumentar a condutividade térmica da mesma, facilitando assim a degradação térmica desse material.

A lignina sofre com a termodegradação desde as menores faixas de temperatura, entretanto, devido ser um componente químico de estruturação complexa, degrada-se lentamente com o aumento da temperatura (YANG et al., 2007). Considerando o perfil de degradação térmico varia em função de diferentes espécies e componentes químicos (MOHAN et al., 2006), a alteração de grupos funcionais possivelmente afetou a cinética de degradação da lignina, bem como, à dos quelatos de cobre e carbamatos.

Observando a Tabela 1, nota-se que as maiores perdas de massa concentraram-se na região de 300 à 400°C, observando-se a tendência de redução da perda de massa em função do aumento da concentração de QCC, indicando melhora na estabilidade térmica da madeira de *E. dunnii* nessa região.

Tabela 1 – Perdas de massa em distintas faixas de temperatura do *E. dunnii* tratado com diferentes concentrações de quelato de cobre e carbamatos (QCC).

Temperatura (°C)	Tratamentos		
	QCC 2%	QCC 4%	QCC 6%
35 - 100	8,07	8,05	9,54
100 - 200	5,02	6,17	4,49
200 - 300	17,50	18,37	21,74
300 - 400	40,57	37,83	36,64
400 - 500	13,81	12,61	13,71
500 - 600	11,86	10,86	11,38
Massa residual	3,17	6,13	2,50

Analisando a estabilidade térmica de oito espécies madeireiras, CARNEIRO et al. (2013) observaram uma perda de massa de 40,75%, assemelhando-se à este estudo. A maior perda de massa nessa região (associa-se principalmente à degradação da celulose, mesmo esse componente químico apresentando a maior estabilidade térmica (SEBIO-PUÑAL et al., 2012), sendo que o sua maior intensidade de decomposição ocorre à uma temperatura de aproximadamente 350 °C (PEREIRA et al., 2013).

Já acima dos 400 °C, observou-se que a concentração média (4%) gerou melhora na estabilidade térmica frente às demais, possivelmente devido à degradação da lignina, caracterizada por ser estruturalmente complexa.

4. CONCLUSÕES

O aumento da concentração acarretou melhora na estabilidade térmica principalmente na faixa de temperatura de 300 à 400 °C. No geral, a melhor concentração de quelato de cobre e carbamatos, visando a estabilidade térmica da madeira, foi a de 4%, enquanto a pior foi a de 6%.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFREDSEN, G.; BADER, T. K.; DIBDIAKOVA, J.; FILBAKK, T.; BOLLMUS, S.; HOFSTETTER, K. Thermogravimetric analysis for wood decay characterization. **European Journal of Wood and Wood Products**, v. 70, n. 4, p. 527-530, 2012.

AVELAR, L. M. M. P. R. **Ensaio de biocontaminação por microfungos em vários tipos de polímeros**. 2012. 70 f. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade

e Biotecnologia Vegetal) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal, 2012.

BIANCHI, O.; DAL CASTEL, C.; OLIVEIRA, R. V. B.; BERTUOLI, P. T.; HILLIG, E. Avaliação da degradação não-isotérmica de madeira através de termogravimetria-TGA. **Polímeros**, v. 20, n. especial, p. 395-400, 2010.

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. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 37, n. 6, p. 1153-1163, 2013.

MOHAN, D.; PITTMAN, C. U.; STEELE, P. H. Pyrolysis of wood / biomass for bio-oil: a critical review. **Energy Fuels**, v. 20, n. 3, p. 848-849, 2006.

PEREIRA, B. L. C.; CARNEIRO, A. C. O.; CARVALHO, A. M. M. L.; TRUGILHO, P. F.; MELO, I. C. N. A.; OLIVEIRA, A. C. Estudo da degradação térmica da madeira de *Eucalyptus* através de termogravimetria e calorimetria. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 37, n. 3, p. 567-576, 2013.

PORTO, A. L. G. **Questões de preservação de bens culturais: a madeira como objeto de estudo**. 2010. 266 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Comissão de Pós-graduação, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, São Paulo, 2010.

SANTOS, R. C.; CARNEIRO, A. C. O.; TRUGILHO, P. F.; MENDES, L. M.; CARVALHO, A. M. M. L. Análise termogravimétrica em clones de eucalipto como subsídio para a produção de carvão vegetal. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 143-151, 2012.

SEBIO-PUÑAL, T.; NAYA, S.; LÓPEZ-BECEIRO, J.; TARRÍO-SAAVEDRA, J.; ARTIAGA, R. Thermogravimetric analysis of wood, holocellulose, and lignin from five wood species. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, v. 109, n. 3, p. 1163-1167, 2012.

VIDAL, J. M.; EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. C.; JANKOWSKY, I. P. Preservação de madeiras no Brasil: histórico, cenário atual e tendências. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 257-271, 2015.

VIDAURRE, G. B.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; SANTOS, R. C.; VALLE, M. L. A. Propriedades energéticas da madeira e do carvão de paricá (*Schizolobium amazonicum*). **Árvore**, Viçosa-MG, v. 36, n. 2, p. 365-371, 2012.

YANG, H.; YANG, R.; CHEN, H.; LEE, D. H.; ZHENG, C. Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis. **Fuel**, v.86, p.1781–1788, 2007.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), a CMPC celulose Riograndense e a Montana Química pela concessão da bolsa de doutorado, doação da madeira de *Eucalyptus dunnii* Maiden e do produto para tratamento da madeira, respectivamente.