

EFEITOS DO TEMPO E TEMPERATURA DE TERMORRETIFICAÇÃO NA DEGRADAÇÃO TÉRMICA DA MADEIRA DE *Eucalyptus botryoides*

WILLIAM GAMINO GÜTHS¹; RAFAEL DE ÁVILA DELUCIS²; RAFAEL BELTRAME²; DARCI ALBERTO GATTO³

¹Universidade Federal de Pelotas – williamguths@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – r.delucis@hotmail.com; beltrame.rafael@yahoo.com.br

³Universidade Federal de Pelotas – darcigatto@yahoo.com.br

1. INTRODUÇÃO

Segundo HILL et al. (2006), a termorretificação é um processo de modificação de peças de madeira a partir da aplicação de calor até altas temperaturas, que podem variar entre 180 e 260 °C. A termorretificação é um processo ecoeficiente de preservação da madeira, que evita o uso de produtos químicos tóxicos, contribuindo para a diminuição do impacto ambiental causado por tratamentos químicos (CADEMARTORI et al. 2013).

Geralmente, esse tipo de tratamento tem como objetivo melhorar a resistência à degradação biológica e a estabilidade dimensional do material (BORGES & QUIRINO, 2004; PASTORE, 2004; WELZBACHER et al., 2007; MOURA et al., 2012). Entretanto, há efeitos colaterais advindos das modificações ocasionadas pelo tratamento, as quais refletem principalmente na resistência e rigidez mecânica da madeira.

De acordo com FIGUEROA (2008), durante a faixa de temperatura utilizada para tratar a madeira termicamente, ocorre a perda parcial de alguns constituintes da madeira, como a hemicelulose, a celulose, e a lignina. Analisando a madeira de *Eucalyptus* sp., CADEMARTORI et al. (2012) verificaram que a partir de 200°C, as mudanças em propriedades físico-mecânicas da madeira são mais significativas.

Nas pesquisas antecedentes realizadas com termorretificação da madeira, verifica-se que os parâmetros de maior importância são o tempo e a temperatura do tratamento, o que faz com que os mesmos mereçam maior atenção (BORGES; QUIRINO, 2004; PASTORE, 2004; WELZBACHER et al., 2007; MOURA et al., 2012; CADEMARTORI et al., 2012; CADEMARTORI et al. 2013). Em consideração a esses fatores, KORKUT et al. (2008) afirmaram que os tratamentos térmicos resultam em quantidades variáveis de perda de massa dependendo do tempo e da temperatura utilizados.

O presente estudo teve como objetivo verificar os efeitos de tempo e temperatura de termorretificação na perda de massa da madeira de *Eucalyptus botryoides*.

2. METODOLOGIA

Foram selecionadas cinco árvores adultas de *Eucalyptus botryoides* com aproximadamente 60 anos de idade conforme norma ASTM D5536-94 (2010), das quais foram confeccionados corpos de prova com dimensões de 1,0 x 1,0 x 3,0 cm (largura x espessura x comprimento). Em seguida os corpos de prova foram acondicionados em câmara climatizada (20°C e 65% de UR) até a estabilização do teor de umidade (aproximadamente 12%), a fim de serem submetidos aos tratamentos de termorretificação descritos na Tabela 1.

Tabela 1 - Tratamentos utilizados no processo de termorreificação

Tratamentos	Tempo (horas)	Temperatura (°C)
1	1	160
2		200
3		240
4	2	160
5		200
6		240
7	3	160
8		200
9		240

A perda de massa, expressa em percentual, foi determinada através da equação 1.

$$Pm = \left(\frac{m_i - m_f}{m_i} \right) \times 100 \quad (1)$$

Em que: Pm = perda de massa (%); m_i = massa inicial (g); m_f = massa final (g)

Por fim, foram aplicadas análises de variância simples, tendo como fatores o tempo e a temperatura de termorreificação. As médias obtidas foram comparadas pelo teste de Tukey em 1% de probabilidade de erro. Adicionalmente, foram propostos modelos matemáticos lineares, ajustados por meio de análises de regressão, a fim de avaliar dentro de cada tempo proposto de termorreificação (1, 3 e 6 horas), a variabilidade da perda de massa em função da temperatura.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variação da perda de massa considerando-se o fator tempo não se mostrou significativa, apresentando valores de F = 3,07 e p = 0,0575, conforme pode ser visto na Figura 1A. Já em função do parâmetro temperatura, a variação da perda de massa se mostrou significativa, com valor de F = 105,59 e p = 0, (Figura 1B).

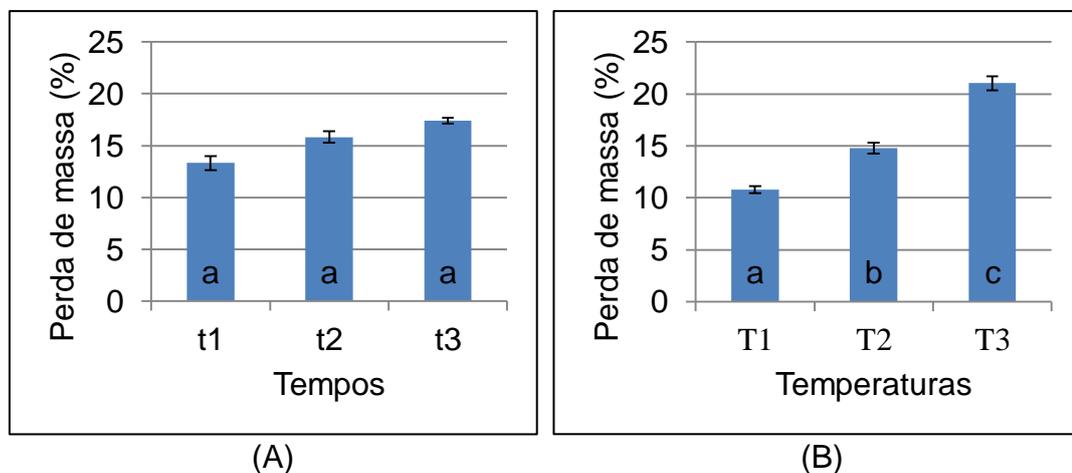


Figura 1 – (A): Valores médios de perda de massa em razão dos tempos de tratamento empregados. Em que: T1 = 1 hora; T2 = 3 horas; T3 = 6 horas. (B):

Valores médios de perda de massa em razão dos tempos de tratamento empregados. Em que: $t_1 = 160\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_2 = 200\text{ }^{\circ}\text{C}$; $t_3 = 240\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Verificou-se que quanto maior foi a temperatura de termorreificação, maior também apresentou-se a degradação térmica da madeira. Pode-se observar que quanto maior o tempo de tratamento, também maior a degradação da madeira, porém, como a diferença não foi estatisticamente significativa, o parâmetro tempo, para este estudo, não foi relevante.

Mburu et al. (2008), tratando termicamente a madeira de *Grevillea robusta* até temperatura máxima de $250\text{ }^{\circ}\text{C}$, verificaram um aumento significativo na perda de massa conforme aumento de tempo e temperatura. Resultado esse que corrobora com os deste estudo uma vez que o tratamento T3 ($240\text{ }^{\circ}\text{C}$) apresentou maior perda de massa

Os modelos matemáticos que representam a perda de massa em função do parâmetro temperatura podem ser observados na Figura 2.

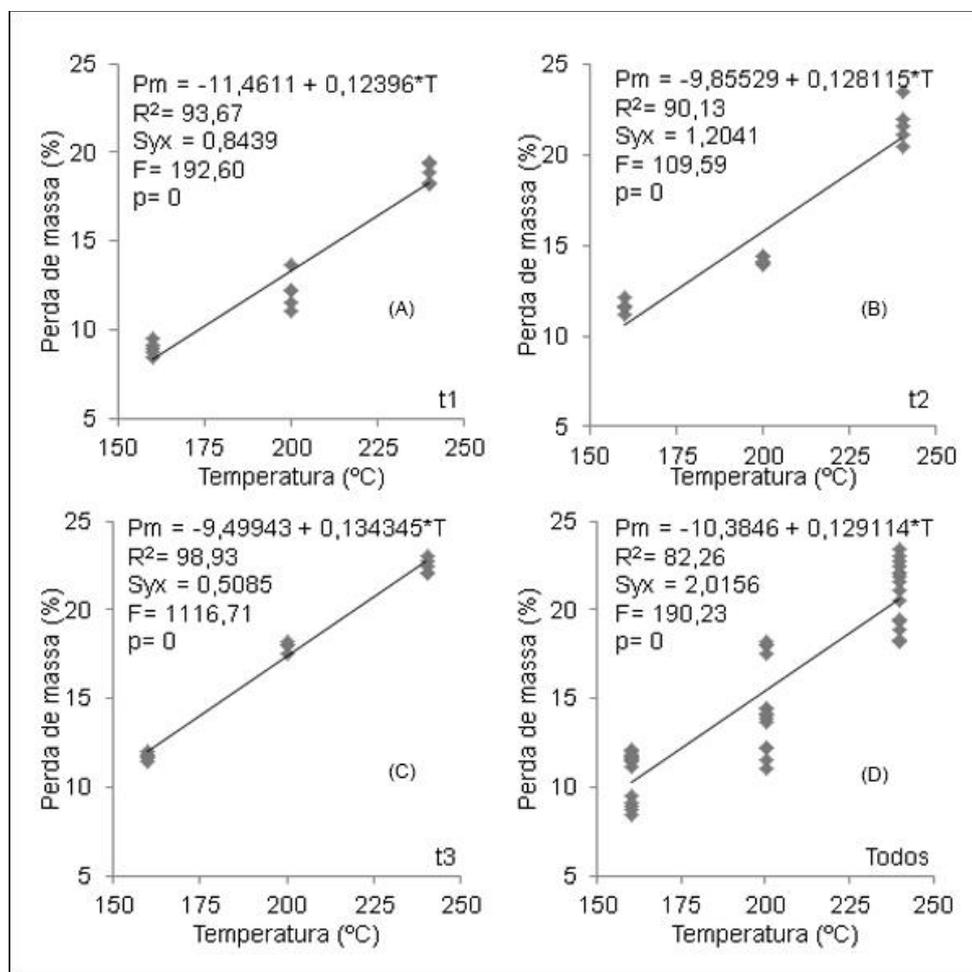


Figura 2 - Regressões lineares para determinação da perda de massa em função da temperatura, sendo: (A) – 1 hora; (B) – 3 horas; (C) – 6 horas; (D) – Todos os tempos juntos. Em que: t – tempos propostos para o tratamento de termorreificação (horas); T – temperatura ($^{\circ}\text{C}$); R² – coeficiente de determinação.

Foi verificado que quanto maior a temperatura, maior também a perda de massa. Na Figura 2 pode ser visto que as distribuições dos dados nos gráficos permitiram o ajuste de modelos matemáticos com elevada precisão de ajuste em razão dos elevados coeficientes de determinação obtidos.

4. CONCLUSÕES

Conclui-se que a degradação térmica da madeira não sofreu efeito do fator tempo de tratamento. Entretanto, verificou-se que quanto maior a temperatura de termorreificação, maior foi a perda de massa em razão do tratamento térmico empregado. A distribuição de dados obtidos permitiu o ajuste de modelos matemáticos com altos níveis de precisão de ajuste e estatisticamente significativos para predição da perda de massa em função da temperatura de tratamento.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BORGES, M. B.; QUIRINO, W. F. Higroscopicidade da madeira de *Pinus caribaea* var. hondurensis tratado termicamente. **Revista Biomassa & Energia**, v. 1, n. 2, p. 173-182, 2004.

CADEMARTORI P.H.G.; SCHNEID E.; GATTO D.A.; BELTRAME R.; STANGERLIN D.M. Modification of Static Bending Strength Properties of *Eucalyptus grandis* Heat-Treated Wood. **Materials Research**, v. 15, n. 2, p. 922-927, 2012.

CADEMARTORI P.H.G.; SANTOS P.S.B.; SERRANO L.; LABIDI J.; GATTO D.A. Effect of thermal treatment on physicochemical properties of *Gympie messmate* wood. **Industrial Crops and Products**, n. 45, p. 360-366, 2013.

FIGUEROA, M. J. M. **Influência da temperatura sobre a resistência mecânica do Paricá**. 2008. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade federal de Santa Catarina.

HILL, C.A.S. **Wood modification: Chemical, thermal and other processes**. Chichester: Wiley; 2006.

KORKUT D.S.; KORKUT S.; BEKAR I.; BUDAĞÇI M.; DILIK T.; ÇAKICIER N. The Effects of Heat Treatment on the Physical Properties and Surface Roughness of Turkish Hazel (*Corylus colurna* L.) Wood. **International Journal of Molecular Sciences**, n. 9, p. 1772-1783, 2008.

MBURU F.; DUMARÇAI S.; BOCQUET J.F.; PETRISSANS M.; GÉRARDIN P. Effect of chemical modifications caused by heat treatment on mechanical properties of *Grevillea robusta* wood. **Polymer Degradation and Stability**, n. 93 p. 401-405, 2008.

MOURA L.F.; BRITO J.O.; SILVA F.G. Jr. Effect of thermal treatment on the chemical characteristics of wood from *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden under different atmospheric conditions. **Cerne**, v. 18, n. 3, p. 449-455, 2012.

PASTORE, T.C.M.; SANTOS, K.O. SANTOS, RUBIM J.C, A spectrophotometric study on the effect of ultraviolet irradiation of four tropical hardwoods, **Bioresour. Technol**, n. 93, p. 37-42, 2004.

WELZBACHER C.R.; BRISCHKE C.; RAPP A. O. Influence of treatment temperature and duration on selected biological, mechanical, physical and optical properties of thermally modified timber. **Wood Material Science and Engineering**, v. 2, n. 2, p. 66-76, 2007.