

AVALIAÇÃO DA ESTABILIDADE DIMENSIONAL DA MADEIRA DE *Pinus* sp. TERMORRETIFICADA

HENRIQUE VAHL RIBEIRO¹; MÁRIO ANTÔNIO PINTO DA SILVA JÚNIOR²;
KELVIN TECHERA BARBOSA²; PAULO ROVEDDER JUNIOR²; EZEQUIEL
GALIO²; DARCI ALBERTO GATTO³

¹Universidade Federal de Pelotas – henrique.vahl.ribeiro@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – mariosilva.eng@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – kelvintecherabarbosa@gmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – paulorovedder@hotmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – egeng.forestal@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas – darcigatto@yahoo.com

1. INTRODUÇÃO

Em um cenário contemporâneo de um mundo voltado para causas ambientais e uso de mecanismos sustentáveis ganha, por sua vez, uma posição de destaque a madeira, por se tratar de um material renovável e de inúmeras aplicações. Sendo um material de composição heterogênea, a madeira apresenta-se como um material higroscópico e anisotrópico, características essas explicadas pela composição química desse material. Fazem parte dessa composição os polímeros majoritários celulose, hemicelulose e lignina, além de pequenas porcentagens de extrativos e minerais (BORGES, L.M.; QUIRINO, W.F.).

O polímero hemicelulose é considerado hidrófilo, o que acarreta em uma variação dimensional com a troca de água com o ambiente. Esse gradiente de umidade dentro da madeira pode originar defeitos quando abaixo do ponto de saturação das fibras – PSF. Nesse contexto apresenta-se como uma possível alternativa o tratamento térmico, visando modificar a estrutura dos componentes hidrófilos, assim reduzindo a higroscopicidade da madeira e controlando a variação dimensional (BORGES, L.M.; QUIRINO, W.F.).

A exposição da madeira ao calor vem a causar diferentes modificações em sua estrutura, sendo estas associadas a pirólise que pode ser facilmente identificada pela perda de massa em função de reações químicas decorrentes de elevação da temperatura (BRITO et al. 2006).

Com isso, o presente estudo objetivou-se em avaliar as contrações, inchamentos da madeira termorretificada de *Pinus elliottii* em 2 faixas de temperaturas.

2. METODOLOGIA

O presente estudo foi realizado no Laboratório de Propriedades Físicas e Mecânicas da Madeira do curso de Engenharia Industrial Madeireira, da Universidade Federal de Pelotas. A espécie utilizada no estudo foi a de *Pinus elliottii*.

Foram confeccionados 30 corpos de prova, segundo a norma NBR 7190-97, com medidas de 3 x 2 x 5 cm para o sentido radial, tangencial e longitudinal, respectivamente, destinando 10 cps para cada um dos 3 tratamentos empregados sendo eles controle, termorretificação a 200°C e 250°C. Todos corpos de prova estavam estabilizados em câmara climatizada a 20°C e 65% de umidade relativa do ar, onde atingiram o teor de umidade de equilíbrio de 12% antes de serem

termorretificados e também determinada a massa específica dos mesmos, determinada pela Equação 1.

$$\rho = \frac{m_{12\%}}{V_{12\%}} \quad \text{Equação 1}$$

Em que: ρ = massa específica aparente do corpo de prova ao teor de umidade de equilíbrio de 12% (g/cm^3); $m_{12\%}$ = massa do corpo de prova ao teor de umidade de equilíbrio de 12% (g); $V_{12\%}$ = volume do corpo de prova ao teor de umidade de equilíbrio de 12% (cm^3).

Após o tratamento de termorretificação os corpos de prova foram novamente acondicionados na câmara climatizada até a estabilização do teor de umidade de 12% e posteriormente feita novas medições e pesagens nas amostras, afim de correlacionar a perda de massa com as faixas de temperaturas empregadas. Em seguida os corpos de prova foram alocados em um dessecador com água por um período de 3 dias, para assim saturar as amostras acima do PSF (Ponto de Saturação das Fibras). Logo, atingindo a saturação, os corpos de prova foram novamente medidos e pesados e encaminhados para uma estufa de secagem a $100 \pm 3^\circ\text{C}$, afim de obter as dimensões dos corpos de prova a 0% de umidade, verificando assim as variações de contração em função dos tratamentos empregados.

As equações para os cálculos de contração e inchamento e variação volumétrica encontram-se na Tabela 1. Para tratamento estatístico dos dados obtidos utilizou-se o software Statgraphs, com teste Tukey com 95% de confiança.

Tabela 1 - Fórmulas para cálculo de contração, inchamento e variação volumétrica da madeira

Contração	$\beta = \left(\frac{L_{sat} - L_{0\%}}{L_{sat}} \right) \times 100$
-----------	---

Inchamento	$\alpha = \left(\frac{L_{sat} - L_{0\%}}{L_{0\%}} \right) \times 100$
------------	--

Coef. Anisotropia	$A_c = \left(\frac{\beta_t}{\beta_r} \right) \quad A_i = \left(\frac{\alpha_t}{\alpha_r} \right)$
-------------------	---

Em que: L_{sat} e $L_{0\%}$ correspondem a dimensão saturada e dimensão seca; V_{sat} e $V_{0\%}$ corresponde a volume saturado e volume seco, respectivamente.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2 encontram-se dispostos os resultados observados quanto a contração para cada tratamento. Pode-se observar que houve diferença estatisticamente significativa da amostra em 250°C para as demais temperaturas,

diferença essa presente tanto para contração radial com cerca de 40,69%, quanto para contração tangencial com 27,67%, ambos em relação ao controle.

Tabela 2 - Analise estatística e valores médios obtidos para contração

Tratamento	Contração Radial	Contração Tangencial	Coef. Anisotropia
Controle	4,67b ^(1,268)	5,89b ^(1,502)	1,26a ^(0,108)
200°C	4,66b ^(1,014)	5,39ab ^(1,770)	1,15a ^(0,107)
250°C	2,77a ^(1,856)	4,26a ^(1,081)	1,53b ^(0,695)
Coef. Variação (%)	41,42	30,54	36,32
Valor-P	0,0087	0,0542	0,0228
Razão-F	5,72	3,27	4,51

Em que: Valores entre parênteses e sobrescritos apresentam o desvio padrão dos tratamentos, e as médias nas colunas, seguidas por mesma letra, não apresentam diferenças significativas conforme o teste LSD Fisher, com probabilidade de erro de 5%; * - significativo pelo teste F ($p<0,05$); ns- não significativo pelo teste F ($p\geq 0,05$).

Quanto para o inchamento, na Tabela 3, observa-se uma diferença estatisticamente significativa quanto ao inchamento radial para o tratamento a 250°C dos demais tratamentos, já para o inchamento tangencial a diferença significativa fica entre o controle e tratamento a 250°, o qual aponta que as amostras tratadas a 250°C tiveram um inchamento médio de 29,09% menor que o controle.

Tabela 3 - Analise estatística e valores médios obtidos para inchamento

Tratamento	Inchamento Radial	Inchamento Tangencial	Coef. Anisotropia
Controle	4,92b ^(1,384)	6,29b ^(1,679)	1,21a ^(0,118)
200°	5,05b ^(0,946)	5,77ab ^(1,863)	1,11a ^(0,240)
250°	2,88a ^(1,983)	4,46a ^(1,188)	1,70b ^(1,706)
Coef. Variação (%)	41,83	31,57	37,66
Valor-P	0,0058	0,0462	0,0258
Razão-F	6,31	3,45	4,31

Em que: Valores entre parênteses e sobrescritos apresentam o desvio padrão dos tratamentos, e as médias nas colunas, seguidas por mesma letra, não apresentam diferenças significativas conforme o teste LSD Fisher, com probabilidade de erro de 5%; * - significativo pelo teste F ($p<0,05$); ns- não significativo pelo teste F ($p\geq 0,05$).

Segundo Esteve; Pereira (2009), as hemiceluloses são os primeiros componentes estruturais da madeira a serem afetados termicamente, mesmo que em baixas temperaturas. A degradação das polioses durante a despolimerização com o aumento da temperatura de suas cadeias curtas e ramificadas, cristalizando-as e reduzindo assim a região amorfa presente na parede celular,

com isso confiando a amostra tratada termicamente uma maior estabilidade dimensional. Isso fica claro para o tratamento de 250°C, sendo a maior temperatura utilizada neste estudo, a qual apresentou uma maior estabilidade dimensional quando comparada ao controle e ao tratamento de 200°C.

A decomposição da hemicelulose, conforme OLIVEIRA et al. (2014), se dá na faixa de 232°C a 278°C onde em seu estudo apresentou maior perda de massa, o que justifica o tratamento a 200°C não apresentar resultados estatísticos com diferença significativa em relação ao controle.

4. CONCLUSÕES

Como base nos dados obtidos no presente estudo conclui-se que a madeira de *Pinus* sp. submetida ao tratamento de retificação térmica a 250°C apresentou um favorável resultado de estabilidade dimensional, quando comparada a própria sem tratamento algum e a uma faixa de temperatura de 200°C.

O tratamento de termoretificação apresenta-se como uma alternativa não-tóxica para agregar estabilidade dimensional a madeira quando submetida a intempéries.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas; NBR 7190. PROJETOS DE ESTRUTURAS DE MADEIRA; p. 48-49, 1997.

BORGES, Lívia Marques; QUIRINO, Waldir Ferreira. Higroscopidade da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* tratado termicamente. **Revista Biomassa & Energia**, v. 1, n. 2, p. 173-182, 2004.

BRITO, José Otávio et al. Densidade básica e retratibilidade da madeira de *Eucalyptus grandis*, submetida a diferentes temperaturas de termorretificação. **Cerne**, v. 12, n. 2, 2006.

ESTEVES, B. M.; PEREIRA, H. M. Wood modification by heat treatment: a review. **BioResources**, Raleigh, v. 4, n. 1, p. 370-404, 2009.

OLIVEIRA, J. C. et al. AVALIAÇÃO TÉRMICA E ESPECTROSCÓPICA DA CELULOSE, HEMICELULOSE E LIGNINA EXTRAÍDAS DA FIBRA DE LICURI (*SYAGRUS CORONATA*). 21º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais, Cuiabá, MT, Brasil; 2014.