

TEOR DE UMIDADE DA MADEIRA DE TRÊS ESPÉCIES FLORESTAIS SUBMETIDAS À RADIAÇÃO DE MICRO-ONDAS

**ROBERTO LESSA PEREIRA¹; MATHEUS LEMOS DE PERES²; RAFAEL DE
AVILA DELUCIS³; RAFAEL BELTRAME⁴; DARCI ALBERTO GATTO⁵**

¹Universidade Federal de Pelotas – roberto-lessa93@hotmail.com

²Universidade Federal de Pelotas – matheusldeperes@gmail.com

³Universidade Federal de Pelotas - r.delucis@hotmail.com

⁴Universidade Federal de Pelotas - beltrame.rafael@yahoo.com.br

⁵Universidade Federal de Pelotas – darcigatto@yahoo.com

1. INTRODUÇÃO

A umidade da madeira é um fator de relevância no que tange o estudo da tecnologia da madeira, pois se trata de um parâmetro que afeta o comportamento dessa quanto à sua trabalhabilidade, estabilidade dimensional, resistência mecânica, poder calorífico e durabilidade natural. Por esse motivo o conhecimento das propriedades higroscópicas é a chave para a utilização bem-sucedida da madeira evitando defeitos como empenamentos, arqueamentos e torções (OLIVEIRA, 1998; ROCHA, 2000).

Para ilustrar a necessidade de controlar o teor de umidade da madeira, podem-se citar, por exemplo, o elevado teor de umidade, próximo ao teor de saturação desejado em toras a serem laminadas ou faqueadas (melhora a trabalhabilidade), o teor de umidade entre 6 e 10% requerido para lâminas e cavacos na manufatura de chapas compensadas e aglomeradas e o teor de umidade abaixo de 20% em quaisquer tipos de peças de madeira para evitar o ataque de fungos e insetos (MORESCHI, 2010).

A fim de otimizar a utilização da madeira melhorando seus níveis de umidade existem pré-tratamentos, como por exemplo, os à base de radiação de micro-ondas. Essa técnica consiste na aplicação de ondas eletromagnéticas em corpos líquidos ou sólidos cujas moléculas polares sejam sensíveis a um campo elétrico alternado (GHANDEHR, 2013b).

De acordo com RESCH (2006), a profundidade na qual a onda eletromagnética penetra na madeira depende de sua frequência, ou seja, quanto menor a frequência, maior a capacidade de penetração da radiação, por outro lado, tendo em vista a umidade da madeira, quanto maior o teor de umidade, maior é a dificuldade de penetração da onda eletromagnética.

A absorção de energia das micro-ondas pela água produz um aumento da intensidade de vibração aleatória de suas moléculas polarizadas, gerando maior atrito entre as mesmas e em consequência elevando a temperatura do material a partir da água presente em sua constituição (ZHAO, X.; YAN, L.; HUANG, K.).

Dessa forma, as tecnologias de micro-ondas aplicadas a madeira vem sendo utilizadas em nível científico e em processos industriais com o objetivo de modificar características naturais da madeira. E assim, melhorar a permeabilidade de toras, madeira serrada e cavacos, melhorando processos como a polpação química, os tratamentos preservativos em madeiras refratárias, a secagem, além de aliviar as tensões de crescimento, reduzir a massa específica, melhorar o isolamento térmico (condutividade térmica), elevar a flexibilidade (TORGOVNIKOV; VINDEN, 2010; LUBE, 2012). Logo, o presente estudo tem por objetivo avaliar o teor de umidade da madeira de três espécies florestais (açoita-cavalo, nogueira-pecã e plátano) submetidas à radiação de micro-ondas.

2. METODOLOGIA

O material destinado ao estudo foi doado em lotes de madeira de açoita-cavalo, nogueira-pecã e plátano por uma empresa localizada no município de Caxias do Sul, Rio Grande do Sul. Os indivíduos de cada espécie foram selecionados em conformidade com a norma D5536-94 da American Society for Testing and Materials - ASTM (1995).

Para a confecção dos corpos de prova (CPs), a madeira foi selecionada de forma a não conter defeitos inerentes ao crescimento (desenvolvimento anormal do lenho, ocorrência de nós, rachaduras e lenhos de reação). Também foram evitados defeitos causados pela exposição do material a organismos xilófagos, como apodrecimento, galerias ou quaisquer danos estruturais causados por tais organismos.

Os corpos de prova foram confeccionados apresentando 34 cm em orientação longitudinal, e 2 x 1 cm, largura e espessura respectivamente, em adequação ao aparelho laboratorial de micro-ondas.

Posteriormente foram condicionados em um recipiente contendo água até atingirem o ponto de saturação das fibras. Em sequência os corpos de prova foram colocados em um forno de micro-ondas convencional, 900 Watts de potência e submetidos por um período de 90 segundos à radiação de micro-ondas. Dessa maneira, pelo método gravimétrico (balança analítica com 0,01g de resolução), determinou-se o teor de umidade à base seca de cada corpo de prova antes e após o tratamento (Equação 1).

$$TU = \frac{mu - mo}{mo} \times 100 \quad (1)$$

Em que: Tu = teor de umidade da madeira (%); mo = massa de madeira seca a 103°(g); mu = massa úmida (g).

Os dados foram analisados por meio de análise de variância fatorial (ANOVA) e a partir da rejeição da hipótese de nulidade (H_0) foram desdobrados por meio de testes de comparação de médias *Honestly Significantly Different* (HSD) de Tukey em níveis de 1% e 5% de probabilidade de erro.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância fatorial apontou efeito significativo para os fatores espécie e tratamento, enquanto que a interação entre esses fatores não se apresentou significativa, ou seja, o comportamento de um fator independe da variação (ausência ou presença) do outro fator (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância fatorial em razão do teor de umidade para as três espécies florestais.

Fonte de variação	SM	GL	QM	Teste F
A:Espécie	20702,9	2	10351,4	76,29**
B:Tratamento	8525,48	1	8525,48	62,83**
A x B	421,38	2	210,69	1,55 ^{ns}
Resíduos	15467,6	114	135,68	

Em que: SM= soma dos quadrados; GL= graus de liberdade; QM= quadrado médio; F= valor de F calculado; ^{ns}= não significativo; **= significativo em 1% de probabilidade de erro.

O teor de umidade nos corpos de prova das três espécies diferiu significativamente. Dentre as três espécies, a madeira de açoita-cavalo apresentou o maior teor de umidade médio (105,765%) seguido pelo plátano (89,084%) e noqueira-pecã (73,599%) (Tabela 2).

Tabela 2. Descrição do teor de umidade em razão das espécies florestais.

	açoita-cavalo	noqueira-pecã	plátano	Teste F
Média	105,765 c	73,599 a	89,084 b	
Cv	10,55	24,26	15,17	49,61**

Em que: F= valor de F calculado; cv= coeficiente de variação (%); **= significativo em 1% de probabilidade de erro. Médias seguidas de letras iguais minúsculas nas linhas não possuem diferença estatística de acordo com teste HSD de Tukey.

Segundo OLIVEIRA et al. (2005), madeiras mais densas possuem menor capacidade de retenção de umidade, por esse motivo são encontradas com menores teores de umidade comparadas com madeiras mais leves. Os valores de massa específica das madeiras analisadas no presente estudo são 0,543, 0,706 e 0,604g/cm³ para açoita-cavalo, noqueira-pecã e plátano respectivamente (GATTO, 2006). Dessa forma, os valores obtidos para o teor de umidade são coerentes com o comportamento das madeiras evidenciados na literatura, já que a madeira de noqueira-pecã (mais densa) apresentou menor teor de umidade de equilíbrio higroscópico.

O maior valor para o coeficiente de variação (24,26%) verificado para a madeira de noqueira-pecã indica que seus dados apresentaram maior variabilidade quanto à distribuição de umidade do que as outras espécies, todavia, genericamente para a madeira dessas três espécies florestais o conjunto de dados mostrou-se homogêneo.

Sem distinguir essas três espécies madeireiras, verificou-se que após o pré-tratamento de micro-ondas o teor de umidade diminuiu numa razão de (17,22%) (Tabela 3).

Tabela 3. Descrição do teor de umidade em razão do tratamento à base da radiação de micro-ondas.

	Não Tratadas	Tratadas	Teste F
Média	97,911 b	81,054 a	
cv	19,19	20,17	27,49**

Em que: F= valor de F calculado; cv= coeficiente de variação (%); **= significativo em 1% de probabilidade de erro. Médias seguidas de letras iguais minúsculas nas linhas não possuem diferença estatística de acordo com teste HSD de Tukey.

Essa variação contida na Tabela 3 mostrou-se superior a encontrada por LUBE (2012). Tal autor ao utilizar um micro-ondas de 700 Watts de potência verificou um decréscimo de 14% no teor de umidade da madeira, por esse motivo pode-se dizer que o pré-tratamento realizado no presente estudo foi satisfatório para a redução da umidade da madeira.

Segundo GHANDEHR (2013a); LUBE (2012), ao se usar micro-ondas para aquecimento, ao contrário de outras fontes de calor, o feixe de energia atua diretamente no núcleo do substrato a ser aquecido, dando origem a um efeito causador de pressão osmótica, ou seja, uma pressão interna como se fosse um embolo empurrando a água do centro para a superfície. Por consequência ocorre a perda de água dos corpos de prova.

4. CONCLUSÕES

O pré-tratamento à base de radiação de micro-ondas foi eficiente para a diminuição da umidade na madeira das três espécies. A madeira de nogueira-pecã apresentou o menor teor de umidade entre as espécies estudadas, dessa forma pode ser indicado em detrimento das outras espécies para aplicações as quais sejam requeridos baixos teor de umidade.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **Standard practice for sampling forest trees for determination of clear wood properties**: ASTM D5536-94. Philadelphia, PA: 1995.

GATTO, D. A. **Características tecnológicas do vergamento das madeiras de *Luehea divaricata*, *Carya illinoensis* e *Platanus x acerifolia* como subsídios para o manejo florestal**. 2006. 109f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Universidade Federal de Santa Maria, UFSM.

GHANDEHR. Tecnologia avançada: **Tecnologia de micro-ondas na secagem de madeira**. 2013a. Acessado em 27 de set. de 2013. Online. Disponível em: <http://www.ghandehr.com.br/index.php?i=5>.

GHANDEHR. Tecnologia avançada: **Como atuam as micro-ondas**. 2013b. Acessado em 28 de set. de 2013. Online. Disponível em: <http://www.ghandehr.com.br/index.php?i=2>.

LUBE, V. M. **Efeito das micro-ondas na secagem e propriedade mecânicas da madeira jovem e adulta de *Eucalyptus grandis***. 2012. 45f. Monografia (graduação) - Curso de Engenharia Industrial Madeireira, Universidade Federal do Espírito Santo, UFES.

MORESCHI, J.C. **Propriedades tecnológicas da madeira**. 3.ed. Curitiba: Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Setor de Ciências Agrárias/UFPR, 2010. 176p.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1998. 429f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, USP.

OLIVEIRA, J. T. S. et al. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.1, p.115-127, 2005.

RESCH, H. High-frequency electric current for drying of wood – historical perspectives. **Maderas. Ciencia y tecnología**, Concepción-CHI, v.8, n.2, p.67-82, 2006.

ROCHA, M.P. ***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria prima para serraria**. 2000. 185f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias, Universidade federal do Paraná, UFPR.

TORGOVNIKOV, G.; VINDEN, P. J. R. Microwave Wood Modification Technology and Its Applications. **Forest Products Journal**. v. 60, n. 2, p. 84-92. 2010.

ZHAO, X.; YAN, L.; HUANG, K. Review of numerical simulation of microwave heating process. In: **Advances in Induction and Microwave Heating of Mineral and Organic Materials**. Tomaszów Lubelski, PL: Stanisław Grundas, 2011. Cap.2, p. 27-48.