

# ESTIMATIVAS DA UMIDADE DE EQUILÍBRIO DA MADEIRA PARA QUATRO CIDADES DO ESPÍRITO SANTO

*Lucelio Pietralonga Lovatti<sup>1</sup>, Octávio Barbosa Plaster<sup>2</sup>, Hugo Roldi Guariz<sup>3</sup>,  
José Geraldo Lima de Oliveira<sup>4</sup>, Kennedy Ribeiro da Silva<sup>5</sup>,  
José Tarcísio da Silva Oliveira<sup>6</sup>*

UFES/Departamento de Engenharia Florestal, lovatti@gmail.com  
UFES/ Departamento de Engenharia Florestal, octavioplaster@gmail.com  
UFES/ Departamento de Engenharia Florestal, hugoroldi@yahoo.com.br  
UFES/Departamento de Engenharia Florestal, josegeraldolo@yahoo.com.br  
UFES/ Departamento de Engenharia Florestal, kennedyfloresta03@yahoo.com.br  
UFES/ Departamento de Engenharia Florestal, jtsilva@npd.ufes.br  
Pós-Graduação em Produção Vegetal

**Resumo-** Tendo em vista a grande variação sazonal da umidade de equilíbrio da madeira e sua importância para utilização adequada e como parâmetro em programas de secagem, o presente trabalho apresenta estimativas do teor de equilíbrio higroscópico para quatro cidades do Espírito Santo. As estimativas foram feitas utilizando-se a equação propostas por Simpson e TenWolde que se baseiam na teoria de sorção de Hailwood e Horrobin. As normais climatológicas foram obtidas junto ao Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural (INCAPER) e através do site do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). Observou-se para as cidades estudadas que a variação anual no teor equilíbrio de umidade é pequena (abaixo de 3,5%), fato esse que facilita a utilização da madeira por ocasionar menor variação dimensional.

**Palavras-chave:** Madeira, Equilíbrio higroscópico, Teor de umidade.

**Área do Conhecimento:** Tecnologia da Madeira

## Introdução

Pelo fato da madeira ser um material higroscópico ela retrai e incha, por estar em constante troca de umidade com o ar que a envolve. O teor de umidade da madeira é influenciado pela umidade relativa do ar, temperatura, espécies, relação cerne/alburno e pelo teor de extrativos, tendendo-se a equilibrar com o ambiente, sendo esse equilíbrio denominado umidade de equilíbrio ou teor de equilíbrio higroscópico da madeira.

As variações dimensionais na madeira ocorrem quando esta ganha ou perde umidade abaixo do ponto de saturação das fibras que esta em torno de 30%. Conforme Galvão (1975) essa variação dimensional é maior na direção tangencial da madeira, podendo atingir até mais de 15% do valor original, quando a umidade varia de 30% a 0%.

As alterações dimensionais da madeira durante a secagem podem ocasionar defeitos como: empenamentos, encaçamento, encurvamento, arqueamento, torcimento, rachaduras, entre outros. Segundo Silva & Oliveira (2003), embora a umidade não possa ser considerada como uma característica intrínseca da madeira, o seu estudo é indispensável por se tratar de um parâmetro que afeta o comportamento do material, quanto à trabalhabilidade, estabilidade dimensional, resistência mecânica e durabilidade natural.

Em um programa de secagem a umidade final da madeira a ser atingida quando não especificado pelo cliente (como no caso de exportações) deve estar próxima ao teor de equilíbrio higroscópico da madeira para o local onde a mesma será utilizada, podendo dessa forma minimizar as variações dimensionais o que por consequência reduz a ocorrência de defeitos. Essa umidade de equilíbrio pode ser determinada genericamente através de equações.

Assim, o presente trabalho objetiva fornecer estimativas sobre a variação da umidade de equilíbrio da madeira em algumas cidades do Espírito Santo, orientando sobre as condições de secagem das madeiras que serão utilizadas nessas cidades

## Metodologia

A umidade de equilíbrio da madeira foi estimada aplicando-se a equação (1). Essa equação, apresentada por Simpson & TenWolde (1999), prevê a estimativa dos parâmetros  $K_1$ ,  $K_2$  e  $W$  a partir da temperatura em graus Fahrenheit ou Celsius, sendo que as equações (2), (3), (4) e (5) são utilizadas para utilização da temperatura em graus Celsius..

$$M = \frac{1,800}{W} \left[ \frac{Kh}{1-Kh} + \frac{K_1Kh + 2K_1K_2K^2h^2}{1 + K_1Kh + K_1K_2K^2h^2} \right] \quad (1)$$

Onde:

M = teor de equilíbrio higroscópico da madeira, em %;

W = 349 + 1,29.T + 0,0135.T<sup>2</sup> (2);

K = 0,805 + 0,000736.T - 0,00000273.T<sup>2</sup> (3);

K<sub>1</sub> = 6,27 - 0,00938.T - 0,000303.T<sup>2</sup> (4);

K<sub>2</sub> = 1,91 + 0,0407.T - 0,000293.T<sup>2</sup> (5);

h = umidade relativa/100;

C = Temperatura, em graus Celsius.

As normais climatológicas para a cidade de Vitória correspondem ao período de 1931-1960 e foram obtidas no site do IMNET (2007), para as cidades de São Gabriel da Palha, Venda Nova do

Imigrante e Viana as normais correspondem ao período de 2001-2005 e foram obtidas junto ao INCAPER.

## Resultados

A tabela 1 apresenta a análise de variância para a variável umidade de equilíbrio da madeira nos quatro Municípios estudados.

Pela Tabela 2 observa-se as estimativas das umidades de equilíbrio da madeira ao longo do ano para as quatro cidades capixabas, calculadas através da equação de Simpson & TenWolde (1999) e o Teste de Tukey a 1% de significância. Podemos avaliar os resultados sob os aspectos da diferença entre os valores máximo e mínimo, e em relação ao valor médio.

Tabela 1. Análise de variância para a variável umidade de equilíbrio da madeira nos quatro Municípios.

Fonte de variação	GL	Soma de quadrados	Quadrado médio	F
Município	3	27,54	9,18	14,72**
Erro	44	27,44	0,62	
Total	47	55		

\*\* = significativo ao nível de 1% de significância

Tabela 2. Estimativa do Teor de Equilíbrio Higroscópico Médio (%) da Madeira para Quatro Cidades do Espírito Santo.

Meses	Venda Nova do Imigrante	Viana	São Gabriel da Palha	Vitória
JAN	15,2	16,2	15,8	14,2
FEV	15,1	16,3	15,1	13,9
MAR	15,4	16,2	16,3	14,2
ABR	16,5	15,8	16,0	14,3
MAI	17,8	16,2	16,5	14,4
JUN	18,6	16,7	17,3	14,8
JUL	18,4	16,5	16,1	14,8
AGO	17,1	16,4	15,5	14,5
SET	17,3	16,5	15,1	14,8
OUT	15,4	15,9	14,0	15,0
NOV	16,3	16,2	15,3	15,0
DEZ	15,5	16,5	15,8	14,9
MÁXIMO	18,6	16,7	17,3	15,0
MÍNIMO	15,1	15,8	14,0	13,9
AMPLITUDE	3,5	0,9	3,2	1,2
MÉDIA ANUAL	16,5 a (1,3)* (7,7)**	16,3 a (0,3)* (1,7)**	15,7 a (0,8)* (5,3)**	14,6 b (0,4)* (2,5)**

\* Desvio Padrão; \*\* Coeficiente de Variação

Medias seguidas de mesma letra não diferem entre si ao nível de 1% de significância

A amplitude de variação da umidade de equilíbrio é relativamente pequena, com Viana apresentando a menor variação (0,9%) e Venda Nova do Imigrante apresentando a maior variação (3,5%)

A cidade de Vitória apresenta a menor média anual (14,6%) e Venda Nova do Imigrante a maior

(16,5%), sendo que em Vitória ainda pode-se encontrar o menor valor de equilíbrio higroscópico da madeira entre as quatro cidades (13,9%), o qual ocorre no mês de janeiro, e em Venda Nova do Imigrante o maior valor (18,6%), sendo esse no mês de junho.

A Figura 1 apresenta graficamente as flutuações do teor de equilíbrio higroscópico médio para as quatro cidades ao longo do ano.

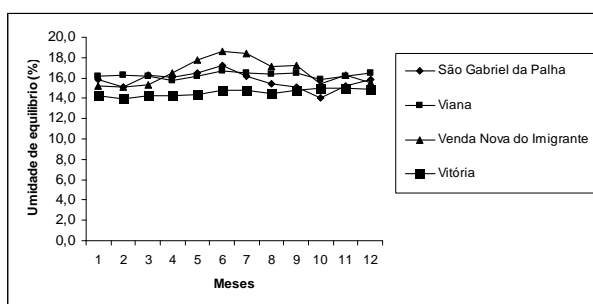


Figura 1. Flutuações do Teor de Equilíbrio Higroscópico Médio da Madeira ao Longo do Ano para Quatro Cidades do Espírito Santo.

## Discussão

O teor de equilíbrio higroscópico da madeira já foi discutido por diversos autores sendo que no Brasil as informações ainda são bastante raras. Jankowsky et al. (1986) encontraram valores de umidade de equilíbrio da madeira que vão de 13,2 a 18,6% quando analisaram oito cidades do sul do Brasil, Galvão (1975) estudando doze cidades do Brasil chegou a valores que variam de 9,6% para Goiânia no período mais seco e a 21% para Belém no período mais úmido, sendo que os valores médios para essas cidades segundo o autor são de 13,2 e 18,8% respectivamente. Assim se um móvel for fabricado em Belém para ser utilizado em Goiânia, deve-se secar a madeira que será utilizada na fabricação do mesmo até um teor de equilíbrio de umidade próximo dos valores encontrados para Goiânia e, em seguida o móvel deve ser bem embalado para evitar o reumidecimento.

Como exemplos de inconvenientes devido à secagem ou o reumidecimento de produtos manufaturados em uso podem ser citados: assoalhos que empenam e se soltam, portas que não fecham, gavetas emperradas entre outros.

Uma condição de clima mais homogênea acarretará menor variação dimensional na madeira, sendo essa condição mais favorável para utilização do produto, entretanto, essa condição nem sempre é possível de encontrar na prática. Para a cidade de Goiânia, conforme Galvão (1975) a variação pode ser de até 7,2% entre o período mais úmido e o mais seco, Mendes et al. (2004) encontraram uma amplitude de 7,4% para o estado do Tocantins.

Pela Tabela 2, pode-se observar que a estimativa da variação no teor de equilíbrio da umidade da madeira durante o ano para as quatro cidades capixabas estudadas foi baixa, sendo a maior amplitude de variação de apenas 3,5% para Venda Nova do Imigrante. Esse fato pode também ser constatado através do baixo desvio padrão e coeficiente de variação, apresentados, sendo os maiores valores de 1,3 e 7,7 respectivamente.

Pela Figura 1 pode-se notar que a cidade de Venda Nova do Imigrante apresenta as maiores flutuações durante o ano, fato esse que é indesejável para a madeira em uso, por aumentar os riscos de defeitos. Entretanto essa variação não é tão alta se comparada com algumas cidades do Brasil como, por exemplo, Goiânia. Ainda pela Figura 1 nota-se que o período que vai de maio a agosto é o período mais difícil para secar a madeira em condições naturais, por apresentar uma umidade de equilíbrio mais alta e por consequência uma secagem mais lenta.

Quando feita a análise de variância a 1% de significância (Tabela 1), constatou-se que os valores médios diferiram estatisticamente entre si, entretanto pelo teste de Tukey a 1% de significância, os valores médios do teor de equilíbrio Higroscópicos não diferiram estatisticamente entre cidades de São Gabriel da Palha, Venda Nova do Imigrante e Viana.

De acordo com dados do IPT (2001), para a cidade de Vitória a faixa de variação no teor de umidade da madeira para usos internos vai de 13,9 a 17,9%. Os valores estimados pela equação de Simpson & TenWolde (1999) estão dentro dessa faixa de variação, conforme a Tabela 2.

Brotero (1941) citado por Jankowsky (1986) menciona que a madeira utilizada em interiores apresenta umidades variando entre 10% e 13%, ao passo que Jankowsky (1985) verificou que para madeira de *Pinus* spp. essa variação foi de 10,1% a 14,3% para madeira seca ao ar e de 9,1% a 12,3% para madeira artificialmente seca.

O presente trabalho procurou estimar o teor de equilíbrio higroscópico para a madeira de uma forma geral nas quatro cidades em questão, entretanto, para se obter dados mais exatos recomenda-se fazer experimentos de laboratórios com ensaios de variação para as madeiras específicas que são utilizadas na região. A necessidade de estudos específicos se deve a

influência da constituição anatômica e química no comportamento higroscópico das madeiras.

## Conclusão

A variação do teor de equilíbrio da umidade da madeira durante o ano para as quatro cidades capixabas é baixa, sendo a maior amplitude de 3,5%;

O período que vai de maio a agosto é o período mais difícil para secar a madeira naturalmente por apresentar uma umidade de equilíbrio mais alta e por conseqüência uma secagem mais lenta.

A cidade de Venda Nova do Imigrante possui uma maior variação da umidade de equilíbrio durante o ano, o que aumenta os riscos de defeitos em produtos manufaturados se esses não forem bem dimensionados e também se as madeiras utilizadas naquela região apresentarem elevados coeficientes de retratibilidade.

## Referências

- GALVÃO, A.P.M. Estimativas da umidade de equilíbrio da madeira em diferentes cidades do Brasil. **IPEF**, Piracicaba – SP, n.11, p.53-65, 1975.

- JANKOWSKY, I. P. variação sazonal da umidade de equilíbrio para madeira de *Pinus*. **IPEF**, Piracicaba – SP, n.31, p.41-46, 1985.

- JANKOWSKY, I.P. et al. Estimativas da umidade de equilíbrio para cidades da região sul do Brasil. **IPEF**, Piracicaba – SP n. 32, p.61-64, 1986.

- Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/html/clima.php>. Acesso em: 29 jun. 2007.

- SILVA, J. C.; José Tarcísio da Silva OLIVEIRA, J.T.S. Avaliação das propriedades higroscópicas da madeira de *Eucalyptus saligna* sm., em diferentes condições de umidade relativa do ar. **Revista Árvore**, v. 27, n. 2, p.233-239, 2003.

- SIMPSON, W.; TENWOLDE, A. **Wood Handbook: Wood as an Engineering Material. Physical Properties and Moisture Relations of Wood.** Washington: U.S. Department of Agriculture, Forest Products Laboratory, 1999. 463 p.