A UMIDADE DE EQUILÍBRIO E A SECAGEM DA MADEIRA EM BRASÍLIA (The equilibrium moisture contents and drying wood in Brasília)

A. Paulo Mendes Galvão *

RESUMO

Estimativas da umidade de equilíbrio para madeira a ser utilizada em Brasília foram determinadas. A baixa estabilidade dimensional da madeira em Brasília pode ser explicada pela alta variação observada nos valores mensais de umidade de equilíbrio, 8,7 a 15,8%, e por uma secagem deficiente. Recomenda-se uma secagem da madeira, em estufa, reduzindo o seu conteúdo médio de umidade para 12,2%.

ABSTRACT

The equilibrium moisture contents of wood in Brasilia were calculated. The poor behavior of wood in Brasilia was explained by the large variation between the lowest and highest monthly values obtained for equilibrium moisture, 8.7% and 15.8%, and by inappropriate drying. Kiln drying of wood is recommended to an average wood moisture content of 12.2%.

PALAVRAS-CHAVE: Secagem; umidade de equilíbrio; madeira.

1. INTRODUÇÃO

A instabilidade dimensional da madeira, em consequência da variação de sua umidade, ocasionada por oscilações climáticas, provoca sérios inconvenientes ao seu usuário. Estes aparecem na forma de tacos de assoalho que empenam e se soltam, portas que não fecham, gavetas travadas, molduras torcidas, peças de móveis que descolam e rachaduras na madeira em geral, dentre outros problemas. A forma mais econômica e efetiva de eliminar ou reduzir esses inconvenientes é a secagem controlada em estufas, onde a água é eliminada até a madeira atingir valores correspondentes à umidade de equilíbrio média, adequada ao local de uso.

GALVÃO (1975) estimou o teor de umidade a que se deve secar a madeira em diferentes locais do Brasil. Entretanto, Brasília não foi contemplada naqueles estudos por falta de dados disponíveis na época. O presente trabalho objetiva determinar a umidade de equilíbrio média para Brasília, possibilitando às empresas que utilizam a madeira proceder sua secagem até valores que possibilitem o seu perfeito desempenho na referida localidade.

* Eng.º Agrônomo, Ph.D., Coordenador do Programa Nacional de Pesquisa Florestal (Embrapa-IBDF).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O FOREST PRODUCTS LABORATORY (1974), assim como PECK (1955) e McMILLEN & WENGERT (1978), dentre outros, apresentam informações sobre as umidades de equilíbrio para utilização da madeira nos Estados Unidos da América do Norte.

No Brasil, as informações a respeito do assunto são bastante gerais. Assim, BROTERO (1946) mencionava que a madeira utilizada em interiores apresentava umidade variando entre 10% e 13%, enquanto YAMAMOTO (1973) considerava que a água da madeira submetida à secagem em estufas deve ser inferior a 10%, para determinados fins. GALVÃO (1975) apresenta tabelas de umidade de equilíbrio em diferentes cidades do Brasil onde os valores médios variam de 13,2 a 18,6%, porém, Brasília não foi incluída naquele estudo.

A necessidade de secagem controlada da madeira até atingir teores de umidade compatíveis com as condições climáticas do local de uso tem sido enfatizada por inúmeros autores, dentre os quais PECK (1955), GALVÃO (1975, 1976) e Mc MILLEN & WENGERT (1978).

3 . MATERIAL E MÉTODOS

A umidade de equilíbrio foi estimada com o auxílio da equação (1) elaborada por SIMPSON (1971), apresentada a seguir:

$$UE = \left[\frac{K_1 K_2 h}{1 + K_1 K_2 h} + \frac{K_2 h}{1 - K_2 h} \right] \frac{1800}{W}$$

onde:

UE = umidade de equilíbrio da madeira (%)

$K_1 = 3,730 + 0,03642T - 0,000154T^2$

$K_2 = 0,6740 + 0,001053T - 0,000001714T^2$

$W = 216,9 + 0,01961T + 0,005720T^2$

T = temperatura na escala Fahrenheit

$h = \text{pressão relativa de vapor d'água} = \frac{\text{umidade relativa (\%)}}{100}$

A média aritmética entre o valor mensal máximo e o mínimo foi considerada como a umidade de equilíbrio média.

A variação dimensional da madeira em função da umidade foi calculada pela fórmula (2) apresentada a seguir:

$$Vd = \frac{D \cdot Vu \cdot R}{USA \cdot 100}$$

onde:

Vd = variação dimensional considerada (mm)

D = dimensão inicial da peça (mm)

Vu = variação da umidade de equilíbrio (%)

R = retração total da madeira (%)

USA = umidade de saturação do ar (considerada como sendo de 30%).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de umidade relativa e temperatura foram fornecidos pelo INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (1980) e correspondem ao período compreendido entre 1963 e 1977, sendo apresentados na Tabela 1.

Na estimativa da umidade de equilíbrio, utilizou-se a equação de Simpson (1), por apresentar resultados equivalentes a aqueles obtidos com base em dados locais de umidade relativa e temperatura médias aplicadas à tabela do FOREST PRODUCTS LABORATORY (1955) ou SMITH (1963), conforme estudos desenvolvidos por SIMPSON (1971) e GALVÃO (1975).

A Tabela 2 apresenta as umidades de equilíbrio médias mensais da madeira em Brasília.

De acordo com a Tabela 2, a umidade de equilíbrio média mensal máxima é de 15,8%, que ocorre nos meses de fevereiro e dezembro, sendo a mínima mensal de 8,7% registrada no mês de agosto. Portanto, 12,2% corresponde ao teor de umidade a que se deve secar a madeira para obter seu bom desempenho em Brasília. Comparando-se esse resultado com aqueles obtidos por GALVÃO (1975) para outras cidades do Brasil, conclui-se que ele é o mais baixo teor de umidade média a que se deve secar a madeira. Por outro lado, a amplitude de variação entre a máxima e a mínima é de 7,1%, somente inferior àquela estimada para Goiânia por GALVÃO (1975), que corresponde a 7,3%. Essa amplitude explica o mau comportamento da madeira em Brasília, conforme evidenciará o exemplo apresentado a seguir.

Considere-se uma peça de um móvel de imbuia (**Ocotea porosa**) com 0,20 m de largura, correspondente à secção tangencial da madeira. A variação dimensional tangencial dessa peça, estimada pela fórmula (2), na cidade do Rio de Janeiro é de 0,4 mm, enquanto para Brasília é de 3 mm. Portanto, a variação dimensional é de 7,5 vezes maior no Distrito Federal, com conseqüências facilmente previsíveis. A secagem controlada até a umidade de equilíbrio preconizada reduziria em cerca de 50% essa variação. Assim, ter-se-ia 1,5 mm de alteração máxima possível no exemplo apresentado, que poderia ser ainda atenuada de revestimentos que retardassem as trocas de água com o meio ambiente e medidas constructionais adequadas. Portanto, recomenda-se a secagem controlada da madeira a ser utilizada em Brasília.

TABELA 1 Temperaturas médias (T) e umidades relativas médias (UR) nos doze meses do ano para o período de 1963 a 1977, na cidade de Brasília. Calculadas com base nos dados do Posto Meteorológico do Cruzeiro.
(Mean temperature (T) and relative humidity (UR) by month, for the period 1963 – 1977, in Brasília).

MÊS (Month)	UR (%)	T (°C)
JAN	76	21,3
FEV	79	21,2
MAR	76	21,5
ABR	75	20,8
MAI	70	19,3
JUN	62	18,5
JUL	58	18,2
AGO	47	20,4
SET	53	21,9
OUT	69	21,4
NOV	78	21,0
DEZ	79	21,1

TABELA 2 Umidades de equilíbrio (%) da madeira em Brasília (médias mensais).
(Equilibrium moisture content for wood in Brasília: monthly averages).

	MÊS (Month)											
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Umidade de Equilíbrio	14,9	15,8	14,9	14,6	13,3	11,5	10,7	8,7	9,7	13,0	15,5	15,8

Deve-se, contudo, salientar que a madeira, submetida à secagem até o teor recomendado de umidade, deve ser trabalhada enquanto apresentar o valor referido ou armazenada em condições que permitam conservá-lo até o seu uso.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A umidade de equilíbrio mensal de madeira em Brasília foi calculada pela fórmula de SIMPSON (1971) e comparada aos valores estimados para outras cidades do Brasil. A discussão dos resultados permite as seguintes conclusões:

- umidade de equilíbrio do mês de agosto foi de 8,7%, o mais baixo valor médio mensal registrado para o País; e
- a amplitude da variação das umidades de equilíbrio médias mensais foi de 7,1%, somente inferior à observada para Goiânia (7,3%).

Recomenda-se a secagem da madeira a ser utilizada em Brasília a teores de 12,2% de umidade.

6. REFERÊNCIAS

- BROTERO, F.A. **Dados para a indústria de contraplacados**. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1946. 54p.
- FOREST PRODUCTES LABORATORY. **Wood handbook**. Washington, U.S. Dept. Agric., 1955. 528p.
- GALVÃO, A.P.M. Secagem acelerada: programa para madeira de jatobá (**Hymenaea stilbocarpa** Hayne). **IPEF**, Piracicaba, (11): 53-65, 1975.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Temperatura e umidades relativas médias de Brasília. (Comunicação Pessoal) 1980.
- McMILLEN, J.M. & WENGERT, E.M. **Drying eastern hardwood lumber**. Madison, Forest Products Laboratory, 1978. 104p.
- PECK, E.C. **Moisture content of wood in use**. Madison, Forest Products Laboratory, 1055. 10p.
- SIMPSON, W.T. Equilibrium moisture content prediction for wood. **Forest Products Journal**, Madison, 21(5):48-9, 1971.
- SMITH, H.H. **Relative humidity and equilibrium moisture content graphs tables for use in kiln drying lumber**. Madison, Forest Products Laboratory, 1913. 10p.
- YAMAMOTO, A.K. Secagem da madeira. **Boletim Técnico ABPM**, São Paulo, 2(1):85-145, out. 1973.

A INFLUÊNCIA DE VARIÁVEIS AMBIENTAIS NO CRESCIMENTO DE ESPÉCIES /
PROCEDÊNCIAS DE **Eucalyptus** spp NOS ESTADOS DE MINAS GERAIS E
ESPÍRITO SANTO***

(The influence of environmental variables on the growth of species / provenances of
Eucalyptus spp in the states of Minas Gerais and Espírito Santo)

Carlos Alberto Ferreira*
Hilton Thadeu Z. do Couto**

RESUMO

Foram analisados onze experimentos de introdução de espécies e procedências potenciais de **Eucalyptus** instalados em várias localidades dos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. O estudo da influência de variáveis ambientais dos locais de introdução no crescimento em altura dessas espécies, aos três anos e meio de idade, permitiu concluir que a altitude do local do experimento foi a variável que mais influenciou o crescimento em altura de **Eucalyptus camaldulensis**, **E. dunnii**, **E. grandis**, **E. pellita** e **E. tereticornis**; o déficit hídrico isoladamente influenciou significativamente apenas o crescimento em altura de **E. urophylla**; a temperatura média e o total anual de precipitações não influenciaram isoladamente o crescimento em altura das oito espécies estudadas, e que é possível prever o comportamento das espécies e procedências em relação ao crescimento em altura, conhecendo-se a altitude, déficit hídrico e total anual médio de precipitações do local de introdução.

ABSTRACT

This paper deals with the relationship between height growth of eight **Eucalyptus** species/provenances and environmental variables in eleven different localities of the States of Minas Gerais and Espírito Santo, Brazil.

The data were statistically analysed and the following conclusions could be drawn: the altitude of the plantation's place was the variable most closely related to height growth of **E. camaldulensis**, **E. dunnii**, **E. grandis**, **E. pellita** and **E. tereticornis**; the annual water deficit affected only the height growth of **E. urophylla**; the mean annual temperature and rainfall did not affect the growth of the trees; it is possible by mathematical methods to predict average height growth of the different species knowing some environmental variables of the location where the forest will be established: altitude, mean annual temperature, mean annual rainfall and annual water deficit.

PALAVRAS-CHAVE: **Eucalyptus camaldulensis**; **E. dunnii**, **E. grandis**, **E. pellita**, **E. urophylla**, **E. tereticornis**, crescimento, variáveis ambientais.

1. INTRODUÇÃO

* Eng.º Flor., M.Sc., Assessor técnico do PNPf/EMBRAPA/IBDF.

** Eng.º Flor., Ph.D., Professor Livre Docente do Curso de Engenharia Florestal da ESALQ/USP.

*** Trabalho executado com auxílio financeiro da FINEP.