

IPEF, n.32, p.61-64, abr.1986

ESTIMATIVAS DA UMIDADE DE EQUILÍBRIO PARA CIDADES DA REGIÃO SUL DO BRASIL

IVALDO P. JANKOWSKY

ESALQ-USP, Depto. de Ciências Florestais
13400 - Piracicaba - SP

ALCIR T. O. BRANDAO

HELDER DE OLIVEIRA

JOSÉ DE CASTRO LIMA

SIDNEY MILANO

Pós-Graduandos em Engenharia Florestal
ESALQ-USP, Depto. de Ciências Florestais
13400 - Piracicaba - SP

ABSTRACT - Due to the importance of seasonal variation in the equilibrium moisture content on the air drying of saw wood, this paper shows the estimation for hygroscopic equilibrium in Brazilian southern cities. The values of equilibrium moisture content were calculated according to the method of Simpson based on the sorption theory of Hailwood and Horrobin. In those cities, the annual variation of equilibrium moisture content is small (less than 3,5%), but the mean values are higher than 14,4%. In this condition, the air drying of wood will be slow and unfavorable.

RESUMO - Tendo em vista que a variação sazonal da umidade de equilíbrio é um fator de suma importância na secagem natural da madeira serrada, o presente trabalho apresenta estimativas do equilíbrio higroscópico para diversas cidades da região sul. As estimativas foram feitas aplicando-se as equações propostas por Simpson, que se baseiam na teoria de sorção de Hailwood e Horrobin, às normais climatológicas fornecidas pelo Instituto Nacional de Meteorologia. Observou-se, para as cidades sob estudo, que a variação anual da umidade de equilíbrio é pequena (inferior a 3,5%), fato que favorecerá a utilização da madeira por acarretar menor movimentação dimensional. Contudo, observou-se também que os valores médios são superiores a 14,4%, condição que prejudicará a secagem natural da madeira nessas localidades.

INTRODUÇÃO

A madeira, por ser um material higroscópico, está em constante troca de umidade com o ar que a envolve. O seu teor de umidade tende a um equilíbrio dinâmico, definido como umidade de equilíbrio e que depende principalmente da temperatura e da umidade relativa do ar. Contudo, as condições ambientais diferem em função da localização geográfica e variam constantemente em um mesmo local. Essas variações irão condicionar a umidade final da madeira seca ao ar e também provocar a movimentação dimensional da madeira quando colocada em uso.

Pelo fato da secagem ao ar ser dependente das condições ambientais, tem-se que em locais secos o processo pode ocasionar defeitos severos, ao passo que altas umidades podem resultar em secagem demoradas e anti-econômicas (MARTINS et alii, 1985). Adicionalmente, o teor de umidade da madeira seca ao ar em um determinado local pode não ser o adequado se o produto vier a ser utilizado em outra localidade, agravando os inconvenientes da movimentação dimensional.

Como exemplos desses inconvenientes podem ser citados tacos de assoalho que empenam e se soltam, portas que não fecham, gavetas emperradas e partes de móveis que se deslocam (GALVÃO; 1975, 1981).

O teor de umidade da madeira em uso é discutido por diversos autores, sendo que as informações relativas ao Brasil são gerais e restritas a poucas localidades.

BROTERO (1941) 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. GALVAO (1975, 1981), apresenta estimativas da umidade de equilíbrio para diferentes cidades do Brasil, onde os valores médios variam de 12,2% (em Brasília) a 18,8% (em Belém).

Essas estimativas foram feitas aplicando-se a equação proposta por SIMPSON (1971) e, embora existam inconvenientes na utilização generalizada desses valores (ORMAN, 1966; JANKOWSKY, 1979), constituem-se na forma mais simples e rápida para se avaliar a variação sazonal da umidade de equilíbrio.

Assim, o presente trabalho objetiva fornecer estimativas sobre a variação da umidade de equilíbrio da madeira em diversas cidades da região sul do Brasil, orientando sobre as condições de secagem natural em localidades onde se concentram indústrias produtoras de madeira serrada.

MATERIAIS E MÉTODOS

A umidade de equilíbrio foi estimada aplicando-se a equação (1). Essa equação, originalmente apresentada por SIMPSON (1971), prevê a estimativa dos parâmetros K^1 , K^2 e W a partir da temperatura em graus Fahrenheit, sendo que as equações (2), (3) e (4) foram corrigidas para utilização da temperatura em graus Celsius.

$$UE = \left[\frac{K_1 K_2 h}{1 + K_1 k_2 h} + \frac{K_2 h}{1 - K_2 h} \right] \frac{1800}{W} \quad (1)$$

UE = umidade de equilíbrio

$$K_1 = 4,737 + 0,04773 (T) - 0,00050123 (T)^2 \quad (2)$$

$$K_2 = 0,70594 + 0,001698 (T) - 0,000005553 (T)^2 \quad (3)$$

$$W = 223,374 + 0,69309(T) + 0,01850 (T)^2 \quad (4)$$

T = temperatura em graus Celsius

h = umidade relativa/100

As normais climatológicas (Tabelas 1 e 2) para as cidades de vacaria (RS), São Francisco de Paula (RS), Florianópolis (SC), Lages (SC), Guarapuava (PR), Palmas (PR) e

Ponta Grossa (PR) correspondem ao período entre 1931 e 1960, e foram fornecidas pelo Escritório de Meteorologia do Ministério da Agricultura. Para a cidade de Quedas do Iguaçu (PR), o período vai de 1975 a 1984, e as informações foram fornecidas pela Coordenadoria da Área de Agrometeorologia do IAPAR.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores médios da variação anual na umidade de equilíbrio, estimados com o auxílio da equação (1) são apresentados na Tabela 3. Os valores máximo, mínimo e médio constam da Tabela 4.

TABELA 1. Temperatura média (°C) em diferentes cidades da região Sul do Brasil

Cidades	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Vacaria (RS)	20,9	21,0	19,5	16,0	13,7	11,8	11,9	12,4	14,5	16,2	18,2	20,1
S. Francisco de Paula (RS)	18,8	18,5	17,6	14,4	12,4	10,9	10,3	11,3	12,4	13,9	15,6	17,5
Florianópolis (SC)	24,4	24,3	23,8	21,3	19,3	17,6	16,5	16,8	17,8	19,3	20,3	22,8
Lages (SC)	20,4	20,1	18,9	16,0	13,2	11,5	10,9	12,3	13,9	15,6	17,4	19,3
Guarapuava (PR)	20,3	20,0	19,1	16,3	14,3	12,9	12,6	14,3	15,3	16,9	18,3	19,6
Palmas (PR)	20,0	19,6	18,6	15,1	12,6	11,5	10,7	12,5	14,2	15,9	17,7	19,3
Ponta Grossa (PR)	21,4	21,1	20,3	17,4	15,2	13,9	13,5	15,1	16,2	17,8	19,2	20,5
Quedas do Iguaçu (PR)	24,4	24,3	23,2	20,0	17,5	15,3	16,1	17,3	18,3	21,1	22,0	23,5

TABELA 2. Umidades relativas médias (%) em diferentes cidades da região Sul do Brasil

Cidades	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Vacaria (RS)	78,0	80,0	82,0	81,0	83,0	83,0	82,0	80,0	78,0	77,0	75,0	74,0
S. Francisco de Paula (RS)	82,8	85,2	85,6	86,3	86,2	85,6	83,3	81,6	83,9	83,9	81,8	84,0
Florianópolis (SC)	82,5	83,4	83,1	82,5	84,3	85,0	84,4	84,2	83,9	82,9	80,9	80,6
Lages (SC)	77,2	80,5	80,1	82,2	83,4	83,6	82,0	80,0	80,2	79,3	75,5	73,6
Guarapuava (PR)	78,7	80,2	80,0	79,9	80,1	79,4	74,9	70,1	74,0	74,8	73,4	74,9
Palmas (PR)	77,8	80,3	80,9	83,2	85,1	85,9	83,1	78,6	81,7	80,2	77,3	76,3
Ponta Grossa (PR)	78,1	80,6	80,2	80,1	80,4	80,5	76,7	72,6	75,2	76,2	74,4	75,3
Quedas do Iguaçu (PR)	72,2	75,3	75,3	74,4	77,1	78,8	72,6	70,6	69,2	69,8	71,9	72,9

TABELA 3. Variação anual da umidade de equilíbrio (%) estimada para diferentes cidades da região Sul do Brasil

Cidades	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Vacaria (RS)	15,5	16,2	16,9	16,7	17,4	17,5	17,1	16,4	15,7	15,4	14,7	14,4
S. Francisco de Paula (RS)	17,3	18,2	18,4	18,7	18,7	18,5	17,6	17,0	17,8	17,8	17,0	16,4
Florianópolis (SC)	16,9	17,3	17,2	17,1	17,8	18,1	17,9	17,8	17,7	17,3	16,5	16,3
Lages (SC)	15,3	16,4	16,3	17,1	17,6	17,7	17,1	16,4	16,4	16,1	14,9	14,3
Guarapuava (PR)	15,8	16,3	16,3	16,3	16,4	16,2	14,8	13,5	14,5	14,7	14,3	14,6
Palmas (PR)	15,5	16,3	16,6	17,5	18,3	18,6	17,5	15,9	17,0	16,4	15,4	15,1
Ponta Grossa (PR)	15,5	16,4	16,3	16,3	16,5	16,6	15,3	14,1	14,8	15,1	14,5	14,7
Quedas do Iguaçu (PR)	13,7	14,6	14,6	14,5	15,4	16,0	14,1	13,5	13,2	13,2	13,7	13,9

TABELA 4. Umidade de equilíbrio (%) máxima, mínima e média, estimadas para diferentes cidades da região Sul do Brasil

CIDADES	MÁXIMA	MÍNIMA	AMPLITUDE DE VARIAÇÃO	MÉDIA
Vacaria (RS)	17,5	14,4	3,1	16,0
S. Francisco de Paula (RS)	18,7	16,4	2,3	17,6
Florianópolis (SC)	18,1	16,3	1,8	17,2
Lages (SC)	17,7	14,3	3,4	16,0
Guarapuava (PR)	16,4	13,5	2,9	15,0
Palmas (PR)	18,6	15,1	3,5	16,9
Ponta Grossa (PR)	16,6	14,1	2,5	15,4
Quedas do Iguaçu (PR)	16,0	13,2	2,8	14,6

Os resultados das Tabelas 3 e 4 podem ser analisados sob os aspectos da diferença entre os valores máximo e mínimo, e em relação ao valor médio.

A amplitude na variação da umidade de equilíbrio é relativamente pequena, com Florianópolis apresentando a menor variação (1, 8%) e Palmas a maior (3,5%), em relação a outros locais do Brasil, segundo os resultados de GALVÃO (1975), pode-se citar os exemplos do Rio de Janeiro (0,9%), São Paulo (2,8%), Belém (4,0%), Belo Horizonte (4,9%) e Goiânia (7,3%).

Essa condição de clima mais homogêneo é favorável para a utilização da madeira em produtos manufaturados, pois irá acarretar uma variação dimensional reduzida. Como consequência, serão menores os inconvenientes da alteração nas dimensões da madeira e melhor o comportamento geral dos produtos manufaturados.

Analisando-se os valores médios, verifica-se que, com exceção de Quedas do Iguaçu, são todos superiores a 15%. Tem-se como consequência que a madeira seca ao ar dificilmente atingirá teores de umidade inferiores a esse valor, e os produtos manufaturados com essa madeira apresentarão sérios problemas de retratibilidade se forem comercializados em regiões de clima mais seco como, por exemplo, Goiás, Minas Gerais e algumas cidades do Estado de São Paulo.

Nota-se também, nas Tabelas 1 e 3, que o período mais frio vai do mês de maio até o mês de setembro (outono/inverno) e, generalizando para as cidades em estudo, o período

de maior umidade de equilíbrio ocorre entre os meses abril e julho. Pode-se afirmar que, para os locais em questão, o período compreendido entre abril e julho não é favorável para secagem ao ar de madeira serrada, pois o processo será lento, e a madeira tenderá a apresentar, após a secagem, teores de umidade acima de 17%.

Nessas condições, se a madeira vier a ser utilizada na manufatura de produtos destinados à comercialização em locais mais secos, torna-se imprescindível a secagem artificial. Essa necessidade será mais acentuada se os produtos destinarem-se à exportação.

CONCLUSÕES

Com base na discussão dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

a) A variação anual da umidade de equilíbrio é relativamente baixa (inferior a 3,5%) favorecendo a utilização da madeira em móveis e outros produtos;

b) as condições ambientais durante o período entre abril e julho não favorecem a secagem natural da madeira serrada, por condicionarem uma secagem lenta e um teor de umidade final elevado.

BIBLIOGRAFIA CITADA

BROTERO, F.A., 1941. **Secagem da madeira em estufas**. São Paulo, Inst. Pesquisas Tecnológicas, 47p.

GALVÃO, A.P.M. , 1975. Estimativas da umidade de equilíbrio da madeira em diferentes cidades do Brasil. **IPEF**, Piracicaba, (11): 53-65.

GALVÃO, A.P.M., 1985. A umidade de equilíbrio e a secagem da madeira em Brasília. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, (3): 1-7.

JANKOWSKY, I.P., 1979. **Influência da densidade básica e do teor de extrativos na umidade de equilíbrio da madeira**. Piracicaba, ESALQ, 94p. (Tese de Mestrado).

JANKOWSKY, I.P., 1985. Variação sazonal da umidade de equilíbrio para madeira de Pinus. **IPEF**, Piracicaba,(31): 41-6.

MARTINS, A.V. et alii, 1985. Secagem de madeiras ao ar livre na região do Distrito Federal. **Boletim ABPM**, São Paulo, (35): 1-13.

ORMAN, H.R., 1966. New Zealand timbers and atmospheric moisture. Rotorua, **New Zealand Forest Service**, 12p.

SIMPSON, W.T., 1911. Equilibrium moisture content prediction for wood. **Forest Products Journal**, Madson,, 21(2): 48-9.