IPEF n.11, p.53-65, 1975

ESTIMATIVAS DA UMIDADE DE EQUILÍBRIO DA MADEIRA EM DIFERENTES CIDADES DO BRASIL

A. Paulo M. Galvão(*)

SUMMARY

Two different methods are used to predict equilibrium moisture content of wood in 12 cities of Brazil. The values are calculated according to the method of SIMPSON (1971) and by relating data on equilibrium moisture content, from FOREST PRODUCTS LABORATORY (1955), to relative humidities and temperature in Brazilian cities.

The following conclusions can be drawn:

1) There is a large variation among equilibrium moisture contents of wood in Brazil.

2) The two methods are equivalent within the range of temperatures used. The maximum deviation between the humidities calculated by the two methods is 0,4%.

3) The predicted equilibrium moisture content may be used for practical utilizations. However, Brazilians most used woods should be studied as far the equilibrium moisture content, species and environment are concerned.

1. INTRODUÇÃO

O teor de umidade da madeira em uso depende principalmente da umidade relativa e da temperatura do meio. Fixando-se essas variáveis, o teor de água da madeira ajusta-se a um valor denominado umidade de equilíbrio. Isso torna possível a estimativa da umidade da madeira utilizada em diferentes condições ambientais.

Uma das características pouco desejáveis da madeira é a sua instabilidade dimensional. Abaixo da umidade de saturação ao ar, cerca de 30%, a madeira varia de dimensões proporcionalmente à quantidade de água ganha ou perdida para o ambiente. 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%.

Como conseqüência das variações dimensionais os seguintes inconvenientes, dentre outros, podem ocorrer na madeira e nos seus produtos em uso:

a) portas, janelas e gavetas podem travar-se ou frestas maiores que as desejáveis podem surgir;

b) tacos podem soltar-se dos pisos, ou, produzir estragos no «sinteco»;

c) aparecimento de rachaduras e empenamentos;

d) as colagens podem falhar;

e) os pregos, quando a movimentação é repetida, podem desprender-se.

A secagem artificial em estufas permite ajustar o teor de umidade da madeira a um valor capaz de minimizar as variações dimensionais resultantes das mudanças climáticas que ocorrem no local de sua utilização. Este trabalho tem por objetivo fornecer indicações sobre o teor de umidade a que se deve, secar a madeira para permitir seu bom desempenho em diferentes locais do Brasil.

(*) Professor Assistente Doutor - Curso de Engenharia Florestal USP/ESALQ.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A umidade da madeira em uso é discutida por PECK (1955), SKAAR (1972), KOLLMANN & COTt (1968), CLIFTON (1971) e ORMAN (1966), dentre outros.

De acordo com SKAAR (1972) os seguintes fatores influem na umidade de equilíbrio da madeira: umidade relativa, temperatura, espécie da madeira e extrativos, a história da exposição, tensões mecânicas e radiação. A umidade relativa e a temperatura são, entretanto, os fatores que predominam.

As tabelas apresentadas por PECK (1955) e pelo FOREST PRODUCTS LABORATORY (1974) fornecem as umidades de equilíbrio para diferentes utilizações em diversas regiões dos Estados Unidos da América do Norte. Os valores recomendados correspondem à média entre os teores extremos que podem ocorrer em determinada região.

O FOREST PRODUCTS LABORA TORY (1955) e (1974) apresenta tabelas relacionando umidades de equilíbrio com umidade relativa e temperatura. SMITH (1963) apresenta também uma tabela que corresponde aquela fornecida pelo FOREST PRODUCTS LABORATORY (1955).

A revisão da literatura evidencia que, em locais de inverno rigoroso a madeira utilizada em interiores, apresenta umidades com amplitudes de variação maiores devido ao aquecimento dos edifícios. Assim, por exemplo, PECK (1955) estima para a cidade de Boston a umidade de equilíbrio de 7,0% em janeiro e 13,0% em julho, enquanto que New Orleans, com inverno relativamente suave, apresenta 12,5% e 13,5% para os meses em questão.

O método desenvolvido por SIMPSON (1971), com base na teoria da adsorção de Hailwood e Horrobin, permite calcular a umidade de equilíbrio da madeira em função da temperatura e umidade relativa. Quatro equações ou uma equação e uma tabela de constantes tornam essa previsão possível. Posteriormente, SIMPSON (1973) estudou a eficiência de 9 diferentes modelos matemáticos obtidos das teorias de adsorção de materiais higroscópicos, na estimativa da umidade de equilíbrio da madeira. Concluiu que a teoria de Hailwood e Horrobin e a teoria de Pierce são as mais precisas.

O relacionamento entre os dados de umidade de equilíbrio, temperatura e umidade relativa do FOREST PRODUCTS LABORATORY (1955) e os valores experimentais de umidade de 7 espécies de madeiras na Nova Zelândia foi estudado por ORMAN (1966). Assim, a umidade de equilíbrio dessas espécies foi estimada a partir da umidade relativa e temperatura de um ambiente considerado, com o auxílio de equações de regressão ou tabelas.

BROTERO (1946) considera «pouco provável diferenças entre valores da umidade de equilíbrio dos Estados unidos da América do Norte e Zona Sul do nosso país». Segundo ainda BROTERO (1941) a madeira utilizada em interiores mantém sua umidade entre 10 a 13%. YAMAMOTO (1973) trata da secagem da madeira em seus aspectos gerais. Considera que na secagem em estufa, para determinados fins, o teor de umidade deve ser inferior a 10% .Apresenta uma tabela relacionando umidade de equilíbrio com temperaturas de termômetro seco e úmido para ser utilizada nas secagens controladas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A umidade de equilíbrio foi calculada por dois diferentes métodos. Inicialmente, foi estimada como uma função da temperatura e umidade relativa com base na tabela apresentada por SMITH (1963) e FOREST PRODUCTS LABORATORY (1955).

A umidade de equilíbrio foi também estimada com o auxílio da equação (1) elaborada por SIMPSON (1971) que é baseada na teoria de Hailwood e Horrobin. As equações (2), (3) e (4) foram utilizadas para calcular as constantes da expressão (1).

$$UE = \left(\frac{K_1 K_2 H}{1 + K_1 K_2 h} + \frac{K_2 h}{1 - K_2 h} \right) \frac{1800}{W} \qquad (1)$$

$$K_1 = 3{,}730 + 0{,}03642T - 0{,}000154T^2 \qquad (2)$$
$$K_2 = 0{,}6740 + 0{,}001053T - 0{,}000001714T^2 \qquad (3)$$
$$W = 216{,}9 + 0{,}01961t + 0{,}005720T^2 \qquad (4)$$

Nessas expressões (T) é a temperatura na escala Farenheit, (h) é a pressão relativa de valor d'água

$\left(\frac{\text{Umidade relativa}}{100} \right)$ e (UE) é a umidade de equilíbrio da madeira.

Os dados de umidade relativa e temperatura utilizados correspondem às normais climáticas apresentadas pelo BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (1969) e ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA «LUIZ DE QUEIROZ» (1973).

Das duas maneiras indicadas, a umidade de equilíbrio em diferentes localidades do Brasil foi calculada para os 12 meses do ano. A média aritmética entre o valor mensal máximo e o mínimo foi considerada como a umidade média de equilíbrio para cada cidade.

Os cálculos que envolveram grande número de interpolações foram efetuados em computador do Departamento de Matemática da Escola Superior de Agricultura «Luiz de Queiroz».

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Devido à falta de dados sobre a umidade de equilíbrio média da madeira no Brasil e a sua grande utilidade para as indústrias que a processam, procura-se neste trabalho estimar os seus valores para diferentes cidades.

O quadro 1 mostra as normais das temperaturas médias e umidades relativas médias.

Os quadros 2, 3, 4 e 5, apresentando umidades de equilíbrio, foram elaborados a partir dos dados de temperatura e umidade relativa do quadro 1, de acordo com os métodos descritos no item 3.

Quadro 1 - Normais (*) das Temperaturas médias (T) e Umidades relativas médias (UR) para os 12 meses em diferentes cidades do Brasil. De acordo com o MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (1969) e ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ" (1973).

CIDADES	Janeiro		Fevereiro		Março		Abril		Maio		Junho		Julho		Agosto		Setembro		Outubro		Novembro		Dezembro	
	T (ºC)	UR (%)	T (ºC)	UR (%)	T (ºC)	UR (%)	T (ºC)	UR (%)	T (ºC)	UR (%)	T (ºC)	UR (%)	T (ºC)	UR (%)	T (ºC)	UR (%)	T (ºC)	UR (%)	T (ºC)	UR (%)	T (ºC)	UR (%)	T (ºC)	UR (%)
Belém	25,6	88,8	25,5	90,7	25,4	90,7	25,7	90,4	26,0	81,2	26,0	84,5	25,9	83,2	26,0	83,4	26,0	83,8	26,2	82,8	26,5	81,8	26,3	84,9
Belo Horizonte	22,8	75,9	22,9	74,5	22,3	75,7	21,1	74,5	19,1	72,8	18,0	71,7	17,7	67,1	19,0	61,4	20,8	63,3	21,5	69,0	21,7	73,9	21,6	79,8
Curitiba	20,1	82,2	20,1	83,8	19,2	83,9	16,8	83,7	14,5	83,1	13,2	82,7	12,5	80,4	14,0	77,9	14,8	80,5	16,2	81,7	17,4	80,5	18,9	80,6
Fortaleza	27,2	77,4	27,2	79,9	26,8	81,9	26,8	82,2	26,7	80,1	26,1	78,1	26,0	75,3	26,0	73,3	26,4	73,7	26,8	72,9	26,9	74,2	27,2	75,4
Goiânia	22,8	80,8	23,0	81,6	22,8	82,3	22,2	77,9	20,4	72,2	18,9	68,0	18,8	61,8	21,2	51,6	23,2	54,0	23,6	67,6	23,0	78,3	22,7	81,6
Manaus	25,9	87,7	25,8	87,8	25,8	88,2	25,8	88,5	26,4	86,2	26,6	83,0	26,9	79,7	27,5	77,2	27,9	77,5	27,7	79,4	27,3	82,1	26,7	85,2
Piracicaba (**)	23,9	74,5	23,8	75,9	23,4	74,6	21,3	71,2	18,8	71,6	17,3	72,0	17,3	67,3	19,1	60,0	20,7	59,9	21,9	66,5	22,8	66,6	23,5	70,7
Porto Alegre	24,7	70,4	24,5	73,7	23,3	75,1	19,7	77,5	17,1	80,7	15,0	83,2	14,3	81,3	15,3	78,0	16,8	77,2	19,1	74,9	21,3	70,5	23,4	68,5
Recife (Olinda)	27,0	76,3	27,1	77,4	27,0	78,8	26,6	80,8	25,6	82,5	24,9	82,7	24,2	81,6	24,2	80,4	25,0	78,4	25,9	76,4	26,4	76,4	26,9	76,3
Rio de Janeiro	25,9	77,8	26,1	78,2	25,5	79,2	23,9	78,9	22,3	79,0	21,3	78,2	20,7	76,9	21,1	75,7	21,5	77,7	22,3	78,4	23,1	79,1	24,5	78,9
Salvador	26,0	78,6	26,3	78,3	26,3	79,7	25,8	81,9	24,8	82,3	23,8	80,8	23,0	80,1	22,9	78,8	23,6	79,7	24,5	79,6	25,2	80,3	25,6	79,9
São Paulo	21,9	82,0	21,7	82,0	21,0	80,0	19,6	81,0	17,1	79,0	15,8	78,0	15,2	77,0	16,9	73,0	18,7	74,0	18,5	82,0	19,8	79,0	20,8	82,0

(*) Normais para o período 1931-1960.

(**) (T) do período 1931-1960 e (UR) de 1943-1970.

Quadro 2 - Umidade de equilíbrio média mensal da madeira, em diferentes cidades do Brasil, calculada com base na tabela apresentada por SMITH (1963).

CIDADES	UMIDADES DE EQUILIBRIO (%)											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Belém	19,9	21,0	21,0	20,4	18,8	17,5	17,0	17,0	17,5	17,0	16,6	17,9
Belo Horizonte	14,6	14,1	14,6	14,2	14,0	13,7	12,4	11,2	11,5	12,8	14,1	16,1
Curitiba	16,9	17,6	17,7	17,8	14,4	17,3	16,3	15,7	16,3	17,0	16,2	16,5
Fortaleza	14,9	15,8	16,6	16,6	1,59	15,2	14,3	13,6	13,9	13,6	13,9	14,3
Goiânia	16,4	16,8	16,8	15,3	13,7	12,7	11,4	9,6	9,8	12,5	15,2	16,8
Manaus	19,3	19,3	19,3	19,3	18,3	17,0	15,9	14,9	15,2	15,5	16,6	17,9
Piracicaba	14,0	14,6	14,3	13,4	13,7	13,7	12,4	11,0	11,0	12,0	12,2	13,2
Porto Alegre	12,9	14,0	14,3	15,4	16,6	17,4	16,6	15,6	15,2	14,4	13,1	12,5
Recife (Olinda)	14,6	14,9	15,5	16,3	16,7	17,2	16,8	16,0	15,2	14,6	14,6	14,6
Rio de Janeiro	15,2	15,2	15,5	15,6	15,7	15,3	15,0	14,7	15,3	15,3	15,6	15,6
Salvador	15,5	15,2	15,9	16,7	16,7	16,4	16,0	15,6	16,0	16,0	16,0	15,9
São Paulo	16,8	16,8	16,1	16,5	15,8	15,6	15,3	13,9	14,2	17,0	15,7	16,9

Quadro 3 - Umidade de equilíbrio máxima, mínima e média da madeira em diferentes cidades do Brasil, baseadas em dados do quadro 2.

CIDADES	Umidades de Equilíbrio (%)		
	Máxima	Mínima	Média
Belém	21,0	16,6	18,8
Belo Horizonte	16,1	11,2	13,6
Curitiba	17,8	15,7	16,7
Fortaleza	16,6	13,6	15,1
Goiânia	16,8	9,6	13,2
Manaus	19,3	14,9	17,1
Piracicaba	14,6	11,0	12,8
Porto Alegre	17,4	12,5	14,9
Recife (Olinda)	17,2	14,6	15,9
Rio de Janeiro	15,7	14,7	15,2
Salvador	16,7	15,2	16,0
São Paulo	17,0	13,9	15,4

Quadro 4 - Umidades de equilíbrio média mensal de madeira, em diferentes cidades do Brasil, calculada pela fórmula de SIMPSON

CIDADES	UMIDADES DE EQUILIBRIO (%)											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Belém	19,6	20,6	20,6	20,1	18,7	17,4	17,0	17,0	17,4	17,0	16,6	17,8
Belo Horizonte	14,8	14,3	14,9	14,3	14,1	13,9	12,6	11,3	11,7	13,0	14,3	16,2
Curitiba	16,9	17,7	17,7	17,8	17,4	17,4	16,4	15,7	16,4	17,0	16,3	16,6
Fortaleza	14,9	15,9	16,6	16,6	15,9	15,3	14,4	13,8	14,1	13,8	14,1	14,3
Goiânia	16,5	16,8	16,8	15,5	13,8	12,8	11,5	9,5	9,8	12,7	15,5	16,8
Manaus	19,1	19,2	19,2	19,2	18,2	17,0	15,9	14,9	15,2	15,5	16,6	17,8
Piracicaba	14,2	14,8	14,5	13,5	13,9	13,9	12,7	11,1	11,0	12,3	12,5	13,4
Porto Alegre	13,1	14,2	14,5	15,6	16,6	17,4	16,7	15,7	15,3	14,7	13,3	12,7
Recife (Olinda)	14,6	14,9	15,6	16,3	16,7	17,1	16,7	16,0	15,4	14,7	14,7	14,7
Rio de Janeiro	15,3	15,3	15,7	15,7	15,8	15,5	15,2	14,9	15,5	15,5	15,8	15,7
Salvador	15,6	15,3	16,0	16,7	16,7	16,4	16,1	15,8	16,1	16,0	16,0	16,0
São Paulo	16,9	16,9	16,2	16,6	16,0	15,7	15,4	14,2	14,4	17,0	15,9	16,9

Quadro 5 - Umidade de equilíbrio máxima, mínima e média da madeira em diferentes cidades do Brasil, baseadas em dados do quadro 4.

CIDADES	Umidades de Equilíbrio (%)		
	Máxima	Mínima	Média
Belém	20,6	16,6	18,6
Belo Horizonte	16,2	11,3	13,7
Curitiba	17,8	15,7	16,7
Fortaleza	16,6	13,8	15,2
Goiânia	16,8	9,5	13,2
Manaus	19,2	14,9	17,0
Piracicaba	14,8	11,0	12,9
Porto Alegre	17,4	12,7	15,0
Recife (Olinda)	17,1	14,6	15,8
Rio de Janeiro	15,8	14,9	15,3
Salvador	16,7	15,3	16,0
São Paulo	17,0	14,2	15,6

As umidades de equilíbrio médias mensais dos quadros 2 e 4 foram estimadas, considerando-se que as umidades de equilíbrio obtidas experimentalmente e apresentadas pelo FOREST PRODUCTS LABORATORY (1955) e por SMlTH (1963) representam os valores esperados para as madeiras utilizadas no Brasil.

O FOREST PRODUCTS LABORATORY (1955) e (1974) julga que sua tabela relacionando valores de umidade de equilíbrio obtidos experimentalmente em função da umidade relativa e temperatura aplica-se para propósitos práticos à maioria das espécies de madeira. De acordo com SKAAR (1972) a diferença de adsorção de umidade entre espécies nas regiões temperadas «geralmente não é muito grande». As exceções seriam para espécies com elevado teor de extrativos, nas quais a umidade de equilíbrio tende a ser menor. A diferença máxima constatada para madeira de cerne de 2 espécies estudadas por CLIFTON {1971) foi de 0,3%.

Utilizam-se neste trabalho médias mensais de temperatura e umidade na estimativa do teor de umidade a que se deve conduzir a madeira em secagem por duas razões. Assim, considera-se que as variações climáticas não são seguidas instantaneamente por alterações das condições da madeira e que os valores mensais são médias, portanto, com um erro padrão. É o que se discutirá a seguir.

O FOREST PRODUCTS LABORATORY (1974) esclarece que madeira de coníferas submetida à secagem em estufa até 8% ou menos, aumenta de umidade na proporção de 0,3% ao mês em recintos fechados e 1,0% em abrigos abertos durante a estação úmida. No presente trabalho trata-se de estabelecer valores para as madeiras utilizadas em interiores, portanto com menor rapidez nas variações do teor de umidade. Dessa forma, é razoável considerar-se a umidade de equilíbrio diretamente relacionada com a média mensal. A validade da utilização das médias mensais encontra também apoio no trabalho de ORMAN (1966). De acordo com o mesmo, as médias mensais obtidas de leituras semanais trazem pouco efeito das condições de umidade relativa e temperatura dos meses anteriores e, portanto, a umidade média da madeira pode ser diretamente relacionada com as médias de temperatura e umidade relativa para um determinado mês. As diferenças entre espécies superariam eventuais efeitos residuais de condições climáticas de meses anteriores. SKAAR (1972) considera que longos períodos de tempo são necessários para a difusão da umidade em peças espessas e, portanto, a madeira não atinge rapidamente os valores teóricos correspondentes a Umidade relativa e temperatura consideradas.

O período de tempo necessário para determinada variação do teor de umidade da madeira em função da alteração das condições climáticas pode ser estimado da maneira indicada por SIAU (1971). Assim, para exemplificar, pode-se calcular o período de tempo necessário para que o teor médio de umidade de uma peça de madeira com peso específico de 0,60 e espessura de 2,5 cm varie de 16% para 14 % de umidade, quando as condições ambientais correspondem a uma umidade de equilíbrio de 12% à temperatura média de 22°C. Essas condições equivalem a:

$$E = \frac{16 - 14}{16 - 12} = 0{,}50, \text{ que corresponde a } T = 0{,}77.$$

Sendo,

$$T = \frac{t\,Dg}{\left(\frac{L}{2}\right)^2} \text{ e } Dg = \frac{Db}{(1 - a^2)\,(1 - a)}$$

chega-se a um valor t de aproximadamente 23 dias. Portanto, são realmente lentas as variações de umidade para condições normais de utilização.

Nas expressões anteriores E = variação fraccional média de umidade, T = parâmetro sem dimensões proporcional ao período de tempo, L = espessura em cm, Dg = coeficiente de difusão da umidade em cm^2/s, Db = coeficiente de difusão da água higroscópica em cm^2/s e a = raiz quadrada da porosidade.

As umidades de equilíbrio dos quadros 3 e 5 são médias. Portanto, com um erro padrão. Nessas condições tanto o valor máximo como o mínimo apresentam uma variação para mais ou menos o erro padrão da variável considerada. Apesar do MINISTÉRIO DA AGRICULTURA (1969) e ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA «LUIZ DE QUEIROZ» (1973) não apresentarem os erros padrões para as médias obtidas, parece razoável considerá-los de mesma ordem de grandeza para os valores máximos assim como

para os mínimos. Portanto, apesar das oscilações da umidade de equilíbrio máxima e mínima é viável considerarem-se as médias estimadas como representativas das reais e capazes de serem utilizadas na prática.

Considerando-se, contudo, a inexistência de pesquisas sobre o presente assunto no país, considera-se conveniente o desenvolvimento de estudos sobre isotermas higroscópicas das madeiras brasileiras, verificando-se o seu relacionamento com os dados americanos e a influência da espécie na umidade de equilíbrio.

A fórmula apresentada por SIMPSON (1971), utilizada para estimar os teores de umidade do quadro 4, baseia-se na teoria de Hailwood e Horrobin, que considera a água absorvida pela madeira ocorrendo parte como água de hidratação e parte como água dissolvida, formando uma solução com a celulose. Haveria, assim, três componentes em equilíbrio: água dissolvida, celulose hidratada e celulose. Como conseqüência, aparecem na fórmula de SIMPSON as constantes K_1 e K_2 que são valores de equilíbrio. Entretanto, deve-se observar que as equações 2,3 e 4, as quais permitem calcular K_1, K_2 e mais W, foram também estabelecidas com o auxílio dos dados do FOREST PRODUCTS LABORATORY (1955). Portanto, a fórmula de SIMPSON foi elaborada com o auxílio de isotermas experimentais previamente estabelecidas. Deve-se, contudo, ressaltar que, apesar dessa dependência, esse método elimina interpolações tabulares enfadonhas e a utilização de tabelas ou o armazenamento dos seus dados para uso no computador. Pode-se ainda optar pelos valores de K_1, K_2 e W fornecidos por SIMPSON (1971) para diferentes temperaturas, os quais permitem a estimativa com menor número de cálculos dispensando o uso de computador.

Levando-se em conta os fatores previamente apontados pode-se afirmar que as umidades estimadas pelos dois métodos apresentam boa concordância. A máxima diferença observada foi de 0,4% que ainda é perfeitamente admissível para propósitos práticos. SIMPSON (1971) encontrou o desvio máximo de 0,9% entre os valores estimados pelos dois métodos, isto é, diretamente da tabela ou pela sua fórmula.

Das cidades estudadas, Belém e Goiânia apresentam, respectivamente, o maior e o menor valor de umidade de equilíbrio. Entretanto, Goiânia apresenta a maior amplitude de variação, superior a 7% , indicando que naquela cidade são maiores as possibilidades de um mau desempenho da madeira indevidamente seca. É interessante notar como a umidade a que se deve secar a madeira pode variar acentuadamente com o local considerado. Assim, por exemplo, de acordo com afigura 3, a madeira utilizada em Belém deve ser seca a 18,8% ao passo que em Belo Horizonte deve ser conduzida a um teor de 13,6%. Portanto, uma diferença de cerca de 5,2% de um local ao outro.

A variação dimensional da madeira em função da umidade de equilíbrio pode ser estimada pela expressão:

$$Vd = \frac{D\,V\mu\,R}{USA\,100}$$

onde,

D = dimensão inicial da peça em mm

Vμ = variação da umidade de equilíbrio em %
USA = umidade de saturação ao ar em % (30%)
R= retração total da madeira em %
Vd = variação dimensional considerada em mm

Nas condições especificadas anteriormente para Belém e Belo Horizonte, uma peça de 0,20 m de largura correspondente a secção tangencial de madeira que apresente 8% de retração total deverá variar de aproximadamente 3 mm, com resultados práticos facilmente identificáveis.

É conveniente ainda ressaltar que a madeira deve ser processada quando se encontra nos valores médios de umidade de equilíbrio estimados. De nada adianta apenas secar madeira até o valor indicado e depois deixá-la longos períodos exposta a condições ambientais que podem levar o material a uma umidade diferente da desejada.

5. RESUMO E CONCLUSÕES

Tendo em vista a secagem controlada da madeira em estufas, o presente trabalho estima a umidade de equilíbrio da madeira em diferentes cidades do Brasil. Esses valores foram calculados de acordo com o método idealizado por SIMPSON (1971) e com base em dados locais de umidade relativa média temperatura média aplicados à tabela do FOREST PRODUCTS LABORATORY (1955) ou SMITH (1963).

Da discussão dos resultados as seguintes conclusões podem ser tiradas:

1) Há considerável variação da umidade de equilíbrio da madeira no Brasil.

2) Os dois métodos utilizados para estimar as umidades de equilíbrio são equivalentes.

3) As umidades estimadas prestam-se à utilização prática, sendo, contudo conveniente o desenvolvimento de estudos com espécies de madeiras comumente utilizadas no Brasil.

6. AGRADECIMENTOS

O autor agradece ao acadêmico de Engenharia Florestal Antonio Rioyei Higa pelo auxílio na compilação de dados climáticos das cidades estudadas.

7. BIBLIOGRAFIA

7.1 - BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA - **Normais climáticas**. Rio de Janeiro, Escritório de Meteorologia, 1969.

7.2 - BROTERO, F. A. - **Dados para Indústria de contraplacados**. São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1946. 64 p.

7.3 - **Secagem da madeira em estufa**, São Paulo, Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1941. 47p.

7.4 - CLIFTON, N. C. - **Equilibrium moisture content of finishing timber in centrally-heated and air conditioned commercial buildings**, Wellington, Timber

Research and Development Association, 1971. 7p. (New Zealand Forest Service, reprint 454).

7.5 - ESCOLA SUPERIROR DE AGRICULTURA «LUIZ DE QUEIROZ». DEPARTAMENTO DE FÍSICA E METEOROLOGIA. Piracicaba - **Análise dos dados meteorológicos de Piracicaba, SP de 1917 a 1970**. 1973. 26p. (Boletim técnico-científico, 36).

7.6 - FOREST PRODUCTS LABORATORY. Washington - **Wood handbook**. 1955. 528p.

7.7 - -----**Wood handbook**, 2. ed.

7.8 KOLLMANN, F. F. P. & COTÊ JR, W. A. **- Principles of wood science and technology**: 1-solid wood. New York, Springer-Verlag, 1968. 592p.

7.9 - ORMAN, H.R. - **New zealand timbers and atmospheric moisture**. Rotorua, Forest Research Institute, 1966. 12p. (New Zealand Forest Service, reprint 379).

7.10 - PECK, E.C. - **Moisture content of wood in use**. Madison, Forest Products Laboratory, 1955. 10p.

7.11 - SIAU, J. F. **- Flow in wood**. Syracuse, Syracuse University Press, 1917. 131p.

7.12 - SIMPSON, W. T. - Equilibrium moisture content prediction of wood. **Forest products journal**, Madison, **21** (5): 48-9, mai.1971.

7.13 - -----Predicting equilibrium moisture content of wood by mathematical models. **Wood and fiber**, Madison, **5**(1): 41-9, jan.1973.

7.14 - SKAAR, C. - **Water in wood**, Syracuse, Syracuse University Press, 1972. 318p.

7.15 - SMITH, H. H. - **Relative humidity and equilibrium moisture content graphs and table for use in kiln drying lumber**. Madison, Forest Products Laboratory, 1963. 10p. (Reprint 1651).

7.16 - YAMAMOTO, A. K. - Secagem da madeira. **Preservação de madeiras: boletim técnico**, São Paulo, **2**(1): 85-145, out.1973.

Indústria de Papel LEON FEFFER S/A
Companhia SUZANO de Papel e Celulose
Indústrias de Papel RIO VERDE S/A

★

PAPÉIS E CARTÕES PARA EMBALAGENS E IMPRESSÕES

- OFFSET
- MIMEÓGRAFO RAPID
- CARTÃO BRANCO «ALEF9»
- CARTÃO BRANCO MULTIPLEX
- CARTÃO BRANCO "T.P. ALEF9»
- CARTÃO BRANCO L.F.
- CARTÃO BRISTOL
- ACETINADO
- SUPER WHITE (*)
- COUCHE
- SULFITE
- BUFFON
- KRAFT
- MONOLÚCIDO
- SUPERBOND
- ILUSTRAÇÃO
- PLASTKRAFT
- RIO BRANCO (*)

(*) Marca Registrada

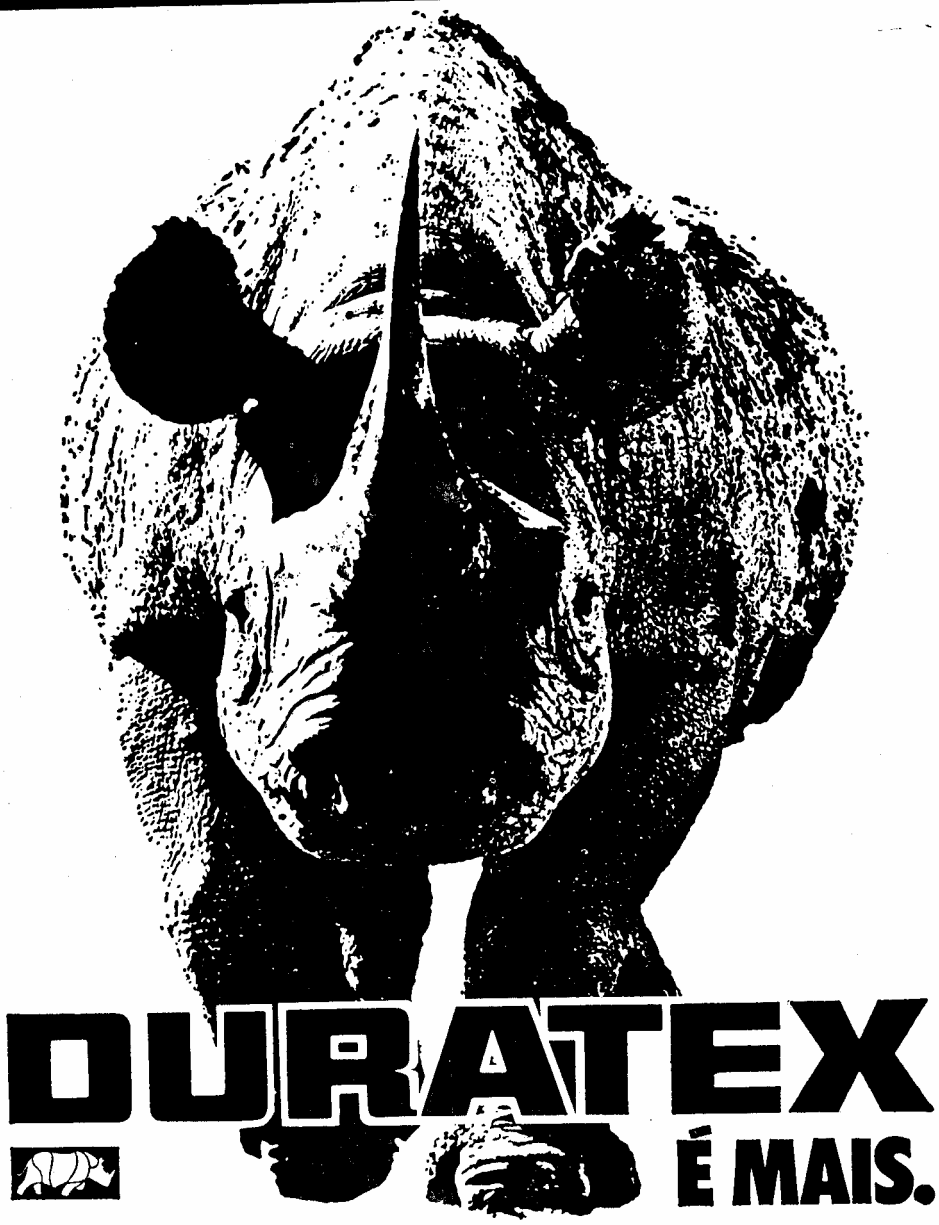
Av. Presidente Wilson, 4.100 - Tels.: 63-9161 — 273-9497 — 273-9757

Caixa Postal 42.319 — Telegrama: «FEFERMIL» — São Paulo

— REPRESENTANTES —

* Rio de Janeiro — Tel. 243-7967 — 221-319 — 221-1819
* Fortaleza — Tel. 40-254 — * Pôrto Alegre — Tel. 22-5132
* Salvador — Tel. 2-2412 — * Blumenal — Tel. 22-1034
* Curitiba — Tel. 22-0273 — * B. Horizonte — Tel. 22-4174
* Goiânia — Tel. 6-3486 — * Recife — Tel. 4-4036

EXISTEM CHAPAS DURAS
MAIS FORTES E MENOS FORTES.



DURATEX
É MAIS.