

ESTIMATIVA DA UMIDADE DE EQUILÍBRIO EM ALGUMAS MICRORREGIÕES DO ESTADO DO PARÁ

Bruna Oliveira FERREIRA¹, Andrea Masae dos Santos OKABE², Elessandra Da Silva ARAÚJO¹, Alcir Tadeu de Oliveira BRANDÃO¹

1 – LTPF/ICA/UFRA, Laboratório de Tecnologia de Produtos Florestais do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém-Para – Brasil,
(email:bruhdantas17@gmail.com).

2 - LASIC/ICIBE/UFRA, Laboratório de Sistemas Ciberfísicos do Instituto Ciber Espacial da Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém-Para – Brasil

Resumo: O processo de secagem da madeira pode ser feito artificialmente ou ao ar livre. Para a segunda opção é necessário que o local da secagem esteja com valores de umidade de equilíbrio abaixo ou na média em relação a região que será comercializada a madeira. O estudo tem como objetivo fornecer estimativas sobre a variação da umidade de equilíbrio da madeira em algumas microrregiões do estado do Pará, revelando as condições de secagem natural em localidades onde se concentram indústrias produtoras de madeira serrada. Desse modo, selecionou-se as microrregiões: Paragominas, Tomé-açu, Óbidos, Cametá, Santarém, Almeirim, Tucuruí, Redenção, Conceição do Araguaia, Altamira, Belém e Marabá no período de 2004 a 2015 para a realização deste estudo. Fez-se tabelas que mostram a média, o máximo e o mínimo valor de umidade de equilíbrio das microrregiões. As estimativas dos valores médios mostram que de janeiro a maio todas as cidades apresentam valores acima de 16%, exceto Conceição do Araguaia. As microrregiões que atingem maiores valores médios de umidade de equilíbrio são a representante da microrregião de Santarém (Belterra) e a microrregião de Belém, a que atinge menor valor é Conceição de Araguaia com mínimo de 8,92% em setembro. Assim, Conceição do Araguaia nos meses de maio a outubro possui condições mais adequadas para secar madeira destinada para produção de móveis para interiores e exportação. Em geral, a aplicação do processo de secagem artificial para madeira destinada à exportação é necessária, pois permite a secagem até valores abaixo dos que são impostos nas microrregiões.

Palavras-chave: Umidade de equilíbrio, secagem da madeira, microrregiões paraenses.

Abstract: The drying process the timber can be made artificially or outdoors. Selecting the second option, it is necessary that the place of drying is to equilibrium moisture values below or the average over the region that wood will be sold. The study aims to provide estimates of the variation of the wood equilibrium moisture in several micro-regions of Para, revealing the natural drying conditions in locations where they are concentrated industries producing lumber. Thus, we selected the micro-regions: Paragominas, Tomé-Açu, Obidos, Cametá, Santarém, Almeirim, Tucuruí, Redemption, Conceição do Araguaia, Altamira, Belem and Maraba in the 2004-2015 period for this study. Made up tables showing the average, maximum and minimum equilibrium moisture value of micro-regions. Estimates of the mean values show that from January to May all cities have values above 16%, except Conceição do Araguaia. The regions that reach higher average values of equilibrium moisture are the representative of micro-region Santarém (Belterra) and the micro-region of Belém and the lower reaches that value is Conceição do Araguaia. Thereby Conceição do Araguaia in the

months from May to October has more suitable conditions for drying wood intended for the production of furniture for indoor and export. In general, the application of artificial drying process for wood for export is required because it allows drying to values below that are imposed in the regions.

Keywords: Equilibrium moisture, wood drying, microregions paraenses.

1. INTRODUÇÃO

A umidade de equilíbrio diz respeito ao teor de umidade de um material higroscópico quando exposto a um ambiente em condições de temperatura e umidade relativa após um período de tempo (ELEOTÉRIO et al, 1998).

A madeira exposta ao ar perde e ganha muita umidade até chegar a um equilíbrio dinâmico, chamada de umidade de equilíbrio, essa variação implica em mudanças na estabilidade dimensional e mecânica dessa matéria (SILVA, 2003).

A madeira está higroscopicamente em equilíbrio com o ambiente, quando a tensão do vapor d'água interior for correspondente a tensão de vapor d'água exterior do material (JANKOWSKY, 1985). A relação entre a tensão do vapor d'água do meio com os fatores de temperatura e teor de umidade do material apresenta especificidade, inferindo-se que há variação da umidade de equilíbrio em madeira serrada de diferentes espécies, também há variação em relação a localidade pelos fatores ambientais externos (GALVÃO, 1975).

O processo de secagem da madeira pode ser feito artificialmente ou ao ar livre. Selecionando-se a segunda opção, é necessário que o local da secagem esteja com valores de umidade de equilíbrio abaixo ou na média em relação a região que será comercializada a madeira, para que a variação de umidade de equilíbrio do material não altere com discrepância, causando mudanças visíveis na forma do produto (SILVA et al., 1997).

Sendo assim, tem-se como protagonista a região do Estado do Pará, em função da importância do setor florestal na geração de emprego e renda e nas exportações de madeira (SANTOS e SANTANA, 2009). Especificamente, foram escolhidas as microrregiões: Paragominas, Tomé-Açu, Óbidos, Cametá, Santarém, Almeirim, Tucuruí, Redenção, Conceição do Araguaia, Altamira, Belém e Marabá tem um maior destaque, pois possuem as maiores somatórias na produção de madeira em tora e madeira em lenha entre os anos de 2000 e 2012 (SAGRI, 2012).

A extração e beneficiamento da madeira no Pará são feitos por um conjunto dominante de micro e pequenas empresas especializadas na produção de madeira serrada, móveis e artefatos de madeira (92,4% do total), bem como por um conjunto menor de médias e grandes empresas que produzem laminado, compensado e aglomerado de madeira (7,6% do total) (SANTANA; 2001, 2002).

Uma empresa que se preocupa com a secagem correta da madeira se destaca no mercado, pois esse material apresentará alta qualidade, capaz de evitar adversidades no produto, tais como, ação biológica sustentados pelos resquícios de umidade que ficaram na madeira ou tensões originadas na estrutura anatômica provocadas pela rápida perda de água (SKAAR, 1988) causando incidentes: gavetas emperradas, portas que não fecham, tacos de assoalho que empenam e se soltam e partes de móveis que se deslocam (GALVÃO; 1975, 1981).

Silva e Wenzel (1995) e Gomide (1974) afirmam que logo após o abate, o processo de secagem começa, ainda, dentro da floresta. As condições de secagem existentes podem exibir



altas variações de modo que seria fácil atingir umidades de equilíbrio da ordem de 15,8% nos períodos chuvosos a 11,5% nos períodos secos rapidamente.

Na secagem ao ar livre, o tempo necessário para chegar a umidade de equilíbrio ideal depende das condições climáticas de cada região. Caso haja necessidade de se atingir um valor abaixo do que as condições permitam, deve-se proceder a secagem em estufas (MENDES et al., 1996).

A madeira deve estar seca para receber acabamentos superficiais como pintura e envernizamento, já que poucas tintas e vernizes aderem convenientemente à superfície úmida da madeira. Ainda é possível que apareçam bolhas e rachaduras causadas pela pressão exercida pela água ao evaporar (GOMIDE, 1974).

Segundo Suchsland (1972) e Silva et al. (2005), é importante o conhecimento sobre a relação entre a umidade de equilíbrio, a temperatura e a umidade relativa, já que esse dado depende de fatores ambientais externos e fatores internos – como das propriedades da madeira a ser analisada, infere-se que há oscilação na umidade de equilíbrio em função da localização geográfica, variando o seu valor constantemente em um mesmo local, o mesmo ocorre quando se trata da madeira de diferentes espécies. Nessa circunstância, verifica-se que o teor de umidade da madeira seca ao ar de determinada localidade pode não se adequar a outra (JANKOWSKY et al., 1986).

Sendo assim, é necessário manejar adequadamente a madeira serrada no processo de secagem, pois quando esse produto for usado para fins de manufaturas – produção de móveis na mesma localidade, por exemplo – não absorva nem perca umidade, eliminando problemas como a alteração na forma: empenamento de painéis, inchamento e contração na estrutura do composto (BURCH et al., 1992; WU e SUCHSLAND, 1996). Essas problemáticas são recorrentes quando a madeira é levada para outra localidade (JANKOWSKY et al., 1986).

Em vista disso, Galvão (1975, 1981); Brotero (1941); Lima e Mendes, (1995); Lima et al. (2000); Martins et al. (2003), realizaram pesquisas para determinação de estimativas de umidade de equilíbrio em diferentes cidades e com diferentes espécies.

Galvão (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) sendo que a média aritmética entre o valor mensal máximo e o mínimo foi considerada como a umidade média de equilíbrio para cada cidade. Brotero (1941) diz que a madeira utilizada em interiores genericamente mantém sua umidade entre 10 a 13%. Lima e Mendes (1995) e Mendes et al. (1996) determinam que o valor de umidade relativa recomendada para secagem da madeira na cidade de Ubá/MG é de 14,37%, que é a umidade de equilíbrio média anual da mesma.

Sendo assim, o presente trabalho poderá contribuir, influenciando diretamente na metodologia de secagem de madeira serrada de quem preza pela qualidade de seu produto, e deseja evitar os incidentes já mencionados que o efeito da higroscopicidade pode causar na madeira, garantindo a confiança dos clientes e, conseqüentemente, o retorno financeiro.

O estudo tem como objetivo fornecer estimativas sobre a variação da umidade de equilíbrio da madeira em diversas microrregiões do Pará, revelando as condições de secagem natural em localidades onde se concentram indústrias produtoras de madeira serrada.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os dados referentes à temperatura, umidade relativa e pluviosidade das microrregiões de Óbidos, Cametá, Santarém, Almeirim, Tucuruí, Redenção, Conceição do Araguaia, Altamira, Belém, Marabá, Paragominas e Tomé-açu, foram fornecidas pelo INMET – Instituto Nacional de Meteorologia – e são correspondentes ao período de 2004 a 2015. As localidades onde existem estações meteorológicas convencionais que atuam há mais de 20 anos foram usadas para representar essas microrregiões, são elas: Óbidos, Cametá, Belterra representando Santarém; Porto de Moz representando Almeirim; Tucuruí; Conceição do Araguaia que também representa Redenção, Altamira, Belém e Marabá. O INMET também forneceu dados de estações meteorológicas automáticas que representam as microrregiões de Paragominas e Tomé-açu, essas estações estão localizadas nas cidades com mesmo nome e funcionam desde 2007 (INMET, 2015).

Para estabelecer a umidade de equilíbrio, aplicou-se a equação (1) proposta por Simpson (1971), sendo modificada por Jankowsky (1986) para se obter a umidade de equilíbrio em °C (graus Celsius). A equação teve como base a teoria de sorção da água na madeira de Hailwood e Harrobin, na qual apresenta a maneira mais simplificada para esse processo avaliativo.

$$UE = \left\{ \left[\frac{K1 \times K2 \times h}{1 + K1 \times K2 \times h} + \frac{K2 \times h}{1 - K2 \times h} \right] \times \frac{1800}{W} \right\} \quad (1)$$

Em que:

UE = umidade de equilíbrio

$$K1 = 4,737 + 0,04773 (T) - 0,00050123 (T)^2 \quad (2)$$

$$K2 = 0,70594 + 0,001698 (T) - 0,000005553 (T)^2 \quad (3)$$

h = umidade relativa/100

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

T = temperatura em graus Celsius

No tratamento de dados, fez-se tabelas que mostram a média, o máximo e o mínimo valor de temperatura e umidade relativa das microrregiões. Usou-se esses valores para construir a tabela de umidade de equilíbrio para para secagem da madeira.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As Tabelas 1, 2 e 3 (abaixo) mostram os valores médios, máximas e mínimas da umidade de equilíbrio estimadas com o uso da equação (1).

Tabela 1. Variação média da umidade de equilíbrio (%) entre os anos de 2004 a 2015 em diferentes cidades

CIDADES	UMIDADE DE EQUILÍBRIO (%) – MÉDIA											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
ÓBIDOS ¹	17,49	18,71	19,05	18,89	17,11	17,09	16,51	15,32	14,65	14,50	14,73	16,16
CAMETÁ ¹	18,10	18,96	19,18	19,22	18,55	17,29	16,83	16,34	15,61	15,00	15,20	16,72
BELTERRA ¹	19,03	20,13	20,17	20,51	20,54	19,93	19,49	18,15	16,75	16,18	16,58	17,59
PORTO DE MOZ ¹	17,23	18,27	18,40	18,29	18,13	17,05	16,70	15,55	14,87	14,29	14,29	15,54
TUCURUÍ ¹	16,49	17,33	17,42	17,48	16,42	14,65	13,89	13,43	13,24	13,30	14,03	15,18
C. ARAGUAIA ¹	16,77	17,29	17,11	16,69	14,58	11,82	10,23	9,39	10,59	13,76	16,11	16,81
ALTAMIRA ¹	17,20	18,14	18,13	18,01	17,35	16,06	15,00	13,79	13,30	13,23	13,70	15,25
BELÉM ¹	18,63	19,65	19,60	19,31	18,14	16,79	16,27	15,62	15,38	15,29	15,34	17,06
MARABÁ ¹	16,10	16,59	16,33	16,05	14,79	12,54	11,39	10,71	11,52	12,81	14,03	15,51
PARAGOMINAS ²	16,17	17,39	17,85	18,11	17,68	16,63	15,64	14,68	13,58	12,74	12,96	13,76
TOMÉ-AÇU ²	17,50	18,07	18,,33	18,27	18,10	16,99	15,71	14,78	14,57	14,41	14,52	15,94

Tabela 2. Variação máxima da umidade de equilíbrio (%) entre os anos de 2004 a 2015 em diferentes cidades

CIDADES	UMIDADE DE EQUILÍBRIO (%) – MÁXIMA											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
ÓBIDOS ¹	19,05	19,55	20,03	19,09	19,55	18,18	18,19	16,92	16,16	16,88	16,13	18,12
CAMETÁ ¹	19,05	20,04	20,02	20,03	19,52	18,15	17,73	16,91	16,53	16,51	16,88	18,13
BELTERRA ¹	21,10	21,73	20,60	21,16	21,16	20,62	20,62	19,10	17,77	16,95	18,60	19,54
PORTO DE MOZ ¹	18,61	19,56	19,05	19,09	19,07	17,75	17,35	16,54	15,82	15,47	16,15	17,70
TUCURUÍ ¹	17,30	18,58	18,56	19,06	17,70	15,84	14,86	14,84	14,23	14,20	15,46	16,19
C. ARAGUAIA ¹	18,20	18,66	18,19	18,60	16,17	13,43	11,51	10,10	12,10	14,86	16,60	17,78
ALTAMIRA ¹	19,53	19,56	20,02	19,55	18,59	17,33	16,56	15,47	15,45	14,49	15,78	17,31
BELÉM ¹	21,12	21,12	20,55	20,58	20,55	17,77	16,97	16,22	16,21	16,22	16,21	18,62
MARABÁ ¹	17,34	17,38	17,76	17,72	17,70	13,94	12,89	12,14	13,11	13,67	15,19	16,59
PARAGOMINAS ²	17,31	18,22	18,20	18,67	18,66	17,04	16,31	15,27	14,61	13,20	14,58	15,41
TOMÉ-AÇU ²	18,68	19,12	20,07	19,61	19,58	18,66	18,06	17,41	16,64	15,90	16,96	17,39

¹ Estação meteorológica convencional. Dados referentes aos anos de 2004 até maio de 2015.

² Estação meteorológica automática. Dados referentes aos anos de 2007 até maio de 2015.

Tabela 3. Variação mínima da umidade de equilíbrio (%) entre os anos de 2004 a 2015 em diferentes cidades

CIDADES	UMIDADE DE EQUILÍBRIO (%) – MÍNIMA											
	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
ÓBIDOS ¹	14,99	17,84	17,46	18,27	17,44	16,65	14,95	14,32	13,48	13,48	12,71	13,80
CAMETÁ ¹	17,04	17,83	17,42	18,24	17,41	16,27	15,25	15,24	14,60	13,75	13,47	15,58
BELTERRA ¹	16,35	18,74	18,74	19,65	19,64	19,17	18,72	17,44	15,60	15,27	15,29	14,41
PORTO DE MOZ ¹	16,31	17,43	16,66	17,42	16,65	16,28	16,27	14,03	14,30	13,18	13,22	13,52
TUCURUÍ ¹	15,29	16,31	15,62	16,65	15,59	13,75	12,49	12,48	12,22	12,22	12,96	14,05
C. ARAGUAIA ¹	15,33	16,33	16,32	15,64	13,28	10,96	9,64	9,09	8,92	12,49	15,29	15,97
ALTAMIRA ¹	15,65	16,70	15,97	16,31	15,95	14,64	13,52	12,23	12,00	11,33	12,02	13,79
BELÉM ¹	17,46	18,27	18,26	18,25	16,68	15,94	15,62	14,96	14,95	14,64	14,05	15,29
MARABÁ ¹	14,99	14,39	14,09	13,54	13,28	11,60	9,83	9,97	10,54	12,00	13,51	14,96
PARAGOMINAS ²	15,02	16,72	16,71	17,07	17,46	15,99	14,13	13,84	12,02	12,25	12,29	10,80
TOMÉ-AÇU ²	16,71	17,09	16,36	15,66	17,46	16,33	13,85	13,06	14,10	13,26	13,03	14,69

De acordo com os dados fornecidos pelo INMET (2015), a maioria das cidades selecionadas nesse estudo apresentam a umidade de equilíbrio acima da recomendada por Brotero (1941) para madeira utilizada em interiores. Além disso, as estimativas dos valores médios da umidade de equilíbrio (Tabela 1) mostram que de janeiro a maio todas as cidades apresentam valores acima de 16%, exceto Conceição do Araguaia. As microrregiões que atingem maiores valores médios de umidade de equilíbrio (Tabela 1) são a representante da microrregião de Santarém (Belterra) e a microrregião de Belém. A que atinge menor valor, analisando a média, é a microrregião de Conceição do Araguaia, que nos meses de maio a outubro é capaz de secar madeira até a umidade de equilíbrio sugerido por Brotero (1941) – UE de 10 a 13% – para ser usada em móveis de interiores.

Por mais que os valores em todas as microrregiões decaiam a partir do mês de junho, os dados indicam que é necessário manejar a madeira serrada adequadamente para que ela não reabsorva água, melhorando sua qualidade (BURCH et al., 1992; WU e SUCHSLAND, 1996). Infere-se então a necessidade da aplicação do processo de secagem artificial que permitirá a secagem até valores abaixo do que essas microrregiões impõem.

A Tabela 2 mostra situações extremas, ou seja, valores máximos de umidade de equilíbrio na qual a secagem da madeira ao ar livre é pouco eficiente, já que as estimativas apontam valores em que a umidade da madeira pode ser encontrada. Ressalta-se que se houver o deslocamento da madeira para outras localidades, esta sofrerá danos pela diminuição do teor de umidade de equilíbrio na madeira (BURCH et al., 1992; WU e SUCHSLAND, 1996), haja vista que outros Estados do Brasil possuem menores estimativas (GALVAO, 1975, 1981; LIMA e MENDES, 1995; MENDES et al., 1996).

No outro extremo, com valores mínimos de umidade de equilíbrio, a Tabela 3 mostra que nessas condições todas as microrregiões analisadas, exceto Belém e a representante de Santarém, secariam a madeira até umidade de equilíbrio próximo a valores estimados para Brasília – DF, de aproximadamente 12,2% (GALVAO, 1975) e valores para interiores, 10 a 13% (BROTERO, 1941), o ideal para secagem de madeira no Pará. Porém, os dados estão fora da realidade, pois o Estado objeto deste estudo localiza-se na região amazônica, cujo o

clima é classificado como quente e úmido. Desse modo, esses extremos mínimos são pouco frequentes.

Em uma análise generalizada de todas as microrregiões estudadas, a Figura 1 mostra o comportamento da umidade de equilíbrio ao longo do ano.

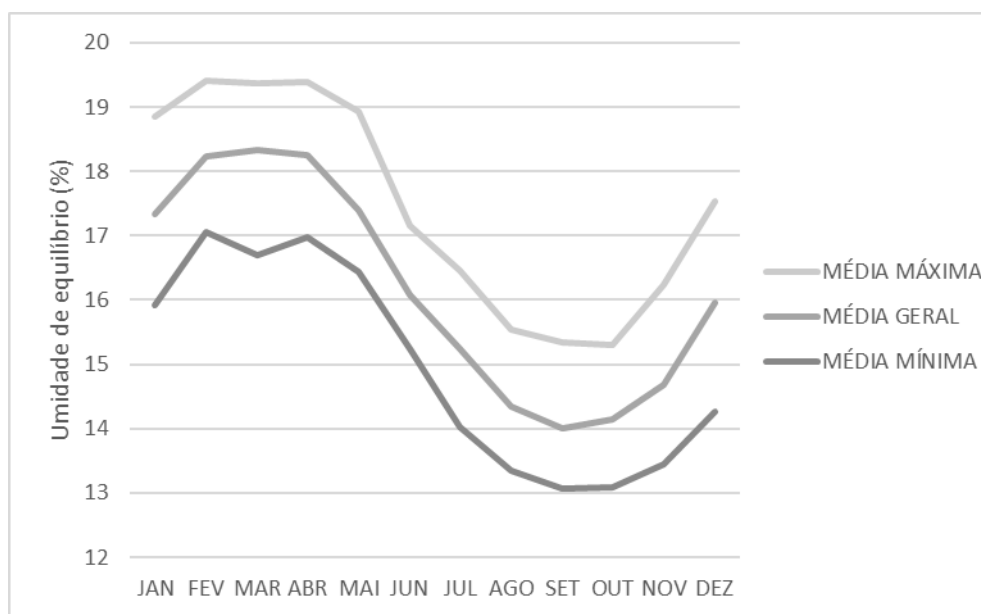


Figura 1. Variações estimadas da umidade de equilíbrio ao longo do ano nas microrregiões paraenses

Infere-se que as oscilações ocorrem de acordo com as estações pertinentes encontradas nessa região, inverno quando a umidade de equilíbrio atinge valores mais altos, e verão quando atinge valores mais baixos.

4. CONCLUSÃO

A microrregião de Conceição do Araguaia nos meses de maio a outubro possui os valores de umidade de equilíbrio mais indicada para secar madeira destinada para produção de móveis para interiores e exportação.

A microrregião de Belém e a representante da microrregião de Santarém (Belterra), são as que possuem maiores valores de umidade de equilíbrio, mesmo em condições mínimas de temperatura e umidade. Portanto, o uso da madeira que passou por secagem nessas regiões em outros locais se torna difícil, pois é incomum encontrar valores tão extremos.

Em geral, a aplicação do processo de secagem artificial para madeira destinada à exportação é necessária, pois permite a secagem até valores abaixo dos que são possíveis de serem atingidos nas microrregiões.

Os extremos mínimos de umidade de equilíbrio são pouco frequentes, uma vez que o Estado se localiza na região amazônica em que o clima é quente e úmido. Portanto, é possível concluir também que a secagem ao ar livre até os valores mínimos de umidade de equilíbrio é inviável de ser praticada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

BURCH, D. M.; THOMAS, W. C.; FANNEY, A. H. Water vapor permeability measurements of common building materials. ASHRAE Transactions, v, 98, p. 486-494, 1992.

ELEOTÉRIO, J. R.; HASELEIN, C. R.; GIACOMINI, N. P. Programa para estimativa da umidade de equilíbrio da madeira. CIÊNCIA FLORESTAL, Santa Maria, v.8, n.1, p. 13-22, 1998.

GALVÃO, A.P.M. A umidade de equilíbrio e a secagem da madeira em Brasília. BOLETIM DE PESQUISA FLORESTAL, 3: 1-7, 1981.

GALVÃO, A.P.M. Estimativas da umidade de equilíbrio da madeira em diferentes cidades do Brasil. Instituto de Pesquisa Florestal – IPEF, 11: 53 – 65, 1975.

GOMIDE, J. L. Secagem da madeira. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG. 76p. 1974.

INMET. 2015. Estações Meteorológicas Convencionais. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesConvencionais>>. Acesso em: 28 maio 2015.

INMET. 2015. Estações Meteorológicas Automáticas. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>>. Acesso em: 28 maio 2015.

JANKOWSKY, I. P.; BRANDÃO, A. T. O.; OLIVEIRA, H.; LIMA, J. C.; MILANO, S. Estimativas da umidade de equilíbrio para cidades da Região Sul do Brasil. IPEF, Piracicaba, v.32, p.61-64, 1986.

JANKOWSKY, I. P. Variação sazonal da umidade de equilíbrio para madeira de Pinus. IPEF, Piracicaba, v.3, n.31, p. 41-46, 1985.

LIMA, J.T.; MENDES, L.M. Estimativa da umidade de equilíbrio para madeiras em Lavras – MG, COMUNICAÇÃO, CIÊNCIA E PRÁTICA, 19(1): 120-121. 1995.

LIMA, J.T.; TRUGILHO, P.F.; SILVA, J.R.M.; CRUZ, C.R. Comparação entre métodos para estimação da umidade de equilíbrio em madeiras. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA (VII EBRAMEM), São Carlos-SP, - RESUMOS, p. 12-12. 2000.

MARTINS, V.A.; ALVES, M.V.S.; SILVA, J.F.; REBELLO, E.R.G.; PINHO, G.S.C. Umidade de equilíbrio e risco de apodrecimento da madeira em condições de serviço no Brasil. BRASIL FLORESTAL, 76: 29 – 34. 2003.

MENDES, L.M.; LIMA, J.T.; CALEGÁRIO, N. Umidades de equilíbrio médias de madeiras para 206 cidades Brasileiras calculadas pela fórmula de Simpson. REVISTA DA MADEIRA, Caxias do Sul, v.26, p. 18, 1996.

SAGRI. 2012. Extrativismo e Silvicultura. Disponível em: <http://www.sagri.pa.gov.br/pagina/extrativismo_e_silvicultura>. Acesso em: 28 abril 2015.

SANTANA, A. C. A competitividade sistêmica das empresas de madeira da Região Norte. Belém: M & S, 2002.

SANTANA, A. C. A indústria de madeira do Estado do Pará: análise de competitividade. NOVOS CADERNOS NAEA, v.4, p.83-114, 2001.

SANTOS, R. B. N.; SANTANA, A. C. Comportamento recente do setor florestal madeireiro no estado do Pará, Brasil. REVISTA ÁRVORE, Viçosa: v.33, n.3, p.533 - 543, 2009.

SILVA, G. A. da; MENDES, L. M.; TRUGILHO, P. F.; MORI, F. A.; SANTOS, I. F. dos. Umidade de equilíbrio de painéis de madeira. REVISTA ÁRVORE, Viçosa-MG, v.29, n.4, p.639-646, 2005.

SILVA, J. C.; OLIVEIRA, J. T. S. Avaliação das propriedades higroscópicas da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm., em diferentes condições de umidade relativa do ar. REVISTA ÁRVORE, Viçosa, v.27, n.2, p. 233-239, 2003.

SILVA, J. R. M. da; MENDES, L. M.; KUMMER-WENZEL, M.; TRUGILHO, P. F. Secagem ao ar livre da madeira de *Eucalyptus grandis* para a produção de móveis. CERNE, Lavras, v. 3, n. 1, p. 170-186, 1997. Biblioteca(s): Embrapa Florestas.

SILVA, J. R. M.; WENZEL, M. K. Utilização da madeira de eucalipto da produção de móveis - obtenção da matéria prima. In: SEMINÁRIO EUCALIPTO UMA VISÃO GLOBAL. Minascentro. Belo Horizonte. M.G., p.190-201. 1995.

SIMPSON, W.T. Equilibrium moisture content prediction for wood. FOREST PRODUCTS JOURNAL, 21(5): 48-49. 1971.

SKAAR, C. Wood water relations. Department of Forest Products. Virginia Polytechnic Institute and State University, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, New York – USA, 283p. 1988.

SUCHSLAND, O. Linear higroscopic expansion of selected commercial particleboards. FOREST PRODUCTS JOURNAL, v. 22, n. 11, 28-32. 1972.

WU, Q.; SUCHSLAND, O. Prediction of moisture content and moisture content gradient of particleboard. WOOD AND FIBER SCIENCE, v.28, n. 2, p. 227-239, 1996.