

## Taxa de Secagem e Qualidade da Madeira Serrada de *Hovenia dulcis* Submetida a Dois Métodos de Secagem

Felipe Susin<sup>1</sup>, Elio José Santini<sup>2</sup>, Diego Martins Stangerlin<sup>1</sup>,  
Wesley Wilker Corrêa Morais<sup>3</sup>, Rafael Rodolfo Melo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais, Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT, Sinop/MT, Brasil

<sup>2</sup>Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM, Santa Maria/RS, Brasil

<sup>3</sup>Curso de Engenharia Florestal, Universidade Estadual de Roraima – UERR, São João da Baliza/RR, Brasil

### RESUMO

Para avaliar a taxa de secagem e a qualidade da madeira, 30 tábuas de *Hovenia dulcis* com dimensões de 2,5 × 15,0 × 280,0 cm foram submetidas à secagem ao ar e em estufa solar. Para a condução do primeiro método, a madeira foi empilhada sobre uma fundação constituída de toretes de madeira tratada e coberta com telhas de amianto; para o segundo método, a madeira foi colocada em uma estufa com armação de madeira e plástico PVC transparente, dotada de circulação forçada de ar. Os resultados evidenciaram que o tempo de secagem ao ar foi duas vezes maior do que na secagem em estufa solar, para atingir o teor de umidade de 15%. Embora a qualidade da madeira tenha sido semelhante nos dois métodos, a taxa de secagem foi significativamente maior na estufa solar, sendo que a maior diferença em relação à secagem ao ar foi abaixo do ponto de saturação das fibras.

**Palavras-chave:** estufa solar, secagem ao ar, defeitos de secagem.

## Drying Rate and Quality of *Hovenia dulcis* Sawn Wood Submitted to Two Drying Methods

### ABSTRACT

In order to evaluate the drying rate and quality of *Hovenia dulcis* wood, 30 boards with dimensions of 2.5 × 15.0 × 280.0 cm were dried in air and in a solar kiln. For conduction of the first method, the wood was stacked on a foundation consisting of short logs of wood treated and covered with asbestos shingles; the second method was carried out in a greenhouse with timber and transparent PVC plastic structure, equipped with forced air circulation. The results showed that the drying time in air was twice as slow as in the solar kiln to reach the moisture content of 15%. Although the quality of wood was similar in both methods, the drying rate was significantly higher in the solar kiln, and the largest difference compared with air drying occurred below fiber saturation point.

**Keywords:** solar kiln, air drying, drying defects.

## 1. INTRODUÇÃO

Nos processos de beneficiamento, segundo Andrade (2000), a secagem é uma etapa de grande importância, pois proporciona vantagens, como a melhoria das características de trabalhabilidade, a utilização da madeira para diversas finalidades e a redução da movimentação dimensional e da possibilidade de ataque de fungos.

A escolha de um determinado método de secagem influencia no tempo de secagem, na qualidade do material seco e também na obtenção do teor de umidade desejado para determinada finalidade. É possível reduzir o tempo de secagem e a incidência de defeitos, quando o processo é conduzido de modo adequado.

A secagem ao ar consiste no empilhamento da madeira serrada em pátios, deixando-a exposta aos fatores ambientais, permitindo secar naturalmente até que esta atinja a umidade de equilíbrio do ambiente. A taxa de secagem depende principalmente da temperatura, da umidade relativa do ar e da velocidade do vento. Apesar de não necessitar de alto investimento inicial, há o inconveniente de demandar mais tempo se comparada a outros métodos, além de apresentar um teor de umidade final que apresenta limitações para certos usos da madeira.

A secagem em estufa solar é um método que foi desenvolvido entre o final da década de 1950 e o início da década de 1960. Esse método é intermediário entre a secagem ao ar e em estufa convencional (Troxell & Mueller, 1968). As principais características desse método são o baixo custo operacional e um controle parcial das condições de secagem. A secagem em estufa solar é recomendada por diversos autores (Santini, 1981; Haque, 2002; Bauer, 2003) como alternativa a métodos que apresentam elevados custos de investimento, manutenção e consumo energético.

A qualidade da madeira seca em estufa solar, segundo estudos realizados por alguns pesquisadores (Bauer, 2003; Sattar, 1987), demonstra uma menor incidência de defeitos em relação ao processo realizado ao ar. Lumley & Choong (1981) complementam afirmando que o arqueamento e as rachaduras são os principais defeitos incidentes na madeira seca em estufa solar.

A madeira de *Hovenia dulcis* Thunb. (uva-do-japão) pertence à família Rhamnaceae, ocorrendo naturalmente entre 25° e 41° N e 100° e 142° L. De acordo com Susin et al. (2011), a madeira de *Hovenia dulcis* apresenta massa específica básica igual a 0,53 e 0,55 para o alburno e o cerne, respectivamente. Rigatto et al. (2001) caracterizam a madeira como resistente, mediantemente tenaz e elástica, apresentando pouca durabilidade quando em contato com o solo e com aptidão para a fabricação de móveis. Quanto à secagem da madeira de *Hovenia dulcis*, não há informações sobre seu comportamento, independentemente do método utilizado. Confere-se, desse modo, relevância científica quanto à aplicação da secagem em estufa solar visando a reduzir o tempo de secagem e verificar o comportamento da madeira quanto à qualidade, em virtude da aplicação deste método comparativamente à secagem ao ar.

Pelo fato de a espécie apresentar características desejáveis para a utilização da madeira na forma de serrados, além da inexistência de estudos referentes à secagem, configura-se como relevante a busca por tais informações. Para tanto, além de avaliar a secagem ao ar, foi proposto avaliar a secagem em estufa solar, pois este método apresenta-se como intermediário entre a secagem ao ar e a convencional. Possui, ainda, um controle parcial das condições dentro da estufa, custo relativamente baixo comparado ao último e não exposição da madeira a condições de umidade elevada em dias de precipitação.

Desse modo, o objetivo deste estudo foi avaliar comparativamente o uso de dois métodos de secagem, em estufa solar e ao ar, sob o aspecto da taxa de secagem e da qualidade da madeira de *Hovenia dulcis*.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Preparo do material

Para a realização deste estudo, foram selecionadas três árvores adultas de fuste retilíneo, tendo sido utilizadas as duas primeiras toras, com aproximadamente 3 m de comprimento. As toras foram desdobradas em tábuas com dimensões nominais de 25 mm × 150 mm × 2800 mm (espessura, largura e comprimento, respectivamente)

e, posteriormente, mensuraram-se as dimensões e as rachaduras de topo e superfície, além do arqueamento, do encurvamento e do encanoamento de cada tábua.

Em seguida, as tábuas foram submetidas aos processos de secagem em estufa solar e ao ar, no município de Santa Maria-RS, cujo teor de umidade de equilíbrio médio anual é de 17,4%. Para cada método, foram utilizadas 35 tábuas, sendo 30 avaliadas quanto a defeitos, e as outras cinco utilizadas para confecção dos corpos de prova para monitoramento do teor de umidade.

## 2.2. Secagem

Para a realização da secagem em estufa, desenvolveu-se uma estufa solar, modelo *greenhouse*, apresentando capacidade para 1,0 m<sup>3</sup> de madeira serrada, adaptado do proposto por Santini (1981). A estufa de secagem solar utilizada é descrita de modo detalhado por Stangerlin et al. (2009).

A disposição da carga de madeira dentro da estufa foi constituída de cinco colunas com sete tábuas cada. Além dessas, foram colocadas algumas camadas de tábuas adicionais, com a função de impor restrição mecânica à pilha. Na montagem da pilha, foram utilizados cinco separadores por fileira de tábua, com dimensões de 2,5 × 2,5 × 100 cm, espaçados entre si a uma distância de 50 cm.

A secagem ao ar foi realizada aproximadamente a 20 metros de distância da estufa solar, para evitar variações climáticas nas duas metodologias de secagem. O local é alto e plano, com boa drenagem e sem obstáculos à ventilação. As tábuas foram empilhadas sobre estruturas de madeira apoiadas em uma fundação de moirões de eucalipto tratado, elevados a 50 cm do solo. A orientação das pilhas foi realizada no sentido norte-sul, em função de a direção predominante dos ventos na época do ano ser no sentido leste-oeste. Igualmente à secagem em estufa solar, foram acrescentadas algumas camadas de tábuas adicionais com função de impor restrição mecânica. As pilhas foram cobertas com duas telhas de fibrocimento com 6 mm de espessura, de modo a minimizar a incidência de raios solares e precipitações.

## 2.3. Avaliações

Para a caracterização das condições climáticas durante a secagem em estufa solar e ao ar, procedeu-se à obtenção dos dados climáticos junto à Estação Meteorológica de Superfície Automática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), situada a aproximadamente 800 metros do local onde o experimento foi conduzido. Para avaliar as condições no interior da estufa solar, foi utilizado um psicrômetro, sendo realizada a coleta dos dados no período entre 7 e 22 horas.

O monitoramento do teor de umidade da madeira durante a secagem em ambas as metodologias foi realizado por meio de cinco amostras de controle com dimensões de 2,5 cm × 15 cm × 40 cm (espessura, largura e comprimento). O acompanhamento do processo seguiu as recomendações básicas de Galvão & Jankowsky (1985).

Antes do início do processo de secagem, determinou-se o teor de umidade inicial de cada amostra de controle, mediante a média aritmética de duas seções, de 2,5 × 2,5 cm, retiradas nas extremidades de cada amostra de controle.

As amostras de controle foram alocadas em locais de fácil remoção e reposição, visando a uma medição real e representativa do teor de umidade da pilha, fazendo-se pesagens periódicas para controle do teor de umidade, com auxílio da Equação 1:

$$TUA = \frac{Ma * (TUi + 100)}{Mi} - 100 \quad (1)$$

em que: TUA= Teor de umidade atual (%); Ma= Massa atual da amostra (g); TUi= Teor de umidade inicial (%); Mi= Massa inicial da amostra (g).

Com base nos dados obtidos pela equação da redução do teor de umidade da madeira, foram estabelecidas as taxas de secagem para cada método (Equação 2):

$$Ts = \frac{TUi - TUF}{t} \quad (2)$$

em que: Ts= taxa de secagem (%/dia); TUi= teor de umidade inicial (%); TUF= teor de umidade final (%); t= tempo de secagem decorrido (dias).

Após a finalização da secagem, foram realizadas as avaliações dos defeitos de arqueamento, encurvamento, encanoamento e rachaduras

de superfície e de topo. Para mensuração do arqueamento, encurvamento e encanoamento, foram adotados os procedimentos recomendados pela norma NBR 9487 (ABNT, 1986). O Índice de Rachaduras de Topo (IRT) foi calculado através do somatório de todas as rachaduras de topo em cada face. Foram consideradas como peças defeituosas aquelas acima do admitido para a quarta classe da norma NBR 9487 (ABNT, 1986), adotando-se a classificação pela pior face da peça. A verificação de colapso foi realizada de acordo com a recomendação de Severo (2000).

Utilizando-se amostras de controle orientadas, foram avaliadas as contrações radial e tangencial ocorridas durante o processo de secagem. Para tal, se procedeu à marcação dos pontos de medição, a fim de se obterem dados mais precisos. Através da relação entre a contração tangencial e radial, obteve-se o fator de anisotropia.

#### 2.4. Análise estatística

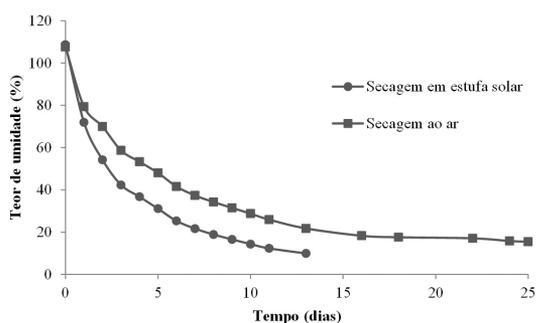
Para a organização dos dados e a realização das análises individuais, foi utilizado o *software* Excel®. O teste de médias de Tukey no nível de 5% de probabilidade de erro foi realizado no programa *Statgraphics*, para comparação de médias entre os dois métodos de secagem aplicados.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Teor de umidade, tempo e taxa de secagem

A madeira submetida à secagem em estufa solar apresentou teor de umidade inicial médio igual a 108,69% no início do processo, atingindo, após 13 dias, um teor de umidade final médio igual a 9,90%. A secagem ao ar, por sua vez, teve início com teor de umidade semelhante àquele que foi verificado em estufa solar, de 107,54%; após 25 dias, o teor de umidade atingiu um valor de 15,43% (Figura 1).

De acordo com Bond (2006), a secagem em estufa solar pode possibilitar uma redução do conteúdo de umidade da madeira de até 8 a 10% nos meses de primavera-verão, corroborando com os resultados verificados no presente estudo.



**Figura 1.** Curvas de secagem em estufa solar e ao ar.  
**Figure 1.** Drying curves in solar kiln and air drying.

Para possibilitar que o tempo de secagem em estufa solar e o tempo de secagem ao ar fossem comparados, foi adotado um ponto de referência ao teor de umidade de 15%. Nessa situação, a secagem em estufa solar foi 2,58 vezes mais rápida do que ao ar.

Sharma et al. (1974) e Read et al. (1974) citam que o tempo de secagem em estufa solar é aproximadamente duas vezes menor quando comparado ao método de secagem ao ar, considerando-se madeiras com espessura de 25 mm. Por outro lado, Tschernitz & Simpson (1979) e Sattar (1987), realizando estudos com madeiras com mesma espessura, encontraram valores para o tempo de secagem que variaram de duas a quatro vezes menores para a secagem em estufa solar em relação à secagem ao ar.

A obtenção de baixos valores para teor de umidade esteve condicionada às condições climáticas durante a realização do estudo. O teor de umidade de equilíbrio médio para a secagem ao ar foi 11,1% e, na secagem em estufa solar, 7,5%.

Durante a secagem ao ar, a temperatura média diária e máxima foi de 18,0 °C e 27,9 °C, respectivamente, enquanto que a média da umidade relativa do ar foi de 60%. A velocidade média do vento foi igual a 3,0 m/s, com radiação média diária de 1.830,6 kJ/m e insolação média diária de 10,1 horas, apresentando precipitação total de 11,2 mm durante a secagem ao ar. Na estufa de secagem solar, a temperatura média diária e máxima foi de 38,1 °C e 49,9 °C, respectivamente, e a umidade relativa média foi de 40%.

Na Tabela 1, são apresentadas as taxas de secagem acima e abaixo do PSF, além da taxa total

**Tabela 1.** Taxas de secagem em estufa solar e ao ar.  
**Table 1.** Drying rates in solar kiln and air drying.

Método	Taxa de Secagem (%/dia)		
	Acima do PSF	Abaixo do PSF	Média
Secagem ao Ar	7,88 <sup>A</sup>	0,89 <sup>A</sup>	3,68 <sup>A</sup>
Estufa Solar	15,53 <sup>B</sup>	3,35 <sup>B</sup>	7,60 <sup>B</sup>

Médias seguidas por letras diferentes, dentro de cada coluna, diferem significativamente entre si (LSD Fisher,  $p > 0,05$ ).

média, que compreende o intervalo desde verde até 15% de umidade.

Ao analisar a taxa de secagem nos dois métodos, verificou-se que, tanto acima quanto abaixo do ponto de saturação das fibras (PSF), os valores foram maiores na secagem solar, comparativamente ao método de secagem ao ar. Stangerlin et al. (2009), ao estudarem o comportamento de secagem de três espécies de *Eucalyptus*, obtiveram resultados semelhantes. No entanto, alguns autores, como Plumptre (1967) e Troxell & Mueller (1968), citam que a secagem em estufa solar, quando comparada ao ar, por vezes pode ter o inconveniente de apresentar taxas de secagem praticamente iguais até a completa retirada da água capilar, acima do PSF.

### 3.2. Defeitos de secagem

A porcentagem de peças com rachaduras de superfície resultantes do processo de secagem em estufa solar foi de 40,74%, enquanto que, naquelas

**Tabela 2.** Percentual de peças com rachaduras de superfície em estufa solar e ao ar.

**Table 2.** Percentage of boards of the surface checks in solar kiln and air drying.

Método	Após desdobro	Após secagem	Defeito de secagem
Ar	14,81%	29,63%	14,82%
Solar	7,41%	48,15%	40,74%

**Tabela 3.** Índice de rachaduras de topo na secagem solar e ao ar, em percentagem.

**Table 3.** Index of end checking in solar kiln and air drying, in %.

Método	Após desdobro		Após secagem		Diferença IRT médio <sup>1</sup>
	IRT médio	% de peças com defeito	IRT médio	% de peças com defeito	
Ar	1,25	0,00	5,68	0,00	4,43 <sup>A</sup>
Solar	0,81	0,00	4,02	0,00	3,21 <sup>A</sup>

<sup>1</sup>Índice de rachadura resultante do processo de secagem; Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente entre si (LSD Fisher,  $p > 0,05$ ); IRT= Índice de Rachadura de Topo (%).

submetidas ao processo de secagem ao ar, foi de 14,82% (Tabela 2). Haque (2002), ao realizar secagem em estufa solar de madeiras de *Eucalyptus pilularis*, registrou que o tipo de defeito com maior degradação da madeira foi a rachadura superficial.

A maior presença de peças que apresentaram esse tipo de defeito na secagem em estufa solar pode ser explicada pelo fato de que, durante os primeiros dias do processo, a temperatura registrada no interior da estufa atingiu 50 °C, o que não é desejado na fase inicial do processo de secagem.

Com relação ao índice de rachaduras de topo (IRT), verificou-se que, em ambos os métodos de secagem, ocorreram baixos índices deste defeito. De acordo com a norma utilizada, nenhuma peça foi classificada como defeituosa (Tabela 3).

Segundo Lumley & Choong (1981), a presença de rachaduras de topo é considerada um dos principais defeitos que ocorrem durante o processo de secagem em estufa solar. No entanto, foi verificado, no presente estudo, maior IRT médio na secagem ao ar, apesar da média não diferir estatisticamente da registrada na secagem solar. Tal resultado está de acordo com o descrito por Sattar (1987) e Chudnoff et al. (1966). A exposição da pilha de madeira ao ar, a condições ambientais não controladas, pode ter favorecido o maior acréscimo do IRT ao final da secagem.

Dentre os tipos de empenamentos, segundo Stangerlin et al. (2009), a manifestação do arqueamento nas peças ao final do processo de secagem é um dos defeitos que apresentam maiores dificuldades em relação ao seu controle, porque, durante a secagem, as tábuas ficam dispostas de modo que a restrição mecânica aplicada não atua lateralmente; com isso, existe maior dificuldade para evitar ou reduzir o surgimento de tal defeito.

Na Tabela 4, é apresentada a flecha média de arqueamento e encurvamento, o percentual de peças

**Tabela 4.** Arqueamento e encurvamento nos dois métodos de secagem.**Table 4.** Arrows crook and bow in the two dry methods.

Defeito	Método	Após desdobro		Após secagem		Diferença Média <sup>1</sup>
		Média	% defeito	Média	% defeito	
Arqueamento	Ar	1,11	0,0	3,04	14,81	1,93 <sup>A</sup>
	Solar	1,39	0,0	2,41	3,70	1,02 <sup>A</sup>
Encurvamento	Ar	1,17	0,0	1,63	3,70	0,46 <sup>A</sup>
	Solar	1,56	0,0	2,22	7,41	0,66 <sup>A</sup>

<sup>1</sup>Flecha de arqueamento e encurvamento resultantes do processo de secagem; E= flecha de encurvamento (mm m<sup>-1</sup>); Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente entre si (LSD Fisher, p > 0,05).

que apresentaram defeito de acordo com a NBR 9487 (ABNT, 1986) e a diferença da flecha média entre a avaliação após o desdobro e após a secagem.

Verificou-se que a secagem ao ar apresentou uma maior tendência de as peças apresentarem arqueamento, comparativamente à secagem em estufa solar; porém, sem diferença significativa na flecha de arqueamento média a 5% de probabilidade de erro. Santini (1981) verificou a mesma tendência, observando maior percentagem de peças arqueadas na secagem ao ar quando comparada à estufa solar. Chen & Rosen (1979) também não verificaram diferença significativa para o defeito nas duas metodologias de secagem, apesar de a qualidade da madeira ter sido superior na secagem ao ar. Entretanto, Stangerlin et al. (2009) verificaram um percentual maior de peças defeituosas na secagem em estufa solar comparada à secagem ao ar.

Com relação ao encurvamento, a maior tendência de surgimento de peças defeituosas foi verificada na secagem em estufa solar, porém não foi detectada diferença significativa entre os dois métodos quanto aos valores médios das flechas. Chen & Rosen (1979) não verificaram diferença significativa na flecha de encurvamento entre a secagem ao ar e solar. Os mesmos autores obtiveram valores superiores para a flecha no processo realizado em estufa solar comparativamente com a secagem ao ar, tendência esta também observada neste estudo.

Com relação ao encanoamento, este não foi verificado em nenhuma das peças utilizadas no estudo. Tal resultado pode estar relacionado com o empilhamento, no qual se teve o cuidado de manter as peças tangenciais na parte de baixo da carga, além da utilização de tábuas excedentes com função de restrição mecânica. Outra razão para a ausência de

**Tabela 5.** Contração radial, tangencial e fator de anisotropia.**Table 5.** Radial and tangential shrinkage and factor anisotropy.

Método	Contração (%)		Fator de anisotropia
	Tangencial	Radial	
Solar	5,11	3,49	1,46 <sup>A</sup>
Ar livre	3,47	2,67	1,30 <sup>A</sup>

Médias seguidas por letras iguais não diferem significativamente entre si (LSD Fisher, p > 0,05).

peças com este defeito é a baixa retratibilidade que a madeira apresentou (Tabela 5). De acordo com Galvão & Jankowsky (1985), o encanoamento pode ser resultante da diferença entre as contrações radial e tangencial da madeira. Complementarmente, a madeira apresentou baixo fator de anisotropia, o que favoreceu o não surgimento de encanoamento na secagem.

Rocha & Trugilho (2006) acrescentam que, dentre os defeitos de empenamento de tábuas, o encanoamento é o mais limitante para a usinagem da madeira, pois torna inviável o aplainamento das peças. Já o arqueamento e o encurvamento podem ser amenizados ou até eliminados, com a redução do comprimento das peças.

A relação entre a contração tangencial e a contração radial é denominada fator de anisotropia (Nock et al., 1975). Apesar de a retração ser avaliada no intervalo entre o ponto de saturação das fibras e a retirada completa da água na madeira, a avaliação da retratibilidade que a madeira apresenta durante a secagem e de seu coeficiente anisotrópico fornece informações importantes quanto ao seu comportamento durante a secagem. Na Tabela 5, são apresentados os valores médios das contrações tangencial e radial, além do coeficiente anisotrópico.

Valores abaixo de 1,50 para o fator de anisotropia são considerados excelentes e as madeiras são classificadas como de alta estabilidade dimensional e com baixa tendência a ocorrer empenamentos de um modo geral (Nock et al., 1975). Neste estudo, o fator de anisotropia para a madeira seca em estufa solar e ao ar livre, foi de 1,46 e 1,30, respectivamente. Apesar das diferenças de fator de anisotropia quanto aos métodos de secagem, as médias não diferiram estatisticamente.

Quanto ao colapso, nenhuma das peças submetidas à secagem em estufa solar e ao ar manifestaram tal defeito. Segundo Bauer (2003) e Stangerlin et al. (2009), a retirada de umidade da madeira utilizando métodos de baixa temperatura, como a secagem em estufa solar, contribuiu para reduzir ou evitar a incidência de colapso.

#### 4. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no presente estudo, pode-se concluir que:

- A secagem em estufa solar ocorreu de modo mais rápido e atingiu um menor teor de umidade quando comparada à secagem ao ar;
- A madeira não apresentou redução na qualidade em função da ocorrência de defeitos após a secagem nas duas metodologias;
- A taxa de secagem foi maior na estufa solar tanto acima quanto abaixo do PSF, sendo esta sua principal vantagem em relação à secagem ao ar;
- A secagem em estufa solar mostrou-se como uma alternativa viável, visando a reduzir o tempo de secagem e obter teor de umidade mais baixo, sem reduzir a qualidade da madeira.

#### STATUS DA SUBMISSÃO

Recebido: 01 mar., 2013

Aceito: 13 fev., 2014

Publicado: 30 jun., 2014

#### AUTOR(ES) PARA CORRESPONDÊNCIA

##### Felipe Susin

Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais,  
Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT,  
CEP 78557-267, Sinop, MT, Brasil  
e-mail: felipets\_86@yahoo.com.br

#### REFERÊNCIAS

- Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. *NBR 9487: Classificação de madeira serrada de folhosas*. Rio de Janeiro; 1986. 32 p.
- Andrade A. *Indicação de programas para a secagem convencional de madeiras* [dissertação]. Piracicaba: Universidade de São Paulo; 2000.
- Bauer K. *Development and optimisation of a low-temperature drying schedule for Eucalyptus grandis (Hill) ex Maiden in a solar-assisted timber dryer* [tese]. Hohenheim: Fakultat Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim; 2003.
- Bond B. *Design and operation of a solar-heated dry kiln*. Blacksburg: Virginia Tech; 2006. 10 p.
- Chen PYS, Rosen HN. Drying yellow-poplar in a highly efficient solar kiln. In: *Proceedings of 30th Annual Western Dry Kiln Clubs*; 1979. p. 23-32. PMID:227549.
- Chudnoff M, Maldonado ED, Goytía E. *Solar drying of tropical hardwoods*. Institute of Tropical Forestry, 1966. 26 p.
- Galvão APM, Jankowsky IP. *Secagem racional da madeira*. São Paulo: Nobel; 1985. 111 p.
- Haque MN. *Modelling of solar kilns and the development of an optimised schedule for drying hardwood timber* [tese]. Sidney: University of Sidney; 2002.
- Lumley TG, Choong ET. *Solar drying of wood in Louisiana*. Baton Rouge: Louisiana State University; 1981. 55 p. Agricultural Experiment Station Bulletin, n. 732.
- Nock HP, Richter HG, Burger LM. *Tecnologia da madeira*. Curitiba: Departamento de Engenharia e Tecnologias Rurais, Universidade Federal do Paraná, 1975. 216 p.
- Plumptre RA. The design and operation of a small solar seasoning kiln on the Equator in Uganda. *Commonwealth Forestry Review* 1967; 46(4): 298-309.
- Read WR, Choda A, Copper PI. A solar timber kiln. *Solar Energy* 1974; 15: 309-316. [http://dx.doi.org/10.1016/0038-092X\(74\)90021-8](http://dx.doi.org/10.1016/0038-092X(74)90021-8)
- Rigatto PA, Pereira JCD, Mattos PP, Schaitza EG. *Características físicas, químicas e anatômicas da madeira de Hovenia dulcis*. Colombo: Embrapa Florestas; 2001. (Comunicado Técnico, n. 66). [cited 2009 maio 29]. Available from: <http://www.cnpf.embrapa.br>.
- Rocha MP, Trugilho PF. Qualidade da madeira serrada de Eucalyptus dunnii em função do método de desdobro e condição de umidade. *Cerne* 2006; 12(4): 314-321.
- Santini EJ. *Secagem de madeira serrada em estufa solar e sua comparação com os métodos convencionais* [dissertação]. Curitiba: Universidade Federal do Paraná; 1981.

---

Sattar MA. Comparative studies of wood seasoning with a special reference to solar drying. *Bano Biggyan Patrica* 1987; 16(1-2): 30-42.

Severo ETD. Qualidade da secagem de madeira serrada de *Eucalyptus dunnii*. *Ciência Florestal* 2000; 10(1): 109-124.

Sharma SN, Nath P, Bali BI. A solar timber seasoning kiln. *Journal of the Timber Development Association India* 1974; 18(2): 10-26.

Stangerlin DM, Santini EJ, Susin F, Melo RR, Gatto DA, Haselein CR. Uso de estufa solar para secagem de madeira serrada. *Ciência Florestal* 2009; 19(4): 461-472.

Susin F, Santini EJ, Duarte MM, Carvalho DE, Vidrano BRA. Análise De Variáveis Para avaliação da estabilidade dimensional de alburno e cerne de *Hovenia dulcis*. In: *Anais do 5º Simpósio Latino-Americano sobre Manejo Florestal*; 2011; Santa Maria. p. 588-592.

Troxell HE, Muller LA. Solar lumber drying in the Central Rocky Mountain Region. *Forest Products Journal* 1968; 18(1): 19-24.

Tschernitz JL, Simpson WT. Solar-heated forced-air, lumber dryer for tropical latitudes. *Solar Energy* 1979; 22(1): 563-566. [http://dx.doi.org/10.1016/0038-092X\(79\)90029-X](http://dx.doi.org/10.1016/0038-092X(79)90029-X)