



Uso de estufa solar para secagem de madeira serrada no sul do Estado do Tocantins

Rodrigo Araújo Fortes¹, André Orathes do Rêgo Barros², Pedro Lício Loiola³, Vanessa Coelho Almeida⁴, Raquel Marchesan⁴, André Ferreira dos Santos⁴

¹Instituto Federal do Tocantins, Curso de Engenharia Civil, Rua Alameda Madrid, n. 545, Jardim Sevilha, CEP 77410-470, Gurupi, TO, Brasil

²Universidade Federal do Tocantins, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais e Ambientais, Rua Badejós, Chácara 69/72, Lote 7, Zona Rural, CEP 77402-970, Gurupi, TO, Brasil

³Universidade Federal do Paraná, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, Av. Pref. Lothário Meissner, 632, Jardim Botânico, CEP 80210-170, Curitiba, PR, Brasil

⁴Universidade Federal do Tocantins, Curso de Engenharia Florestal, Rua Badejós, Chácara 69/72, Lote 7, Zona Rural, CEP 77402-970, Gurupi, TO, Brasil

*Autor correspondente:

raquelmarchesan@uft.edu.br

Termos para indexação:

Secador solar
Pinus
Umidade

Index terms:

Solar drying
Pinus
Humidity

Resumo - Este estudo teve como objetivo avaliar o uso de estufa solar para secagem de madeira serrada de *Pinus* spp. e compará-la à secagem ao ar livre. Para realização deste, foi construída uma estufa solar em estrutura metálica com revestimento em plástico polivinil cloreto. As tábuas submetidas às duas metodologias de secagem atingiram a menor umidade no 22º dia e em ambas as metodologias os valores de umidade final ficaram acima da umidade de equilíbrio. A estufa solar se mostrou eficiente no processo de secagem da madeira, obtendo umidade final e tempo de secagem menores, quando comparada à secagem ar livre.

Use of solar kiln for drying lumber in the south of Tocantins State, Brazil

Abstract - This study aimed to evaluate the use of a solar kiln for drying *Pinus* spp. sawn wood and compare it to outdoor drying. For this project, a solar kiln was built as a metallic structure coated with polyvinyl chloride plastic. The boards submitted to the two drying methodologies reached the lowest humidity on the 22nd day. In both methodologies, the final humidity values were above the equilibrium humidity. The solar kiln is efficient in the wood drying process, obtaining final humidity, and drying time lower than those obtained outdoors.

Histórico do artigo:

Recebido em 29/09/2021

Aprovado em 12/12/2024

Publicado em 20/12/2024



A secagem é uma etapa fundamental no processamento da madeira, pois, desde que adequadamente realizada, pode proporcionar maior estabilidade dimensional, melhor desempenho em serviço, melhor atuação de vernizes e tintas aplicados sobre a madeira, redução de ataques de fungos, melhor qualidade das juntas de colagem, maior impregnação de líquidos preservativos e aumento da resistência mecânica da madeira (Galvão & Jankowsky, 1985).

A secagem da madeira pode ser realizada ao ar livre, a qual não requer alto investimento inicial. Porém, depende das condições atmosféricas e resulta em longos períodos de secagem, acarretando prejuízos devido ao estoque parado, apesar de poder atingir umidade final razoavelmente adequada (Stangerlin et al., 2012). A secagem ao ar consiste na secagem natural até que esta atinja a umidade de equilíbrio do ambiente, feita através do empilhamento da madeira serrada em pátios. A

taxa de secagem depende dos fatores ambientais do local e apresenta limitações para certos usos da madeira (Susin et al., 2014).

Segundo Martins (1988), a secagem em estufa solar é considerada um processo intermediário entre a secagem ao ar livre e a secagem convencional. O mesmo autor menciona que o ar dentro da estufa pode ser aquecido cerca de 20 °C acima da temperatura ambiente, o que contribui para que a madeira possa ter uma umidade final menor que àquela da secagem ao ar livre. Como melhoramento do processo, utiliza-se ventiladores que proporcionam a circulação do ar através da pilha de madeira, acelerando a secagem e permitindo a renovação do ar.

A secagem ao ar livre e àquela em estufa solar apresentam como principal desvantagem a dependência das condições climáticas, o que as tornam bastante limitadas (Martins, 1988). Entretanto, para Susin et al. (2014), a aplicação da secagem em estufa solar tem como vantagens: a redução do tempo e a melhoria da qualidade da madeira, com baixo consumo energético.

O objetivo deste estudo foi avaliar o uso de estufa solar para secagem de madeira serrada de *Pinus* spp. no sul do estado do Tocantins, bem como comparar com a metodologia de secagem ao ar livre.

Local do experimento

O estudo foi conduzido no Laboratório de Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais da Universidade Federal do Tocantins (UFT) – Campus de Gurupi, localizado a 11°43'S, 49°04'W e 280 m de altitude no município de Gurupi, TO. O experimento foi executado entre os dias 31 de outubro e 21 de novembro de 2018, ou seja, no período chuvoso em que as condições atmosféricas são desfavoráveis à secagem no estado do Tocantins, sendo analisada a madeira de *Pinus* spp., após saturação.

A precipitação pluviométrica média anual da região foi de aproximadamente 1.150 mm, com destaque para os meses entre novembro e abril, quando ocorre a maior parte da precipitação. A temperatura média anual é de

26,0 °C, com temperatura máxima de 39,3 °C, e mínima de 13,5 °C (Instituto Nacional de Meteorologia, 2018).

Preparação das amostras

As tábuas de *Pinus* spp. foram adquiridas em uma madeireira do município de Gurupi, TO, sendo posteriormente aplainadas e serradas em peças com dimensões nominais de 2 cm x 30 cm x 100 cm (espessura, largura e comprimento). Para cada um dos métodos estudados (secagem ao ar livre e secagem em estufa solar) foram selecionadas ao acaso nove peças para compor as amostras de controle e para determinação da umidade (U) e nove para compor as amostras controle de defeitos. Após identificação, as tábuas foram saturadas até obter massa constante. As amostras foram confeccionadas seguindo o esquema de corte da Figura 1.

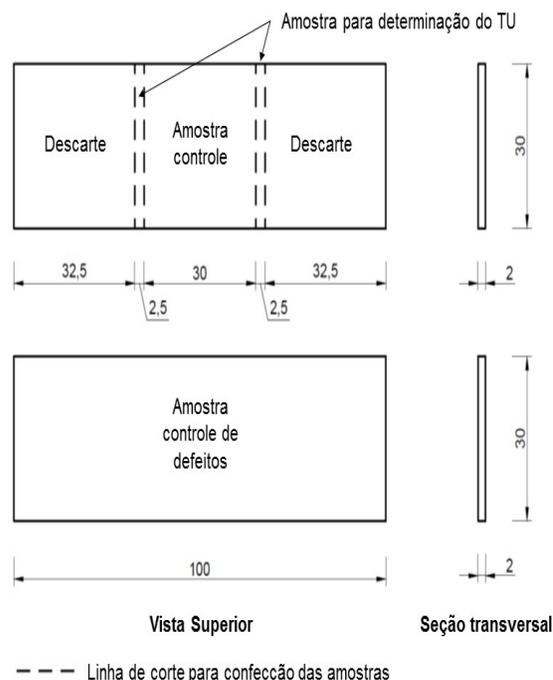


Figura 1. Dimensionamento das amostras utilizadas na secagem ao ar livre e na secagem em estufa solar. **Figure 1.** Sizing of samples used in outdoor drying and drying in a solar kiln.

Secagem em estufa solar e ao ar livre

A estufa solar (Figura 2a) foi confeccionada em estrutura metálica, revestida com uma camada dupla de plástico polivinil cloreto (PVC). Para isso, foram adotadas as seguintes dimensões: 2,60 m de comprimento, 3,00 m de largura, 2,00 m de altura maior e 1,67 de altura menor, formando um plano inclinado com ângulo de 11°, definido em função da latitude do município de Gurupi, TO, conforme recomendações de Santini (1983).

A estrutura foi fixada através de parafusos e buchas sobre um conjunto duplo de cinco pneus preenchidos com concreto usinado, garantindo uma elevação de aproximadamente 30 cm do solo. Essa elevação tem como finalidade facilitar a circulação do ar, evitando assim o acúmulo de umidade na parte externa do assoalho. O assoalho foi confeccionado com tábuas de pinus de 2,0 cm de espessura, tratadas com tinta betuminosa. Para o processo de carga e descarga foi construída uma abertura na fachada sul da estufa, possuindo dimensão de largura de 0,86 m e altura de 2,00 m.

Para permitir a renovação e circulação do ar no interior da estufa solar, foram construídas duas janelas quadradas de 30 cm de lado e instalado um ventilador monofásico de 30 cm de diâmetro com potência de 1/6 cv. O funcionamento do ventilador

ocorreu com a inversão do fluxo de ar diariamente, possibilitando uma secagem uniforme. Nos cantos da câmara de secagem foram instalados defletores que serviram para direcionar o fluxo de ar (Figura 2b). As janelas de circulação de ar foram abertas em dias ensolarados e fechadas em dias nublados e/ou chuvosos e no período noturno.

O pátio de secagem ao ar livre foi instalado nas proximidades da área destinada à estufa solar, em local sem obstáculos à ventilação, com boa drenagem e protegido das intempéries climáticas através de uma cobertura de PVC, espaçada 1,5 m da pilha de secagem. Em ambos os métodos, a pilha foi disposta sobre blocos cerâmicos, apoiada sobre caibros de madeira serrada, sendo constituída de três colunas com onze tábuas cada, incluindo as tábuas de controle do processo (Figura 3). As tábuas das pilhas foram separadas por tabiques com dimensões nominais de 2 cm x 2 cm x 100 cm (espessura, largura e comprimento). As amostras de controle foram posicionadas em locais de fácil remoção e reposição, visando uma medição real e representativa da umidade da pilha. A restrição mecânica da pilha foi feita através de pesos (blocos de concreto) apoiados sobre a pilha de secagem.

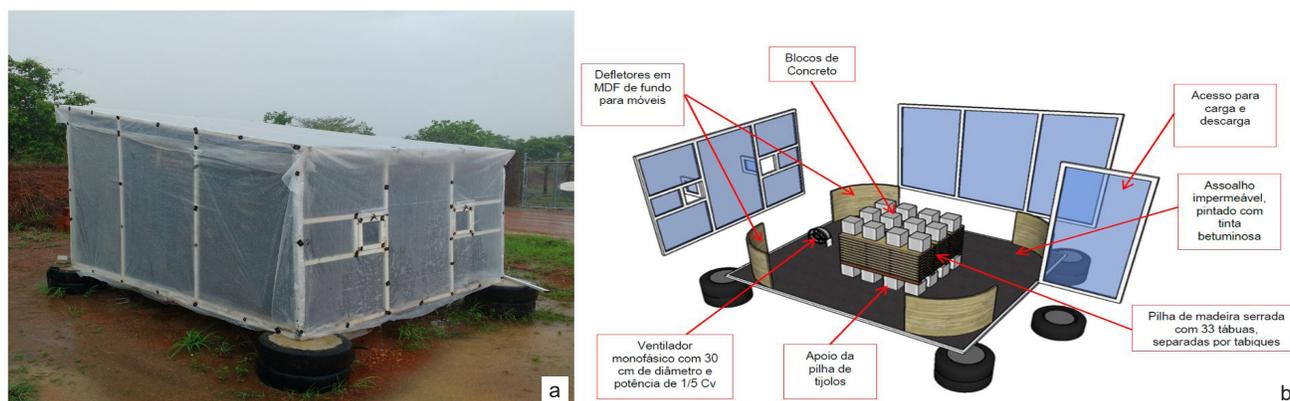


Figura 2. Estufa de secagem solar instalada nas adjacências do Laboratório de Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais da Universidade Federal do Tocantins (UFT), no município de Gurupi, Tocantins.

Figure 2. Solar drying kiln installed adjacent to the Laboratory of Technology and Use of Forest Products at the Federal University of Tocantins (UFT), in the municipality of Gurupi, Tocantins State, Brazil.



Figura 3. Pilhas de secagem instaladas nas adjacências do Laboratório de Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais da Universidade Federal do Tocantins (UFT), no município de Gurupi, Tocantins.

Figure 3. Drying stacks installed adjacent to the Laboratory of Technology and Use of Forest Products at the Federal University of Tocantins (UFT), in the municipality of Gurupi, Tocantins State, Brazil.

A secagem em ambos os métodos abordados no presente estudo, tiveram pesagem diária das amostras controle. O controle da temperatura e da umidade relativa foi realizado com a utilização de aparelhos data logger, os quais foram posicionados dentro das pilhas de madeira serrada. As variáveis foram obtidas a cada 30 min, durante 24 h em todo período de secagem. Foram também obtidos dados da Estação Climatológica (GURUPI A019), através do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

Determinação dos parâmetros em estudo

Antes do processo de secagem, foram coletadas as dimensões iniciais e massa inicial de cada uma das amostras. A massa das amostras foi mensurada em balança digital de precisão igual a 0,01 g, enquanto as dimensões iniciais (largura, espessura e comprimento) foram obtidas com paquímetro digital com precisão de 0,01 mm.

A densidade básica e a umidade da madeira foram determinadas seguindo as recomendações da NBR 7190 (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 1997). A densidade básica foi calculada por meio da Equação 1 e, a umidade, por meio da Equação 2.

$$\rho_{bas} = \frac{m_s}{V_{sat}} \quad (1)$$

Em que: ρ_{bas} é a densidade básica (g cm^{-3}), m_s é a massa seca da madeira (g) e V_{sat} é o volume da madeira saturada (cm^{-3}).

$$U_a (\%) = \frac{m_i - m_s}{m_s} \times 100 \quad (2)$$

Em que: U_a é a umidade atual da amostra (%), m_i é a massa inicial da madeira (g) e m_s é a massa da madeira seca (g).

A umidade de cada corpo de prova durante a secagem foi determinada, segundo Galvão & Jankowsky (1985), por meio da Equação 3. As dimensões e massa das amostras foram coletadas às 18 h de cada dia durante todo período de secagem.

$$U_a = \frac{m_a(U_i + 100)}{m_i} - 100 \quad (3)$$

Em que: U_a é a umidade atual da amostra (%), m_a é a massa atual da amostra (g), U_i é a umidade inicial (%) e m_i é a massa inicial da madeira (g).

Após a secagem, as informações foram compiladas para elaboração da curva de secagem. As taxas médias de secagem foram determinadas, segundo Galvão & Jankowsky (1985), por meio da Equação 4:

$$T_s (\%) = \frac{(U_i - U_f)}{t} \quad (4)$$

Em que: T_s é a taxa de secagem ($\% \text{ dia}^{-1}$), U_i é a umidade inicial (%), U_f é a umidade final (%) e t é o tempo total de secagem (dia).

As umidades de equilíbrio durante a secagem foram determinadas segundo Simpson (1973), por meio da Equação 5:

$$UE(\%) = \frac{1800}{W} \left(\frac{K_1 K_2 h}{1 + K_1 K_2 h} + \frac{K_2 h}{1 - K_2 h} \right) \quad (5)$$

Em que: $W = 216,9 + 0,01961 \cdot T + 0,0057207 \cdot T^2$; $K_1 = 3,730 + 0,03642 \cdot T - 0,0001547 \cdot T^2$; $K_2 = 0,6740 + 0,001053T - 0,000001714 \cdot T^2$; $h = UR / 100$; UR é a umidade relativa do ar (%), em percentual; UE é a umidade de equilíbrio (%) e T é a temperatura (°F).

Análises estatísticas

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC). As análises estatísticas foram realizadas por meio dos programas computacionais Excel® e Past®. Para a análise dos diferentes parâmetros aferidos, utilizou-se a análise de variância (teste F, a 5% de significância). Nos casos em que a

hipótese da nulidade foi rejeitada, aplicou-se o teste de Tukey (5% de significância) para a diferenciação das médias.

As tábuas de *Pinus* spp., com densidade básica de 0,44 g cm⁻³, submetidas à secagem em estufa solar apresentaram umidade inicial média igual a 156,4%, atingindo, após 22 dias, a menor umidade média (10,5%). A secagem ao ar livre teve início com umidade de 164,2% e, após 22 dias, o menor valor de umidade atingido foi de 20,4%.

A temperatura média e máxima na pilha de secagem ao ar livre foi de 25,8 °C e 35,2 °C, respectivamente, enquanto a média da umidade relativa do ar foi de 89,6%, tendo precipitação total de 245,0 mm durante o período de secagem. Na secagem em estufa solar, a temperatura média e máxima foi de 33,4 °C e 61,6 °C, respectivamente e a umidade relativa média foi de 72,4%.

Na Figura 4 são apresentadas as variáveis ambientais coletadas nos processos de secagem

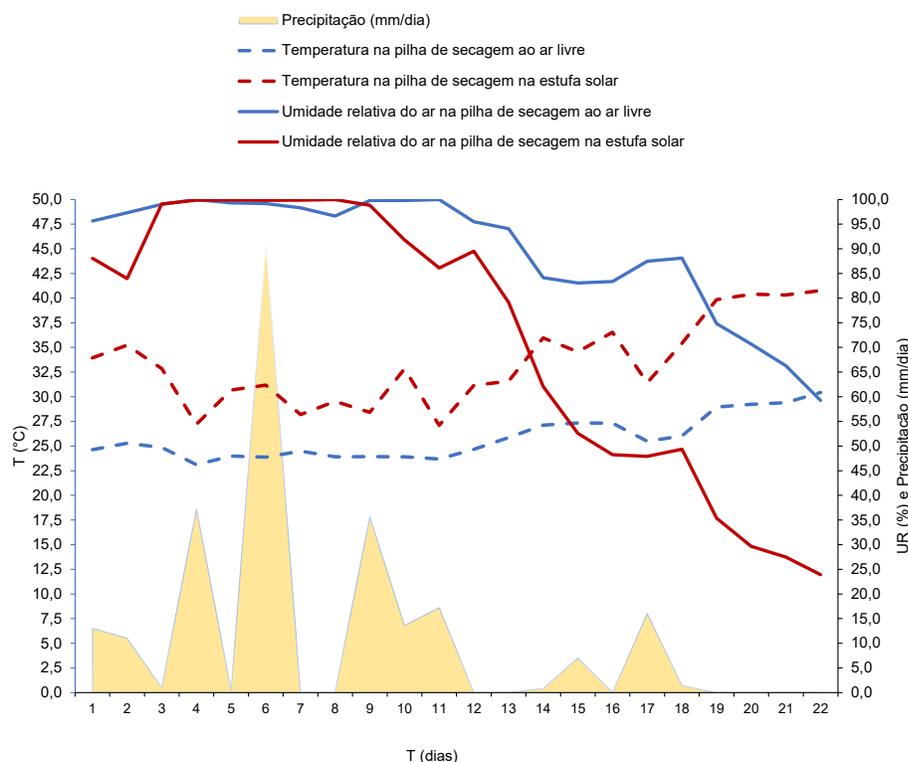


Figura 4. Variáveis ambientais coletadas nos processos de secagem solar em estufa e ao ar livre.

Figure 4. Environmental variables collected in greenhouse and outdoor solar drying processes.

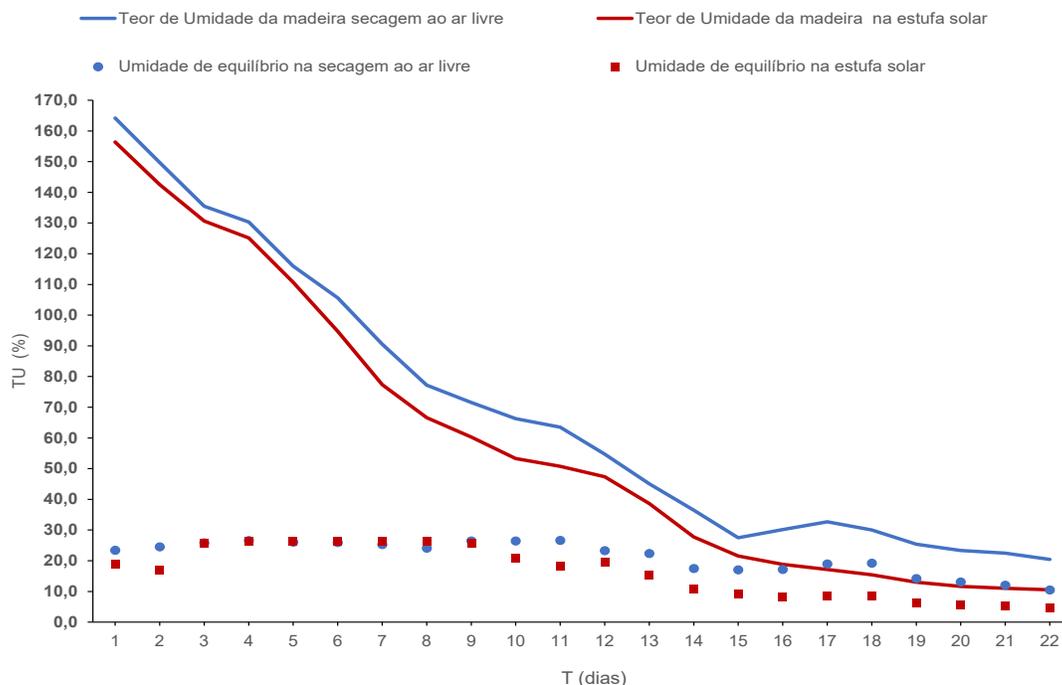


Figura 5. Curvas resultantes dos processos de secagem em estufa solar e ao ar livre.

Figure 5. Curves resulting from the drying processes in a solar kiln and in the open air.

e na Figura 5 as curvas de secagem para ambas as metodologias em estudo.

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios de umidade inicial e final, tempo e taxa média de secagem para as madeiras de *Pinus spp.* submetidas à secagem em estufa solar e ao ar livre.

Tabela 1. Estimativas de umidade, tempo e taxa média de secagem para madeira de *Pinus spp.*

Table 1. Estimates of moisture, time and average drying rate for *Pinus spp.*

Método de Secagem	Umidade inicial (%)	Umidade final (%)	Tempo (dias)	Taxa de secagem (% dia ⁻¹)
Ar livre	164,2 ^A (6,4)	20,4 ^A (8,9)	22	6,1 ^A (8,0)
Estufa solar	156,4 ^A (9,2)	10,5 ^B (18,8)	22	6,2 ^A (9,1)

As médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ($p \geq 0,05$). Valores entre parênteses correspondem ao coeficiente de variação (%).

Na secagem ao ar livre, a umidade inicial média foi de 164,2%, com desvio padrão de 10,5% e

coeficiente de variação de 6,4%. O processo de secagem foi finalizado quando a madeira atingiu 20,4% de umidade final média, com desvio padrão de 1,8% e coeficiente de variação de 8,9% no intervalo de tempo de 22 dias.

Na secagem na estufa solar, a umidade inicial média foi de 156,4%, com desvio padrão de 14,4% e coeficiente de variação de 9,2%. O processo de secagem foi finalizado quando a madeira atingiu 10,5% de umidade final médio, com desvio padrão de 2,0% e coeficiente de variação de 18,8% em 22 dias. As taxas médias de secagem não diferiram estatisticamente entre as metodologias e os dados apresentaram baixo coeficiente de variação, possuindo valores semelhantes, de 6,1% dia⁻¹ ao ar livre e de 6,2% dia⁻¹ em estufa solar.

Os valores de umidade final nos dois processos de secagem foram estabelecidos em razão da sua estabilização. Na secagem ao ar livre, houve ganho de massa das amostras de controle no décimo segundo dia, demonstrando que a pilha de secagem ao ar livre sofreu influência dos fatores climáticos, pois períodos chuvosos e mais

úmidos proporcionaram aumento na umidade da madeira exposta.

A umidade final média na secagem ao ar livre apresentou a mesma tendência encontrada por Stangerlin et al. (2009), Brand et al. (2014) e Zen et al. (2019). Stangerlin et al. (2009), na secagem de *Eucalyptus saligna* no município de Santa Maria, RS, obtiveram umidade de 20,8%, após 33 dias, com umidade inicial de 75,6%. Zen et al. (2019), na secagem de *Eucalyptus* spp. em Curitiba, PR, obtiveram umidade final de 23,0%, após 65 dias, com umidade inicial de 54,0%, no período de chuvas intermitentes (outono-inverno). Enquanto Brand et al. (2014), nos meses de maiores umidades de equilíbrio, na secagem de *Cupressus lusitanica* no município de Lages, SC, estimaram umidade final média de 17,1%, após 42 dias e Susin et al. (2014), na secagem de *Hovenia dulcis* no município de Santa Maria, RS, obtiveram umidade de 15,4%, após 25 dias, com umidade inicial de 107,5%.

Na secagem em estufa solar, as amostras de controle não apresentaram aumento de massa em nenhum estágio, seja durante a eliminação da água livre ou na retirada da água de impregnação. Isso evidencia que a perda de umidade transcorreu conforme o esperado. A secagem aplicando essa metodologia apresentou menor umidade final do que observado por Stangerlin et al. (2009) e Souza et al. (2015) e maior que os resultados obtidos por Busatto et al. (2013) e Susin et al. (2014). Stangerlin et al. (2009) obtiveram umidade de 15,1%, após 22 dias, com umidade inicial de 74,0%. Souza et al. (2015) obtiveram em *E. dunni* e *P. elliotii*, no município Xanxerê, SC, umidade de 12,8% e 12,0%, após 30 dias e 15 dias, com umidade inicial de 83,0% e 159,5%, respectivamente. Enquanto Busatto et al. (2013), na secagem da madeira de *Pinus* sp., no município Caiçara, RS, obtiveram umidade de 9,9%, após 39 dias, com umidade inicial de 109,7% e Susin et al. (2014) obtiveram umidade de 9,9%, após 13 dias, com umidade inicial de 108,7%.

No presente trabalho foi obtido menor intervalo de duração de secagem quando comparado com Busatto et al. (2013), Brand et al. (2014), Souza et al. (2015) e Zen et al. (2019). A secagem em estufa

solar proporcionou valores de umidade mais baixos e redução do tempo de secagem.

Ao analisar as curvas de secagem (Figura 5), nota-se que a perda de umidade ocorre de maneira semelhante para ambos os métodos, com uma diferença média de 9,9% entre os valores de umidade nas amostras controle. A menor diferença entre os valores de umidade foi de 4,8 pontos percentuais entre os dois processos de secagem. Esperava-se que a pilha da estufa solar estabilizasse em menor tempo, como observado por Stangerlin et al. (2009) e Susin et al. (2014), porém ambos os métodos obtiveram menor umidade ao mesmo tempo.

Em ambas as metodologias, as estimativas de umidade ficaram acima da UE. Na secagem ao ar livre, a madeira ficou com 20,4% na UE de 10,5% e, na secagem em estufa solar, a madeira ficou com 10,5% na UE de 4,7%. Os valores de umidade observados apresentaram a mesma tendência encontrada por Susin et al. (2014) que, na secagem ao ar livre, obtiveram umidade de 15,4% na UE de 11,1% e, na secagem em estufa solar, umidade de 9,9% na UE de 7,5%. Já no trabalho de Zen et al. (2019), que ao final da secagem ao ar livre obtiveram umidade acima da UE, a madeira ficou com 23,0% na UE de 15,8%.

No presente estudo verificou-se que a metodologia de secagem em estufa solar alcança umidade final inferior a 10%, sendo este o valor considerado ideal para o beneficiamento da madeira (United States, 2021). Valores bastante próximos foram encontrados por Souza et al. (2015), com 12,84% para madeira *E. dunni* e 12,04% para *P. elliotii*, Busatto et al. (2013), com 9,9% para *Pinus* sp. e Susin et al. (2014), com 9,9% para *H. dulcis*.

Segundo Santini et al. (2016), a taxa de secagem é uma variável que fornece informações cruciais sobre o comportamento da madeira durante o processo de secagem, podendo com isso melhorar a qualidade da madeira e reduzir o consumo energético do processo. Assim como ocorrido no presente estudo, a semelhança da taxa média de secagem entre as metodologias de estufa solar e ao ar livre também é relatada por Busatto et al. (2013), sendo de 2,5% dia⁻¹ ao ar livre e

de 2,6% dia⁻¹ em estufa solar. Stangerlin (2009) obtiveram 1,7% dia⁻¹ ao ar livre e de 2,7% dia⁻¹ em estufa solar e Susin et al. (2014) obtiveram 3,7% dia⁻¹ ao ar livre e de 7,6% dia⁻¹ em estufa solar, diferido significativamente entre si. Segundo Stangerlin (2009), a estufa solar deveria apresentar uma taxa de secagem, no mínimo, duas vezes mais rápida que a verificada ao ar livre, porém tal tendência não foi observada no presente estudo, pois a secagem foi realizada durante o período chuvoso, quando as condições atmosféricas são desfavoráveis para o uso do secador solar.

Conclusões

A estufa solar se mostra eficiente no processo de secagem da madeira.

A umidade final e o tempo de secagem na estufa solar são inferiores aqueles obtidos ao ar livre.

A secagem em estufa solar possibilita a obtenção de umidade final, para a espécie estudada, na faixa de 10%.

Conflito de interesses

Os autores não têm conflito de interesses a declarar.

Contribuição de autoria

Rodrigo Araújo Fortes: conceituação; análise formal; investigação; metodologia; escrita – primeira redação; escrita – revisão e edição. **André Orathes do Rêgo Barros**: investigação; escrita – primeira redação. **Pedro Lício Loiola**: investigação; escrita – primeira redação. **Vanessa Coelho Almeida**: investigação; escrita – primeira redação. **Raquel Marchesan**: conceituação; análise formal; investigação; metodologia; supervisão; escrita – primeira redação; escrita – revisão e edição. **André Ferreira dos Santos**: análise formal; investigação; metodologia; supervisão.

Referências

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7190**: projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.

Brand, M. A. et al. Influência das condições meteorológicas e do método de empilhamento na qualidade da madeira serrada de *Cupressus lusitanica* Mill., submetida a secagem ao ar, em Lages – SC. **Revista Scientia Forestalis**, v. 42, n. 103, 2014.

Busatto, L. et al. Uso de secador solar para secagem de *Pinus sp.* **Ciência da Madeira**, v. 4, n. 2, p. 176-190, 2013.

UNITED STATES. Department of Agriculture. Forest Products Laboratory. **Wood handbook**: wood as an engineering material. Washington: USDA, 2021. 543 p. (General Technical Report FPL-GTR-282).

Galvão, A. P. M. & Jankowsky, I. P. **Secagem racional da madeira**. São Paulo: Nobel, 1985. 111 p.

Instituto Nacional de Meteorologia (Brasil). **Banco de Dados Meteorológicos**: estação meteorológica: A019 Gurupi - TO. Disponível em: <https://mapas.inmet.gov.br>. Acesso em: 2 maio 2023.

Martins, V. A. **Secagem de madeira serrada**. Brasília, DF: IBDF/DPq – LPF, 1988.

Santini, E. J. Secagem de madeira serrada em estufa solar e sua comparação com os métodos convencionais. **Revista Floresta**, v. 14, n. 2, p. 61-70, 1983.

Santini, E. J. et al. Secagem e qualidade da madeira serrada de *Hovenia dulcis*. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 15, n. 4, p. 460-463, 2016.

Simpson, W. T. Predicting equilibrium moisture content by mathematical models. **Wood and Fiber**, v. 5, n. 1, p. 41-45, 1973.

Souza, J. T. et al. Avaliação da secagem em estufa solar de madeiras de *Eucalyptus dunnii* Maiden e *Pinus elliottii* Engelm. **Enciclopédia Biosfera**, v. 11, n. 21, 2015.

Stangerlin, D. M. et al. Comparação econômica entre os métodos de secagem de madeira ao ar livre e em estufa solar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, p. 850-856, 2012. <https://doi.org/10.5039/agraria.v7isa1986>.

Stangerlin, D. M. et al. Uso de estufa solar para secagem de madeira serrada. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 4, p. 461-472, 2009. <https://doi.org/10.5902/19805098900>.

Susin, F. et al. Taxa de secagem e qualidade da madeira serrada de *Hovenia dulcis* submetida a dois métodos de secagem. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 2, p. 243-250, 2014. <https://doi.org/10.4322/loram.2014.016>.

Zen, L. R. et al. Secagem ao ar livre da madeira serrada de eucalipto. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 7, n. 2, p. 291-298, 2019. <https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v7n2.zen>.