



## Monitoramento da secagem da madeira de duas espécies amazônicas submetidas ao ar livre

*Monitoring Wood Drying of two Amazonian species submitted to the Open Air*

*Monitoreo del secado de madera de dos especies amazónicas sometidas al aire libre*

### Lilian Vanessa Silveira Oliveira

Discente do Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Rondônia (UNIR), *Campus* de Rolim de Moura, Rondônia, Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/2619457185503653>

<http://orcid.org/0000-0003-1446-1919>

### Suelen de Oliveira

Discente do Curso de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Rondônia (UNIR), *Campus* de Rolim de Moura, Rondônia, Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/9787082828764222>

<http://orcid.org/0000-0001-6494-9707>

### Adriano Reis Prazeres Mascarenhas

Doutor em Ciência e Tecnologia da Madeira pela Universidade Federal de Lavras – (PPGCTM/UFLA) Lavras, Minas Gerais, Brasil. Docente da Universidade Federal de Rondônia (UNIR), *Campus* de Rolim de Moura, Rondônia, Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/7050276331020244>

<http://orcid.org/0000-0002-7554-3590>

### Thiago Cardoso Silva

Dr. em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, Paraná, Brasil. Docente da Universidade Federal de Rondônia (UNIR), *Campus* de Rolim de Moura, Rondônia, Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/8962087913561252>

<http://orcid.org/0000-0001-6553-4204>

### Emmanoella Costa Guaraná Araujo

Dra. em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Paraná (UFPR), Curitiba, Paraná, Brasil. Docente da Universidade Federal de Rondônia (UNIR), *Campus* de Rolim de Moura, Rondônia, Brasil.

<http://lattes.cnpq.br/1659011614593700>

<http://orcid.org/0000-0002-4493-904X>

## Resumo

**Introdução:** A secagem desempenha um papel crucial no beneficiamento da madeira, reduzindo riscos de perdas por defeitos e biodeterioração. O objetivo deste estudo foi realizar o monitoramento do teor de umidade das madeiras de *Couratari oblongifolia* (imbirema) e *Diploptropis purpurea* (sucupira), submetida ao processo de secagem ao ar livre no município de Rolim de Moura, RO. **Metodologia:** As peças de 35 cm foram monitoradas durante a secagem ao ar livre, e amostras de 5 cm foram em estufa a  $103\pm 5^{\circ}\text{C}$  até a obtenção de massa constante. **Resultados:** A madeira submetida a secagem na estufa apresentou os valores de umidade a base úmida (Ubu) da madeira de Imbirema (33,66%) e a Ubs (50,73%). Para a espécie da madeira Sucupira, apresentou um valor de Ubu de (49,05%), e para Ubs foi de (96,30%), respectivamente. Os teores de umidades iniciais para as espécies do estudo apresentaram valores distintos. Para Imbirema foram de 50,73% para ambas as amostras, sendo que para a espécie de Sucupira foram de 96,30% a 71,88%. **Discussão:** As espécies tiveram um alto nível de perda de umidade durante os primeiros dias, até chegarem em 36% de umidade, logo apresentaram uma fase estável, até chegar a uma umidade próxima ao ponto de saturação das fibras. As distintas taxas de perda entre as espécies indicam variação no comportamento de secagem. **Conclusão:** Essa análise reforça a influência dinâmica e multifatorial na secagem ao ar livre, enfatizando a necessidade de métodos de monitoramento adequados para compreender e otimizar o processo de secagem da madeira.

**Palavras-chave:** Água na madeira; *Couratari oblongifolia*; *Diploptropis purpurea*.

## Abstract

**Introduction:** Drying plays a crucial role in the benefit of wood, reducing the risk of losses due to defects and biodeterioration. The objective of this study was to carry out the theoretical monitoring of the moisture content of the woods of *Couratari oblongifolia* (imbirema) and *Diploptropis purpurea* (sucupira), subjected to the drying process in the open air in the municipality of Rolim de Moura, RO. **Methodology:** 35 cm pieces were monitored during free drying, and 5 cm samples were placed in an oven at  $103\pm 5^{\circ}\text{C}$  to obtain constant mass. **Results:** The wood subjected to drying in the oven showed the values of umidade a base umid (Ubu) of the wood of Imbirema (33.66%) and Ubs (50.73%). For the Sucupira wood species, a Ubu value of (49.05%) was present, and for Ubs it was (96.30%), respectively. The initial unit theories for the species of study present different values. For Imbirema it was 50.73% for both samples, while for the Sucupira species it was 96.30% to 71.88%. **Discuss:** As species have a high level of moisture loss during the first few days, check at 36% of moisture, this indicates a stable phase, check for a moisture close to the fiber saturation point. The different taxa of loss between the species indicate variation in drying behavior. **Conclusion:** This analysis reinforces the dynamic and multifactorial influence on free drying, emphasizing the need for adequate monitoring methods to understand and optimize the wood drying process.

**Keywords:** Water in wood; *Couratari oblongifolia*; *Diploptropis purpurea*.

## Resumen

**Introducción:** A secagem desempenha um papel crucial no benefimento da madeira, reduzindo riscos de perdas por defeitos e biodeterioro. O objetivo deste estudo foi realizar o monitoramento do teor de umidade das madeiras de *Couratari oblongifolia* (imbirema) e *Diploptropis purpurea* (sucupira), submetida ao processo de secagem ao ar livre no município de Rolim de Moura, RO. **Metodología:** As peças de 35 cm foram monitoradas durante a secagem ao ar livre, e mostras de 5 cm foram em estufa a  $103\pm 5^{\circ}\text{C}$  até a obtenção de masa constante. **Resultados:** A madeira submetida a secagem na estufa apresentou os valores de humedade a base úmida (Ubu) da madeira de Imbirema (33,66%) e a Ubs (50,73%). Para la especie de madeira Sucupira,

presentamos un valor de Ubu de (49,05%), y para Ubs foi de (96,30%), respectivamente. Os teores de umidades iniciais para as espécies do estudo apresentam valores distintos. Para Imbirema foram de 50,73% para ambas como mostras, siendo que para a espécie de Sucupira foram de 96,30% a 71,88%. **Discusión:** Como especies tiveram um alto nivel de pérdida de humedad durante los primeros días, até chegarem em 36% de umidade, logo apresentaram uma fase estável, até chegar a uma umidade próxima ao ponto de saturação das fibras. As distintos taxas de perda entre as especies indican variación en el comportamiento de secado. **Conclusión:** Essa análise reforça a influência dinâmica e multifatorial na secagem ao ar livre, enfatizando a necessidade de métodos de monitoreo adecuados para comprender y optimizar el proceso de secado da madeira.

**Palabras clave:** Agua en madera; Couratari oblongifolia; Diplotropis purpurea

## 1 INTRODUÇÃO

Na industrialização da madeira, a etapa de secagem desempenha um papel importante, pois exige alto consumo de energia, resultando em maiores custos de produção (Dietsch et al., 2014). Além disso, está representa uma fase de extrema importância no beneficiamento da madeira, que precede a transformação em produtos, com o propósito de agregar valor (Jankowsky, 1990; Talgatt et al., 2020).

A indústria madeireira desempenha um papel fundamental na fabricação de diversos produtos, que abrangem desde móveis até estruturas de construção civil, necessitando madeiras de qualidade ideais para obtenção de produtos duráveis e estáveis. Portanto, é essencial estabelecer um sistema eficaz de controle da secagem da madeira para assegurar que ela atenda aos padrões desejados (Jankowsky, 1995; Zen et al., 2019).

Ao realizar a secagem com o método adequado, essa etapa confere diversas vantagens às peças e produtos fabricados a partir da madeira (Gorini, 1998; Zen et al., 2019). Isso inclui uma maior facilidade de manuseio e processamento, a redução do risco de danos causados por agentes biodegradadores e obtenção de uma maior estabilidade, com uma incidência reduzida de defeitos nas peças e produtos nos produtos derivados (Batista, 2009; Severo, 2000; Mangini et al., 2023).

Os desafios na secagem sustentável de madeiras em ambientes externos

envolvem preocupações com o impacto ambiental, a eficiência energética, a qualidade do produto, a variabilidade climática e a sustentabilidade. Encontrar soluções eficazes que reduzam o impacto ambiental, otimizem o uso de energia e mantenham a qualidade dos produtos é necessário, requerendo inovação e pesquisa para atender aos princípios da sustentabilidade e da eficiência (Susin *et al.*, 2014).

A secagem da madeira ao ar livre é um método tradicional e econômico que visa reduzir o teor de umidade natural da madeira. Este método é considerado uma das soluções baseadas na natureza, gerando benefícios socioeconômicos e ambientais, uma vez que é uma estratégia que pode ser aplicada para evitar perdas na produção madeireira e reduzir impactos nos ecossistemas amazônicos. Neste método, monitora-se a umidade regularmente, pois os tempos de secagem podem variar de meses a anos, dependendo das condições. É importante proteger a madeira de insetos e fungos, por isso a madeira seca deve ser armazenada em local seco.

Este método de secagem pode causar alterações no tamanho e na qualidade da madeira; por isso, é necessário utilizar métodos controlados para o seu projeto específico. A abordagem pode variar dependendo da região e dos recursos disponíveis (Zanuncio *et al.*, 2016). Nesta perspectiva, o objetivo deste estudo foi realizar o monitoramento do teor de umidade das madeiras de *Couratari oblongifolia* Ducke & Kunth (imbirema) e *Diploptropis purpurea* (Rich) Amshoff (sucupira), submetidas ao processo de secagem ao ar livre no município de Rolim de Moura, RO.

## 2 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a efetivação deste trabalho, as amostras foram doadas pela Madeireira Vento do Sul, localizada na cidade de Rolim de Moura/RO, onde a empresa comercializa madeira bruta e madeiras beneficiadas. As análises conduzidas para

este estudo foram realizadas na Universidade Federal de Rondônia, *Campus* de Rolim de Moura, no Laboratório de Histologia e Microscopia.

Utilizaram-se as seguintes espécies florestais madeireiras: *Couratari oblongifolia* Ducke & Kunth (imbirema) e *Diptotropis purpúrea* (Rich) Amshoff (sucupira). Foram obtidas amostras de madeira com dimensões de 80 cm de comprimento, 5 cm de espessura e 20 cm de largura, uma amostra para cada espécie. Posteriormente as amostras foram fracionadas em quatro peças, sendo duas de 35 cm de comprimento e duas peças de 5 cm de comprimento. Em seguida, as peças foram pesadas para obtenção da massa úmida.

As peças de 35 cm foram submetidas a um processo de monitoramento durante o período de secagem ao ar livre. Realizou-se a pesagem das peças enquanto ainda estavam úmidas para obtenção da massa inicial. Em seguida, a área experimental foi estabelecida no gramado do *Campus*, próximas a um pluviômetro, sendo realizados monitoramentos frequentes durante o processo de secagem. O processo de secagem foi finalizado quando os corpos de prova atingiram a umidade de equilíbrio de 12%.

Para a determinação da umidade em base seca e em base úmida, as massas úmidas de duas amostras de madeira de cada espécie foram obtidas em balança semi-analítica. Posteriormente, as amostras de controle de 5 cm foram submetidas à secagem em estufa de renovação e circulação forçada de ar ajustada com temperatura de  $103 \pm 5^\circ\text{C}$  até a observação de massa constante, conforme apresentado na norma ASTM D4442-20 (ASTM, 2020). Para análise dos dados foi aplicada estatística descritiva.

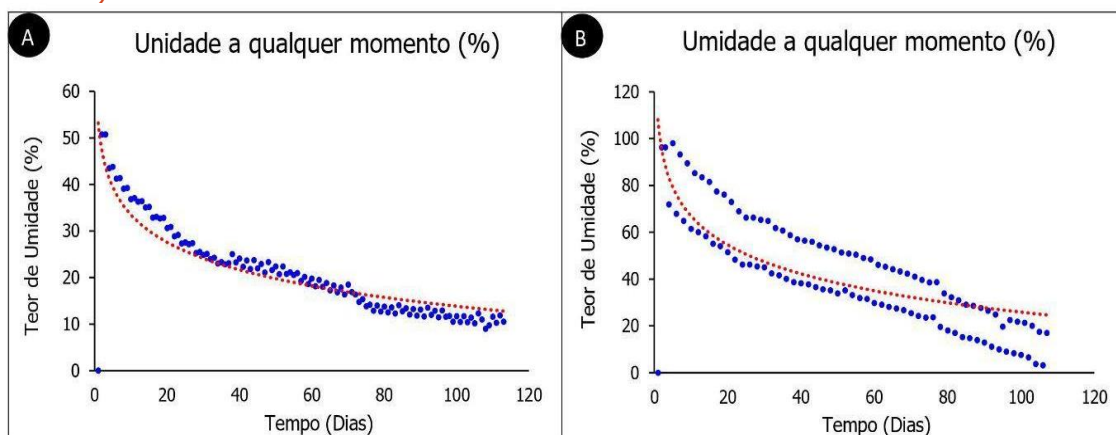
### 3 RESULTADOS

As amostras submetidas à secagem em estufa revelaram teores médios de umidade a base úmida (Ubu) para a madeira de imbrema de 33,66%, enquanto a umidade a base seca (Ubs) foi de 50,73%. Já a madeira de sucupira, submetida

ao processo de secagem em estufa, apresentou um valor de Ubu de (49,05%), e para Ubs foram de (96,30%), respectivamente.

Os teores de umidades iniciais para as espécies do estudo apresentaram valores distintos (Figura 1). A variação observada na madeira de imbirema pode ter ocorrido por diversos fatores, como a dependência das condições climáticas locais, a heterogeneidade na exposição ao vento, a incidência de luz e as massas de fluxo de ar entre as espécies de madeira, além da posição específica na pilha de secagem. Essa complexidade resulta em uma maior variação nas umidades finais em comparação com as umidades iniciais do processo de secagem.

Figura 1 - Taxa de secagem da madeira ao ar livre em Rolim de Moura/RO. A) Madeira de imbirema (*Couratari oblongifolia* Ducke & Kunth); B) Madeira de sucupira (*Diptotropis purpurea* (Rich) Amshoff).



Fonte: Autores (2023).

Ao analisar a secagem da madeira de sucupira, nota-se que o teor de umidade diminui de maneira mais acentuada durante o estágio inicial até atingir o ponto de saturação das fibras ( $\approx 30\%$ ). A elevada taxa de secagem nas primeiras semanas indica uma eficiente remoção da água livre por meio da evaporação. À medida que o teor de umidade é reduzido, a taxa de secagem gradualmente desacelera. Ao retirar toda a água livre da madeira pouco se altera em termos dimensionais, a não ser o seu próprio peso (Moreschi, 2012).

Quando compara-se as duas espécies, observa-se que ambas tiveram um alto nível de perda de umidade durante os primeiros dias, até chegarem a 36% de umidade. Logo em seguida, estas apresentaram uma fase estável, até chegar a uma umidade próxima ao ponto de saturação das fibras (PSF), logo após começa a cair novamente. Acima do ponto de saturação das fibras a taxa de secagem se mantém constante, desde que a temperatura e a umidade relativa do ar permanecem estáveis (Talgatti *et al.*, 2020). Ao remover a umidade abaixo do ponto de saturação das fibras, ocorre a extração da água presente nas paredes celulares da madeira, conhecida como água de impregnação. Essa remoção da água resulta em um significativo aumento nas propriedades mecânicas da madeira. Quanto menor o teor de umidade da madeira abaixo do PSF, maior será a sua resistência mecânica (Oliveira, 2021).

Ao analisar o comportamento da curva de secagem, observa-se que as amostras de imbiroma apresentaram valores semelhantes. No entanto, ao examinar a madeira de sucupira, nota-se uma diferenciação no comportamento da curva de secagem. O comportamento dos períodos de secagem durante os tratamentos pode ter sido impactado por diversas variações na amostra, tais como a quantidade de cerne da madeira, composição química, entre outras características (Talgatti *et al.*, 2020).

Diante desse cenário, as condições ambientais influenciaram, pois durante a realização do experimento. O período de insolação foi maior, porém as chuvas que ocorreram durante o processo, mesmo que foram poucas, podem ter influenciado diretamente no teor de umidade da madeira. O período em que realizou-se o estudo foi de agosto a outubro, onde as condições climatológicas do estado de Rondônia antecedem ao período que tem maior concentração de chuva, resultando assim em valores de umidade relativa do ar superior a 80% (Alvares *et al.*, 2013). Portanto, visando otimizar a secagem natural com maior eficácia e reduzir a

variabilidade na umidade da madeira, é apropriado implementar essa técnica de secagem ao ar livre durante a estação seca de Rondônia sendo de junho a agosto.

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base nos resultados obtidos durante o processo de secagem para as duas espécies, *Couratari oblongifolia* (imbirema) e *Diplotropis purpurea* (sucupira), conclui-se que a maior perda do volume de água livre foi nas primeiras semanas, influenciada pelas condições ambientais do município de Rolim de Moura/RO.

Ao analisar as curvas de características de secagem para cada espécie separadamente, fica evidente a complexidade desse processo. Essa análise reforça a influência dinâmica e multifatorial na secagem ao ar livre, enfatizando a necessidade de métodos de monitoramento adequados para compreender e otimizar o processo de secagem da madeira dessas espécies.

## REFERÊNCIAS

- ALVARES, Clayton Alcarde *et al.* Köppen s climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, [s.l.], v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: [10.1127/0941-2948/2013/0507](https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507). Disponível em: [http://143.107.18.37/material/mftandra2/ACA0225/Alvares\\_etal\\_Koppen\\_climate\\_classBrazil\\_MeteoZei\\_2014.pdf](http://143.107.18.37/material/mftandra2/ACA0225/Alvares_etal_Koppen_climate_classBrazil_MeteoZei_2014.pdf). Acesso em: 18 de setembro 2023.
- AMERICAN STANDARD TEST METHODS – ASTM. *ASTM D4442-20*: Standard test methods for direct moisture content measurement of wood and wood- based materials. West Conshohocken: ASTM, 2020. 5 p.
- BATISTA, Djeison Cesar. *Qualidade da secagem convencional conjunta da madeira de nove clones do gênero Eucalyptus*. 2009. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/xmlui/bitstream/handle/1884/18115/dissertacao%20mestradoDjeison%20Cesar%20Batista.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 08 de setembro 2023.
- DIETSCH, Philipp *et al.* Methods to determine wood moisture content and their applicability in monitoring concepts. *Journal of Civil Structural Health Monitoring*,

[s./], v. 5, p. 115-127, ago. 2014. Disponível em:  
<https://link.springer.com/article/10.1007/s13349-014-0082-7>. Acesso em: 08 de abril de 2024.

GORINI, Ana Paula Fontenelle. *Panorama do setor moveleiro no Brasil, com ênfase na competitividade externa a partir do desenvolvimento da cadeia industrial de produtos sólidos de madeira*. Rio de Janeiro: BNDES, v. 199, setembro. 1998. Disponível em:  
<https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/handle/1408/13444>. Acesso em: 08 de setembro 2023.

JANKOWSKY, Ivaldo Pontes. Equipamentos e processos para a secagem de madeiras. *In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA*, 1., 1995, Piracicaba. *Actas* [...]. Piracicaba: IPEF/IPT, 1995, p. 109-118. Disponível em:  
[https://www.ipef.br/publicacoes/anais/anais\\_seminario\\_internacional\\_utilizacao\\_madeira\\_eucalipto\\_serraria.pdf](https://www.ipef.br/publicacoes/anais/anais_seminario_internacional_utilizacao_madeira_eucalipto_serraria.pdf). Acesso em: 12 de setembro 2023.

JANKOWSKY, Ivaldo Pontes. *Fundamentos de secagem de madeiras*. Piracicaba: ESALQ/USP, 1990. 9 p.

MANGINI, Tauana de Souza. Taxa e defeitos de secagem ao ar livre de quatro espécies provenientes de um sistema agroflorestal. *Scientia Forestalis*, [s./], v. 51, e3984, 2023. DOI: 10.18671/scifor. v 51.22. Disponível em:  
[https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/v51\\_2023/2318-1222-scifor-51-e3984.pdf](https://www.ipef.br/publicacoes/scientia/v51_2023/2318-1222-scifor-51-e3984.pdf). Acesso em: 08 de abril de 2024.

MORESCHI, João Carlos. *Propriedades da madeira*. 4. ed. Curitiba: Setor de Ciências Agrárias. Departamento de Engenharia e Tecnologia Floresta. Universidade Federal do Paraná, 2012. 194 p.

OLIVEIRA, Leonardo da Silva. Importância da secagem da madeira. *Informes Técnicos Sobre Secagem da Madeira*, [s./], n. 2, set. 2021. Disponível em:  
<https://wp.ufpel.edu.br/lasema/files/2021/10/Informe-02-Importancia-da-secagem-da-madeira.pdf>. Acesso em: 12 de setembro 2023.

SEVERO, Elias Taylor Durgante. Qualidade da secagem de madeira serrada de *Eucalyptus dunnii*. *Ciência Florestal*, v. 10, n. 1, p. 109-124, mar. 2000. DOI: 10.5902/19805098399. Disponível em:  
<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/399/271>. Acesso em: 18 de setembro 2023.

TALGATTI, Maiara *et al.* Secagem da madeira de *Hovenia dulcis* e *Eucalyptus tereticornis* em forno micro-ondas com diferentes potências de temperatura.

*Advances in Forestry Science*, [s.l.], v. 7, n. 3, p. 1121-1128, nov. 2020. DOI: 10.34062/afs.v7i3.10153. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/afor/article/view/10153>. Acesso em: 20 de set. 2023.

ZANUNCIO, Antônio José Vinha *et al.* Redes neurais artificiais como nova ferramenta para avaliação e monitoramento da umidade da madeira. *Revista Árvore*, [s.l.], v. 40, p. 543-549, mai./jun. 2016. DOI: [10.1590/0100-67622016000300018](https://doi.org/10.1590/0100-67622016000300018). Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rarv/a/JJFsSyhL3dQ5qd6F87P6fwC/?format=pdf&lang=en>. Acesso em: 22 de setembro 2023.

ZEN, Linéia Roberta *et al.* Secagem ao ar livre da madeira serrada de eucalipto. *Journal of Biotechnology and Biodiversity*, v. 7, n. 2, p. 291-298, jul. 2019. DOI: [10.20873/jbb.uft.cemaf.v7n2.zen](https://doi.org/10.20873/jbb.uft.cemaf.v7n2.zen). Disponível em: <https://sistemas.uft.edu.br/periodicos/index.php/JBB/article/view/7345/15924>. Acesso em: 25 de setembro 2023.