

CARTILHA DE

# BOAS PRÁTICAS DE SECAGEM DA MADEIRA



Láina Poliana Rocha da Silva  
Laura Beatriz Pires das Neves  
Saly Takeshita Yamaguti

Paragominas/PA  
2024



Láina Poliana Rocha da Silva  
Laura Beatriz Pires das Neves  
Saly Takeshita Yamaguti

CARTILHA DE

# BOAS PRÁTICAS DE SECAGEM DA MADEIRA



**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**  
**Ficha Catalográfica**  
**Biblioteca Universitária Douglas Malheiro Vale**

---

S 586 Silva, Láina Poliana Rocha da  
Cartilha de boas práticas de secagem da madeira / Láina Poliana Rocha da Silva,  
Laura Beatriz Pires das Neves e Saly Takeshita Yamaguti. – Paragominas, 2024.

22 p.: il.; color.

ISBN 978-65-01-10956-5

1. Madeira. 2. Secagem ao ar. 3. Secagem natural. 4. Umidade I. Silva, Láina Poliana Rocha da. II. Neves, Laura Beatriz Pires das. III. Yamaguti, Saly Takeshita. IV. Título

CDD: 23 ed. 581.4

---

Bibliotecário-Documentalista: Carla Daniella Teixeira Girard CRB-2/1351

# SOBRE AS AUTORAS

---

## **Láina Poliana Rocha da Silva**

Graduanda do curso de Engenharia Florestal  
*Campus* Paragominas  
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

## **Laura Beatriz Pires das Neves**

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais  
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

## **Saly Takeshita Yamaguti**

Profa. do curso de Engenharia Florestal  
*Campus* Paragominas  
Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

# SUMÁRIO

---

## 01

**Apresentação.....05**

## 02

**Madeira.....06**

## 03

**Umidade da madeira.....08**

## 04

**Como medir a umidade madeira?.....10**

## 05

**Por que secar a madeira?.....13**

## 06

**Defeitos da secagem.....19**

## 07

**Referências.....20**

# APRESENTAÇÃO

Esta cartilha é resultado do trabalho desenvolvido por discentes do curso de Engenharia Florestal da Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA campus Paragominas durante a participação no Programa Institucional de Bolsas de Extensão – PIBEX (PROEX/UFRA) com o intuito de desenvolver um material didático e acessível, incentivando as boas práticas de secagem da madeira.

Espera-se que a mão-de-obra que atua no setor possa realizar o processo de secagem da madeira adequado, identificar os principais defeitos que ocorrem e obter melhorias na qualidade final do produto comercializado.

# 1. MADEIRA

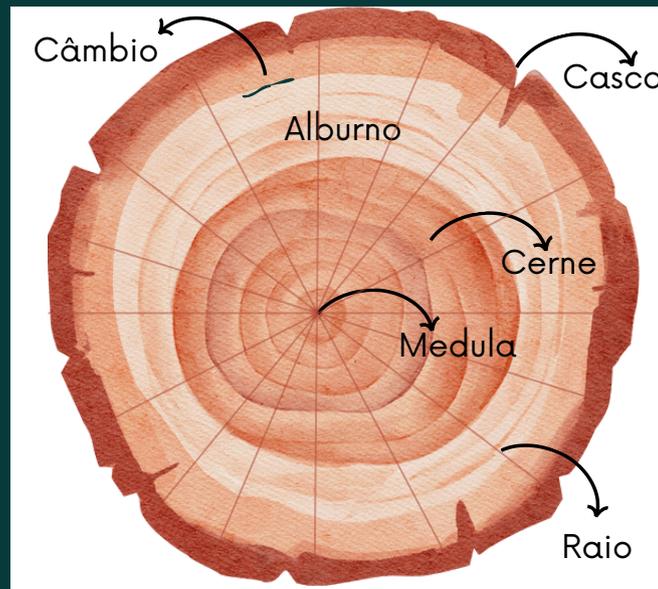
---

A madeira é uma matéria-prima de origem vegetal presente no tronco e galho de árvores, com células especializadas na sustentação e condução de líquidos. É um material versátil que está presente no dia a dia da sociedade e vai muito além do tradicional uso em móveis e construção civil, ela está presente desde a embalagem da caixa de leite do café da manhã, no carvão vegetal utilizado em siderúrgicas até em indústrias farmacêuticas, alimentícias e têxteis.

Trata-se de um material heterogêneo, onde na seção transversal do tronco da árvore, com exceção do câmbio e algumas vezes do raio, destacam-se os elementos macroscópicos:

- **Casca:** constituída internamente por floema (conjunto de tecidos vivos com a função de conduzir as substâncias nutritivas nas plantas) e externamente pelo ritidoma (tecido que reveste e protege o tronco).
- **Câmbio:** Compõe-se de camadas de células situadas entre o lenho (madeira) e a casca interna (floema) e dá origem a estes tecidos.
- **Cerne:** É a parte mais interna do caule, constituída por tecido fisiologicamente morto. A madeira dessa região vai, gradativamente, perdendo a atividade vital e adquirindo, frequentemente, coloração mais escura devido à deposição de taninos, gomas, óleos, resinas e outros materiais resultantes da transformação das substâncias de reserva. A madeira dessa região geralmente é mais escura, mais densa e maior durabilidade natural contra organismos xilófagos.
- **Alburno:** É formado pelas camadas mais exteriores ou mais novas da madeira, onde se dá o transporte da seiva bruta por meio dos vasos e estocagem de substâncias de reserva nas células do parênquima. A madeira dessa região geralmente é mais clara, mais leve e mais suscetível ao ataque de pragas.
- **Raio:** Elementos que possuem função de armazenamento e condução de substâncias nutritivas no sentido transversal do tronco.
- **Medula:** A medula é a parte mais interna do tronco ou ramos, com diâmetro variável de um milímetro a dois centímetros, formada por células parenquimatosas, provenientes de crescimento primário, pode ser susceptível aos organismos xilófagos.

**Figura 1. Representação esquemática do tronco de uma árvore mostrando suas diferentes regiões**



Fonte: As autoras, 2024.

## 1.1 CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA

As madeiras possuem características sensoriais, denominadas de propriedades organolépticas e que estão relacionadas aos órgãos sensitivos, como cor, cheiro, gosto, grã, textura e desenho que se apresentam no material.

- > **Cor:** A cor da madeira é originada por substâncias corantes depositadas no interior das células que constituem o material lenhoso, bem como impregnadas nas suas paredes celulares. De forma geral, madeiras mais leves e macias são sempre mais claras que madeiras pesadas e duras.

- > **Cheiro e gosto:** são propriedades intimamente relacionadas por se originarem das mesmas substâncias voláteis, concentradas principalmente na madeira de cerne, podendo ser agradável ou desagradável, valorizando ou limitando a sua utilização.

- > **Grã:** O termo grã refere-se à orientação geral dos elementos verticais constituintes do lenho, em relação ao eixo da árvore ou de uma peça de madeira, é decorrente das mais diversas influências em que a árvore é submetida durante o seu crescimento.

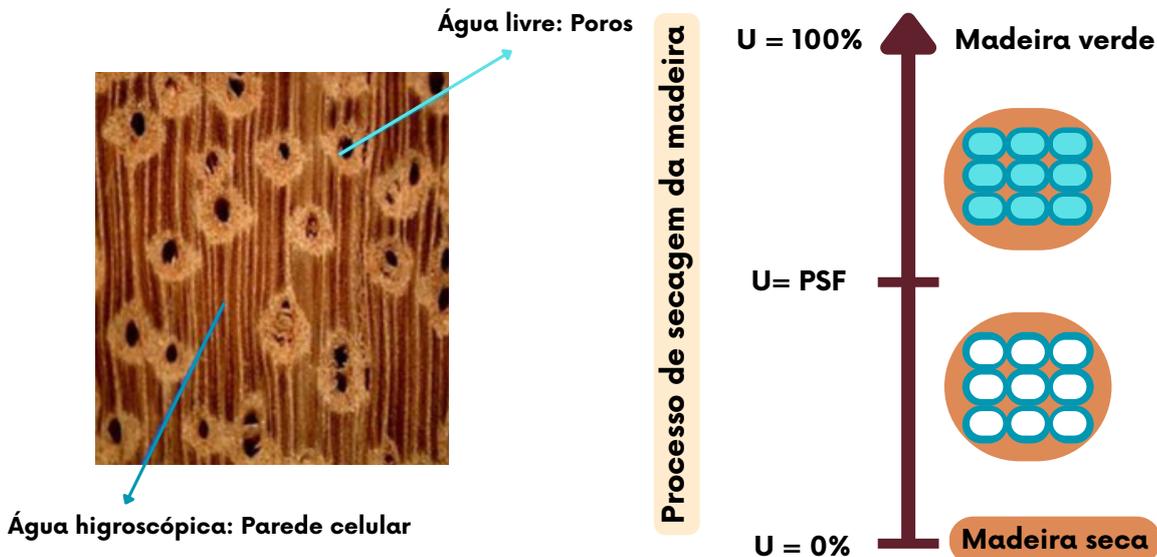
- > **Textura:** O termo textura refere-se ao efeito produzido na madeira pelas dimensões, distribuição e porcentagem dos diversos elementos estruturais constituintes do lenho, no seu conjunto. Nas folhosas este efeito é determinado principalmente pelo diâmetro dos vasos e pela largura dos raios, enquanto nas coníferas o efeito se dá pela nitidez, espessura e regularidade dos anéis de crescimento.

- > **Brilho:** O brilho da madeira é causado pelo reflexo da luz incidida sobre a sua superfície, sendo a face longitudinal radial geralmente mais reluzente, por efeito das faixas horizontais dos raios da madeira.

# 2. UMIDADE DA MADEIRA

As árvores absorvem água e sais minerais do solo que circulam pela sua estrutura e deslocam-se até as folhas. Logo após derrubadas, a madeira oriunda destas árvores ainda possui uma porção significativa de água em seu interior, sendo encontrada em duas formas: água livre e água higroscópica. A livre é caracterizada por seu estado líquido, depositada em seus espaços vazios e a sua redução não altera as propriedades da madeira, apenas diminui sua massa, sendo a primeira a ser eliminada no processo de secagem. Enquanto a água higroscópica está localizada nas paredes das células e ligadas quimicamente na madeira, essa água é a mais difícil e lenta de evaporar na secagem e pode provocar alterações nas propriedades físicas e mecânicas da madeira.

**Figura 2. Representação do tipo de água presente na madeira**



Fonte: Autores, 2024.

Esta água contida na madeira é denominada umidade e expressa em porcentagem. Para que a madeira esteja adequada para uso é necessário a diminuição da umidade, visando a resistência contra organismos xilófagos, durabilidade da peça, melhoria de suas propriedades físicas e mecânicas e trabalhabilidade.

No geral peças de madeira são comercializadas abaixo do Ponto de Saturação das Fibras (PSF), ou seja, é o ponto em que a madeira eliminou a água livre, permanecendo apenas a água higroscópica no interior da parede celular, o valor do PSF varia de 25% a 32% umidade, sendo considerado uma média de 28%.

## 2.1 UMIDADE DE EQUILÍBRIO (UE)

A Umidade de Equilíbrio é caracterizada pelo teor de umidade que a madeira pode atingir quando exposta a temperatura e umidade relativa do ar constante, tendendo a ficar equilibrada com o ambiente, ou seja, não perde e nem ganha umidade, nessas condições esse teor é denominado de umidade de equilíbrio.

Como a UE depende das condições climáticas, o teor de umidade adequado para a madeira pode variar de acordo com a região geográfica, e até dentro de uma mesma região, variando também ao longo do ano. As estimativas da UE têm por base as normais climatológicas médias, as quais representam o clima médio em ambientes externos de um local ou região

Dessa forma, a NBR16996-1 apresenta as seguintes indicações sobre o teor de umidade de equilíbrio da madeira, umidade relativa do ar e temperatura nas diferentes locais do Brasil:

Cidade	Umidade relativa do ar (%)	Temperatura C	Teor de umidade de equilíbrio da madeira (%)
Porto Alegre	76,0	19,5	14,8
Florianópolis	82,2	20,3	16,8
Curitiba	80,2	16,5	16,2
São Paulo	78,4	19,3	15,5
Santos	79,9	21,3	15,9
Cuiabá	73,1	25,6	13,7
Rio de Janeiro	79,1	23,7	15,6
Belo Horizonte	76,5	21,1	14,9
Vitória	81,1	24,2	16,2
Goiânia	65,7	23,2	12,0
Brasília	67,6	21,2	12,5
Salvador	79,5	25,2	15,6
Recife	81,2	25,5	16,2
Fortaleza	80,2	26,6	15,8
Belém	86,5	26,0	18,4
Manaus	83,1	26,7	16,9
Rio Branco	83,8	24,9	17,3
Porto Velho	84,8	25,1	17,7
Macapá	82,8	26,6	16,8
São Luiz	78,4	26,1	15,2
Teresina	77,5	26,5	14,9
João Pessoa	80,6	26,1	15,9
Maceió	79,0	24,8	15,5
Aracaju	78,2	26,0	15,2

# 3. COMO MEDIR A UMIDADE DA MADEIRA?

Existem diversas técnicas para medir a umidade da madeira, e a escolha da melhor abordagem dependerá das ferramentas disponíveis e das necessidades específicas. Aqui estão algumas técnicas comuns:

## 3.1 MÉTODO GRAVIMÉTRICO

Figura 3. Estufa de secagem



Fonte: Solab, 2019.

É o mais simples e preciso, nessa forma é necessário retirar pequenas amostras de madeira, realizar a pesagem inicial dos exemplares e logo após realizar a secagem das amostras em estufa a 103°C ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ), para obtenção de massa seca, em seguida calcula-se o teor de umidade real, conforme Equação a seguir:

**Equação 1. Teor de umidade.**

$$TU = \frac{(MU - MS)}{MS} \times 100$$

Onde: TU= teor de umidade (%); MU= massa úmida (g); MS= massa seca (g)

Figura 4. Balança de precisão



Fonte: Mettler Toledo, 2024.

## 3.2 MEDIDOR ELÉTRICO

É um aparelho utilizado na peça ou lote de madeira, sendo um meio mais prático e rápido de calcular umidade. Os medidores comuns se baseiam na condutividade elétrica e utilizam da relação fixa da resistência elétrica e do teor de umidade. No mercado é possível encontrar vários modelos, tanto de fabricantes nacionais quanto internacionais.

Figura 5. Medidor de umidade portátil



Fonte: Lignomat moisture measurement, 2024.

### MODELO DE MEDIDOR ELÉTRICO DE UMIDADE PORTÁTIL:

A leitura da umidade é realizada quando os pinos entram em contato com a madeira, dependendo do fabricante e modelo do aparelho, ele pode realizar leituras na faixa de 5 a 65% para diferentes espécies de madeira e painéis engenheirados de madeira.

Figura 6. Medidor de umidade do tipo martelete



Fonte: Lignomat moisture measurement, 2024.

### MODELO DE MEDIDOR DE UMIDADE TIPO MARTELETE:

Este modelo conta com um martelete como acessório permitindo que os pinos alcancem uma profundidade maior na peça de madeira e também forneçam informações de gradiente de umidade.

Figura 7. Medidor de Umidade do tipo espada



Fonte: Marrari automação, c2021.

### MEDIDOR DE UMIDADE DO TIPO ESPADA:

É um medidor de umidade para madeira que possui uma haste de medição para inserção no meio de paletes ou tabiques.

### MEDIDOR DE UMIDADE PARA TORAS E LENHAS:

Este modelo permite inserir uma haste do equipamento no interior da tora, até aproximadamente metade do diâmetro dessa, ela faz uma varredura e calcula a média total da umidade da tora, ao invés de apenas a sua parte superficial.

Figura 8. Medidor de Umidade para Toras e Lenha



Fonte: Marrari automação, c2021.

### MEDIDOR ELÉTRICO DO TIPO CAPACITIVO:

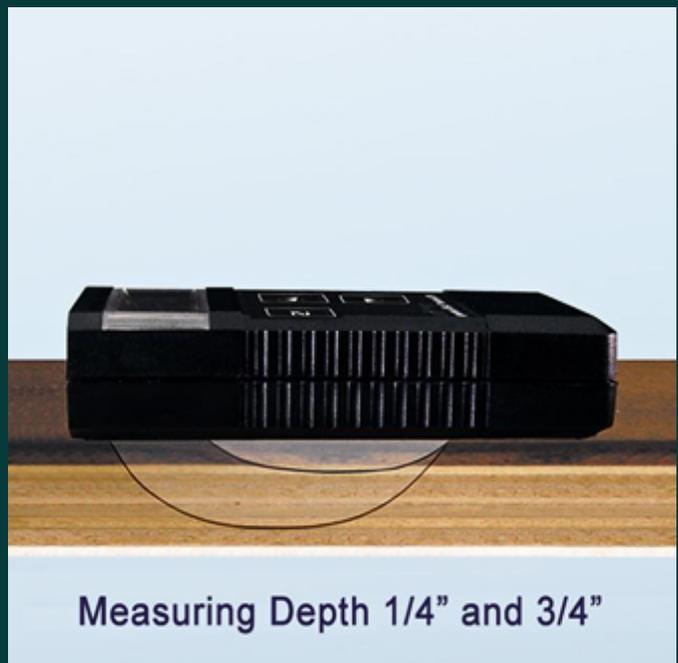
Este modelo funciona por contato, criando um campo eletromagnético de alta frequência que não danifica a madeira.

Figura 9 - Medidor de Umidade de contato



Fonte: Marrari automação, c2021

Figura 10 - Exemplo do funcionamento do medidor de umidade de contato



Fonte: Lignomat moisture measurement, 2024

# 4. POR QUE SECAR A MADEIRA?

---

A secagem é uma das etapas essenciais no tratamento da madeira, possibilitando melhorias na qualidade da peça, além de agregar valor ao produto final. Esse processo busca a diminuição do teor de umidade da madeira até um valor determinado conforme a finalidade que o produto será destinado. Para que esse método seja eficaz, deve ser realizado em um menor tempo possível, garantindo que seja economicamente viável e que a peça obtenha o mínimo de defeitos. Dentre as vantagens, pode-se citar:

- Diminuição da massa, acarretando na redução de custos com transporte de peças;
- Reduz a movimentação dimensional, possibilitando a produção de peças de maior precisão e melhor desempenho em serviço;
- Melhorias nos tratamentos de madeira (verniz ou tinta) e na colagem de peças;
- Diminui os ataques de organismos xilófagos como fungos manchadores e apodrecedores;
- Aumenta a resistência mecânica da peça;
- Necessário para realização de tratamentos preservantes em autoclave.

## 4.1 MÉTODOS DE SECAGEM DA MADEIRA REALIZADOS NA REGIÃO DE PARAGOMINAS

---

### A) SECAGEM AO AR OU SECAGEM NATURAL

A secagem ao ar livre é caracterizada pela exposição ao ar da madeira empilhada de maneira adequada. Esse processo é bastante rápido no início, isto é, quando a madeira apresenta umidade elevada. Quando a umidade da madeira se aproxima da umidade de equilíbrio, dependendo da temperatura e umidade relativa do ambiente, a secagem ao ar livre pode tornar-se bastante lenta.

Nesse método de secagem as peças são dispostas em um local ventilado, coberto ou não, no qual é efetuado o empilhamento das madeiras, com o intuito de controlar o teor de umidade até atingir o ponto de saturação das fibras.

Figura 11 - Secagem ao ar de madeira roliça sem cobertura



Fonte: Os autores, 2023

Figura 12 - Secagem ao ar de madeira roliça com cobertura



Fonte: Os autores, 2023

## **B) SECAGEM NATURAL DA MADEIRA COM TRATAMENTO PRÉVIO EM TANQUE DE ÁGUA**

Este método de secagem é realizado por pequenos marceneiros da região de Paragominas/PA, onde inicialmente a madeira é imersa em um tanque de água para posterior empilhamento e secagem, com o intuito de retirar a “noda” da madeira. Ou seja, de acordo com os populares, ao retirar os extrativos solúveis em água, o processo acelera e facilita a secagem da madeira.

**Figura 13 - Tanque de água onde a madeira é imersa antes da secagem**

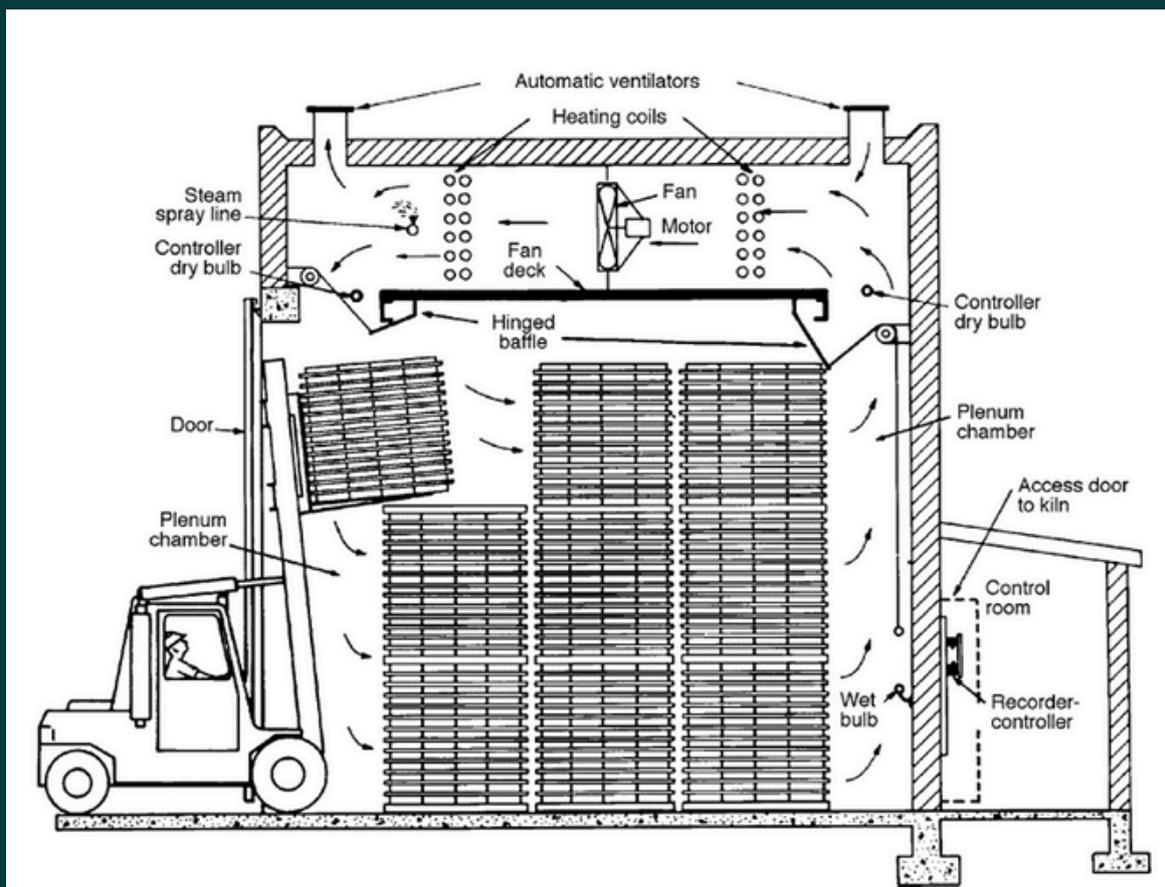


Fonte: Os autores, 2020

## **C) SECAGEM CONVENCIONAL OU SECAGEM ESTUFA**

As estufas são instalações que tornam possível o controle da umidade e da temperatura do ar, permitindo a aplicação do programa de secagem adequado a cada tipo de madeira. Operando numa faixa entre 40°C e 100°C, as estufas convencionais possuem sistemas de circulação, ventilação, aquecimento e umidificação do ar que permitem o total controle da temperatura, umidade relativa e velocidade do ar. Em pouco tempo, a madeira terá o teor de umidade desejado, com perdas mínimas por defeitos de secagem.

Figura 13 – Estrutura de uma estufa para secagem convencional



Fonte: Forest Products Laboratory, 2010

## 4.2 CUIDADOS DURANTE O PROCESSO DE SECAGEM

Para que a secagem ocorra de forma a proporcionar melhorias na madeira é necessário:

- Evitar o acúmulo de água no local de empilhamento, promovendo uma boa drenagem do terreno.
- Construção de uma estrutura coberta para proteção da madeira, evitando absorção excessiva de umidade pela madeira e a proliferação de organismos xilófagos;
- Tendo em vista que o custo para instalação de área coberta pode ser elevado, sugere-se também o uso de coberturas com lonas e ou dependendo da forma de empilhamento, telhas podem ser outra opção de proteção;
- Organização do empilhamento para favorecer a secagem, facilitando e utilizando da ventilação para a secagem da madeira, sendo necessário espaços para as pilhas bem determinados para favorecer a circulação de ar;
- Aquisição da madeira previamente para realizar a secagem, pois a chegada antecipada da carga possibilitará o empilhamento e a secagem da madeira.

**Figura 14 – Empilhamento de madeira roliça em fileiras perpendiculares**



Fonte: Os autores, 2023

**Figura 15 - Empilhamento de madeira roliça em fileiras paralelas**



Fonte: Os autores, 2023

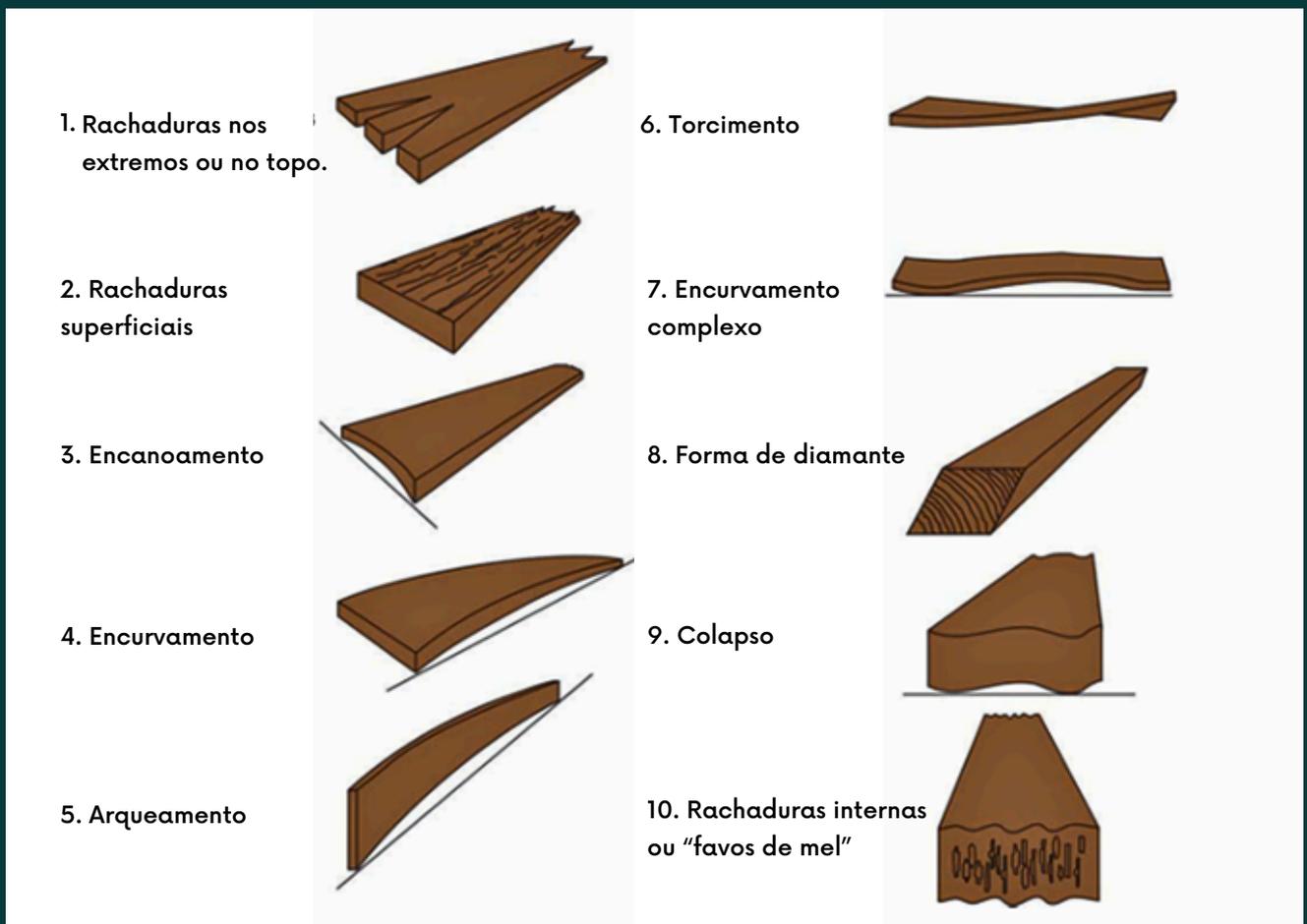
Figura 16 – Empilhamento de madeira serrada separada por tabiques



Fonte: Os autores, 2023

# 5. DEFEITOS DA SECAGEM

Durante o processo de secagem, com a redução da umidade e movimentação dimensional, os defeitos podem ocorrer por tensões que se manifestam dentro da madeira, mas também podem ser desenvolvidos por aspectos da madeira ou da peça em si.



Fonte: ABNT, 2010

# REFERÊNCIAS

---

- ANDRADE, A. **Guia básico para instalação de pisos de madeira.** Associação Nacional dos Produtores de Pisos de Madeira - ANPM. 2 ed. - Piracicaba: 2015.104p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15798: Pisos de madeira – Terminologia.** Rio de Janeiro, p. 14. 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16996 - 1: Madeira serrada - Construção Civil. Parte 1: Coníferas.** Rio de Janeiro, p. 12. 2021.
- METTLER TOLEDO. **Balanças de Precisão.** Disponível em: [https://www.mt.com/br/pt/home/products/Laboratory\\_Weighing\\_Solutions/precision-balances/MS6002TS-A00.html](https://www.mt.com/br/pt/home/products/Laboratory_Weighing_Solutions/precision-balances/MS6002TS-A00.html). Acesso em: 24 maio 2024.
- BURGER, L. M.; RICHTER, H., G. **Anatomia da madeira.** São Paulo: Nobel, 1991. 154p.
- CAMARGOS, J. A. A; CORADIN, V. T. R. **A Estrutura Anatômica da Madeira e Princípios para a sua identificação.** - Brasília: LPF, 2002. 28 p.
- CEARÁ (Estado). Secretaria da Educação. **Botânica, anatomia e secagem da madeira.** Ceará: Secretaria da Educação, 2014. Disponível em: [https://www.seduc.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/37/2014/04/moveis\\_botanica\\_anatomia\\_e\\_secagem\\_da\\_madeira.pdf](https://www.seduc.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/37/2014/04/moveis_botanica_anatomia_e_secagem_da_madeira.pdf). Acesso em: 19 de dez. de 2023.
- SOLAB. **Estufa de Secagem com Circulação e Renovação de ar 27 a 150 litros.** Disponível em: <https://www.solabcientifica.com.br/equipamentos/estufa-secagem-circulacao-renovacao-ar/estufa-de-secagem-com-circulacao-e-renovacao-de-ar-27-a-150-litros>. Acesso em: 24 maio 2024.
- FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood handbook – Wood as an engineering material.** Wisconsin: USDA, 2010. 509p
- GALINA, I. C. M; JANKOWSKY, I. P. **Secagem de Madeiras.** Projeto Piso de Madeira Sustentável – PIMADS. São Paulo, 2013.
- GALVÃO, A. P. M.; JANKOWSKY, I. P. **Secagem racional da madeira.** São Paulo: Nobel, 1985. 111p.
- GONZAGA, A. L. **Madeira: Uso e Conservação.** Brasília, 2006. 246 p. – (Cadernos Técnicos; 6).
- JANKOWSKY, I. P. Defeitos na secagem de madeiras. Instituto de pesquisas e estudos florestais – **IPEF**. Agosto, 2002.
- JANKOWSKY, I. P. **Fundamentos de secagem de madeiras.** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo. Documentos Florestais, n. 10. 1990. 13p.
- MARTINS, V. A. **Secagem de Madeira Serrada.** Laboratório de Produtos Florestais - LPF. Brasília, 1988.

MARTINS, V. A.; MARQUES, M. H. B. **Secagem da Madeira**. Laboratório de Produtos Florestais – LPF. Brasília, 2002.

MARRARI AUTOMAÇÃO. **Medidor de Umidade para Madeira Portátil – M55-56 Espada**. Disponível em: <https://www.marrari.com.br/produto/m55-56-medidor-de-umidade-para-madeira/>. Acesso em: 24 maio 2024.

MARRARI AUTOMAÇÃO. **Medidor de Umidade para Madeira Portátil – M52**. Disponível em: <https://www.marrari.com.br/produto/m52-medidor-de-umidade-para-madeira/>. Acesso em: 24 maio 2024.

MARRARI AUTOMAÇÃO. **Medidor de Umidade para Toras e Lenha Portátil – Umilog – M65**. Disponível em: <https://www.marrari.com.br/produto/m65-medidor-de-umidade-para-toras/>. Acesso em: 24 maio 2024.

PLIGNOMATUSA MOISTURE MEASUREMENT. **Mini-Ligno DX/C**. Disponível em: <https://lignomatusa.com/product/mini-ligno-dxc-pin-moisture-meter/>. Acesso em: 24 maio 2024.

LIGNOMATUSA MOISTURE MEASUREMENT. **Package VPP-M**. Disponível em: <https://lignomatusa.com/product/package-vpp-m/>. Acesso em: 24 maio 2024.

PEDRAZZI, C. et al. **Química da madeira**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Departamento de Ciências Florestais, 2019.