

SECAGEM DA MADEIRA

SECAGEM AO AR LIVRE

Prof. Dr. João Vicente de F. Latorraca

latorraca@ufrj.br



1

AULA 5

- MÉTODOS DE SECAGEM
 - **SECAGEM AO AR LIVRE**
 - Fatores que determinam a velocidade de secagem
 - Pátio de secagem
 - Arranjo das pilhas
 - Empilhamento da madeira
 - Bases ou fundações e cobertura
 - Dimensões das pilhas
 - Outros métodos de empilhamento
 - Operação e manutenção do pátio
 - Custos envolvidos da secagem ao ar
 - Vantagens e desvantagens da secagem ao ar

latorraca@ufrj.br



2

SECAGEM AO AR LIVRE

- A secagem natural ao ar consiste em expor a madeira a ação dos fatores climáticos de um local. Estes fatores são:
 - a temperatura,
 - a umidade relativa do ar que em permanente movimento servem para estabelecer um equilíbrio higroscópico entre o meio ambiente e a madeira.
- Por estar sujeito as mudanças climáticas, não é possível exercer controle sobre seu desenvolvimento.
- A duração depende:
 - das características das espécies de madeira,
 - das condições climáticas,
 - da forma de empilhamento e da disposição e da formação do pátio de secagem

É um processo relativamente lento.

latorraca@ufrj.br



3

SECAGEM AO AR LIVRE

- O resultado é pouco conveniente ou apenas servindo como uma pré-secagem, para muitas indústrias.
- Ocorre diferenças em tempo de secagem dentro da pilha.
 - a madeira situada na parte alta e nas partes laterais das pilhas, por estarem mais expostas ao ar e a radiação solar a secagem é mais rápida.
 - Nas partes inferiores das pilhas, onde o ar é frio e úmido, a secagem é mais lenta. FIGURA
- Através da adoção de procedimentos racionais pode-se obter máximo das condições ambientais.
- Essas praticas resultam:
 - em menores tempos de secagem,
 - peças de madeira com umidades mais uniformes e
 - madeira de melhor qualidade, com o mínimo de defeitos.

latorraca@ufrj.br



4

SECAGEM AO AR LIVRE

FATORES QUE DETERMINAM A VELOCIDADE DE SECAGEM

- Quando se organiza um pátio de secagem ao ar livre deve-se levar em conta os fatores relacionados ao:
 - local,
 - pátio de secagem e
 - tipos de pilhas.
- A perda de umidade no início do processo é bastante rápida, por exemplo: o tempo necessário para secar um lote de madeira ao ar livre de 60 para 40 % é muito menor do que o tempo de secagem de 40 para 20 % (FIGURA)

latorraca@ufrj.br



5

SECAGEM AO AR LIVRE

FATORES QUE DETERMINAM A VELOCIDADE DE SECAGEM

- O rendimento de um pátio de secagem é principalmente afetado:
 - pelas condições climáticas do local (temperatura e umidade relativa);
 - pelo regime de chuvas; e
 - pela velocidade do ar (ventos).
 - temperatura e a URA ~ constantes = a circulação do ar é o fator determinante na velocidade de secagem.

Formação do pátio de secagem segundo a orientação dos ventos predominantes.

- A velocidade de secagem é afetada:
 - pelo modo como as peças são empilhadas – Tipos de pilhas;
 - Arranjo das pilha

latorraca@ufrj.br



6

SECAGEM AO AR LIVRE

FATORES QUE DETERMINAM A VELOCIDADE DE SECAGEM

- A localização das pilhas: pilhas colocadas as margens do pátio secam mais rapidamente do que as colocadas no meio.
- A distância entre o solo e a base das pilhas: deve ser de aproximadamente 30 cm para permitir o livre movimento do ar embaixo, e criar condições de renovação do ar sob as mesmas.
- A superfície do pátio: também influência na velocidade de secagem ao ar. Um pátio bem plano, drenado sem vegetação, coberto por materiais escuros (asfalto) secará mais rapidamente.

latorraca@ufrj.br



7

SECAGEM AO AR LIVRE

PÁTIO DE SECAGEM

- O pátio deve estar localizado próximo da serraria, visando a economia em transporte.
- Deve ser em local alto, plano e bem drenado e não pode apresentar edificações próximas e nem árvores.
- O pátio é formado por pilhas que podem ser dispostas de várias formas de acordo com a topografia, meio de transporte interno e das condições gerais de secagem.

latorraca@ufrj.br



8

SECAGEM AO AR LIVRE

PÁTIO DE SECAGEM

Arranjo do pátio das pilhas

- O arranjo físico de um pátio de secagem deve levar em consideração:
 - o meio de movimentação;
 - a topografia;
 - a área necessária em função da produção;
 - a área disponível e o tipo de madeira a ser seca.
- Quando o transporte no local é feito através de vagonetes, as pilhas devem acompanhar os trilhos, quando a movimentação for através de empilhadeira, as vias de acesso devem ser deixadas livres.

latorraca@ufrj.br 

9

SECAGEM AO AR LIVRE

PÁTIO DE SECAGEM

Arranjo do pátio das pilhas

- **Arranjo das pilhas em fileiras:**
- **Arranjo das pilhas em linha:**
- **Arranjo das pilhas tipo espinha de peixe:**
- **Arranjo de pilhas com espaço variável:**

latorraca@ufrj.br 

10

SECAGEM AO AR LIVRE

PÁTIO DE SECAGEM

Empilhamento da Madeira

- A maneira de executar o empilhamento é fator básico para secagem tanto ao ar, como em câmara. Diferentes tipos de empilhamento permitem aumentar a amplitude do controle sobre a secagem, que é menor quando processada ao ar.
- Os principais tipos de pilhas ou gradeamento utilizados são: pilhas planas com separadores, tesouras, pilhas verticais com separadores e empilhamento horizontal em gaiola.
- O empilhamento plano com separadores é o mais utilizado (**Figura**), também conhecido por pilha gradeada ou entablicada. Neste tipo de pilha cada camada de peças de madeira justapostas é separada de outra por separadores ou tabiques.

latorraca@ufrj.br 

11

SECAGEM AO AR LIVRE

PÁTIO DE SECAGEM

Bases ou Fundações e Cobertura

- As **FUNDAÇÕES OU BASES** tem duas funções importantes: dar apoio estável e plano para as pilhas e providir um espaço vazio entre o solo e a pilha para permitir a saída do ar descendente, úmido e frio.
- Os apoios devem ter fundação suficiente para suportar a carga e resistir aos choques acidentais (ex: provocados por empilhadeiras).
- Os apoios devem permitir um espaço livre de no mínimo 40 cm de altura sobre o solo (evitar paredes que impedem a passagem do ar)
- A fundação deve consistir, basicamente de colunas e de vigas. As colunas podem ser de concreto ou peças de madeira duráveis, e as vigas, de madeira serrada ou trilhos.

latorraca@ufrj.br 

12

SECAGEM AO AR LIVRE

PÁTIO DE SECAGEM

Bases ou Fundações e Cobertura

- A pilha deve ser provida de cobertura para proteção contra a chuva e insolação direta, pois quando não coberta, poderá sofrer fendilhamento, rachaduras e empenamentos.
- Nos estágio inicial da secagem, o encharcamento pela chuva somente a atrasará, mas, nos últimos estágios aumentará o fendilhamento ou propiciará o manchamento, particularmente onde a água permanece entre as tábuas e os separadores.

latorraca@ufrj.br



13

SECAGEM AO AR LIVRE

PÁTIO DE SECAGEM

Bases ou Fundações e Cobertura

- As coberturas poderão ser feitas de tábuas de baixa qualidade, telhas de alumínio, folha de zinco, lona plástica ou outro material qualquer disponível.
- Para uma boa eficiência a cobertura deve:
 - permitir o escoamento da água da chuva através de uma inclinação em torno de 5 a 10%;
 - projetar-se cerca de 30 cm na extremidade mais elevada, cerca de 60 cm na extremidade mais baixa e cerca de 20 cm em cada uma das laterais da pilha;
 - ser presa à pilha para evitar que seja arrancada pelo vento (isto pode ser feito com molas de aço ou tiras de câmara de ar usada, com ganchos nas extremidades). **FIGURA**

latorraca@ufrj.br



14

SECAGEM AO AR LIVRE

PÁTIO DE SECAGEM

Dimensão das pilhas

- No caso de movimentação por empilhadeiras as dimensões ideais dos blocos que compõe uma pilha são de 1,2 x 1,2 m .
- Quando as pilhas são feitas diretamente sobre a sua base, sua largura poderá ser de até 2,0 m ou mesmo 3,0 m. É possível construir pilha com até 3,0 m de altura, porém, com auxílio de andaimes as mesmas podem chegar até 7,0 m, o que é justificável caso há absoluta falta de espaço.

latorraca@ufrj.br



15

SECAGEM AO AR LIVRE

PÁTIO DE SECAGEM

Dimensão das pilhas

- O movimento vertical descendente do ar úmido e frio dentro de uma pilha é muito importante na velocidade e uniformidade de secagem.
- Este movimento deve ser facilitado nas pilhas estreitas, de até 1,2 m, através de aberturas entre as peças gradeadas, de uma mesma camada, de 2 a 4 cm, de preferência fazendo aberturas verticais contínuas.
- No caso de pilhas mais largas, recomenda-se a formação de chaminé, que são aberturas verticais no centro das mesmas **FIGURA**

latorraca@ufrj.br



16

SECAGEM AO AR LIVRE

PÁTIO DE SECAGEM

Outros Métodos de Empilhamento

- **TESOURA**
- **GAIOLA**

latorraca@ufrj.br



17

SECAGEM AO AR LIVRE

PÁTIO DE SECAGEM

Outros Métodos de Empilhamento



latorraca@ufrj.br



18

SECAGEM AO AR LIVRE

OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DO PÁTIO

- A supervisão de um pátio de secagem envolve considerável habilidade e responsabilidade. O encarregado tem atribuições ou responsabilidades descritas a seguir:
 - Expansão ou modificação do pátio existente;
 - Conversão de um pátio não mecanizado para um pátio mecanizado;
 - Inspeção e manutenção das passagens principais e secundárias mantendo-as em ordem;
 - Construção, inspeção e reparos das bases ou fundações das pilhas;
 - Acompanhamento da classificação e separação das peças serradas;

latorraca@ufrj.br



19

SECAGEM AO AR LIVRE

OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DO PÁTIO

- Tomada de decisão sobre espaçamento dos separadores, formas das pilhas, etc.;
- Projeto, construção, e manuseio, e conservação de coberturas de pilhas;
- Prevenção de acidentes e prevenção contra incêndios;
- Controle da umidade da madeira, dos defeitos anotando e analisando os dados diários;
- Identificação das pilhas de madeira, contendo as seguintes informações: nº da pilha, localização no pátio, data de empilhamento, espécie, espessura, comprimento, largura, classificação e volume.

latorraca@ufrj.br



20

SECAGEM AO AR LIVRE

CUSTOS ENVOLVIDOS DA SECAGEM AO AR

- Os tipos de custos envolvidos na secagem ao ar são:
 - Mão de obra normalmente é elevada;
 - Custo da terreno (grandes áreas ficam imobilizadas);
 - Custo do investimento em terraplanagem, drenagem e pavimentação e equipamentos envolvidos (empilhadeira, etc.);
 - Custo de manutenção do pátio como reparos nas pistas, etc.;
 - Juros sobre o capital investido e sobre a madeira

latorraca@ufrj.br



21

SECAGEM AO AR LIVRE

VANTAGENS E DESVANTAGENS DA SECAGEM AO AR

- Redução da umidade inicial da madeira;
- Diminuição dos custos de transporte;
- Minimiza o ataque de fungos manchadores;
- Aproveitamento das condições ambientais;

latorraca@ufrj.br



22

SECAGEM AO AR LIVRE

VANTAGENS E DESVANTAGENS DA SECAGEM AO AR

- Necessita de grandes áreas para estocar para gradear a madeira;
 - Metodologia para cálculo
- Impossível controlar as condições ambientais;
- Ocorrência de defeitos devido a falta de controle das condições da secagem;
- Tempo de secagem elevado quando comparado com os métodos artificiais;
- Teor de umidade final muito alto limitando em muitos casos o uso.

latorraca@ufrj.br



23

Secagem da Madeira

Cálculo para dimensionamento de pátio de secagem

- 1) Levantar as seguintes informações
 - Produção diária da serraria (madeira serrada ou toras)
 - Tempo de armazenamento
 - Dimensões das pilhas (Forma de carregamento)
 - Dimensões das peças e separadores (tabiques)
- 2) Exemplo
 - Produção diária da serraria = 24 m³ MS
 - Tempo médio de armazenamento = 60 dias
 - Dimensões das pilhas = 1,2 x 2,0 m (Largura x Altura)
 - Dimensões das peças =
 - Espessura - 2.5 cm
 - Comprimento - 4.0 m
 - Dimensões dos separadores = Espessura - 2.5 cm

latorraca@ufrj.br



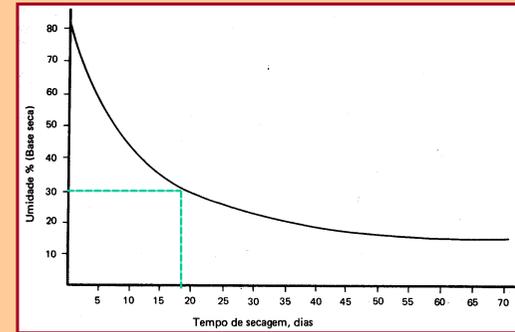
24

FIM

latorraca@ufrj.br



25



latorraca@ufrj.br



26

FIGURA 9 – Arranjo em fileira

- As pilhas são colocadas paralelas à passagem principal e o espaçamento lateral entre elas é constante, em torno de 60cm;
- Entre duas passagens principais são dispostas quatro a seis pilhas;
- Esta disposição é adequada para espécies que exigem secagem lenta e, também, quando há pouco espaço disponível, permitindo uma ocupação do terreno de cerca de 0,3 m³/m²;
- A movimentação é feita preferencialmente por empilhadeiras;
- O controle de estoque é difícil porque as pilhas centrais não tem um fácil acesso.

latorraca@ufrj.br

27

FIGURA 10 – Arranjo em linha

- As pilhas são dispostas em linha, paralelamente às passagens principais.
- A velocidade de secagem é alta e o acesso a cada pilha é muito fácil;
- Há necessidade de área muito grande, a ocupação é na base de 0,2 m³ de madeira/m²;
- Grande parte da área é ocupada por passagens principais;
- A movimentação é por empilhadeiras.

latorraca@ufrj.br

28

FIGURA 11 – Arranjo em espinha de peixe

- Possibilita uma secagem bastante rápida, devendo ser utilizado somente com espécies fáceis de secar e não propensas a defeitos.
- A ocupação do terreno é muito baixa, cerca de 0,1 m³ de madeira/m²;
- É bastante adequado para espécies leves e sujeitas a manchas de fungo como o Pinus, Virola, Pará-Pará, Tauari, etc

latorraca@ufrj.br

29

- É um método melhorado do método em fileiras;
- As passagens secundárias tem largura variável de 0,60 a 2,0 m, sendo que as centrais são mais largas do que as mais próximas das passagens principais
- Neste arranjo a secagem é mais rápida e uniforme do que em fileiras, no qual as passagens secundárias são de largura uniforme.

latorraca@ufrj.br

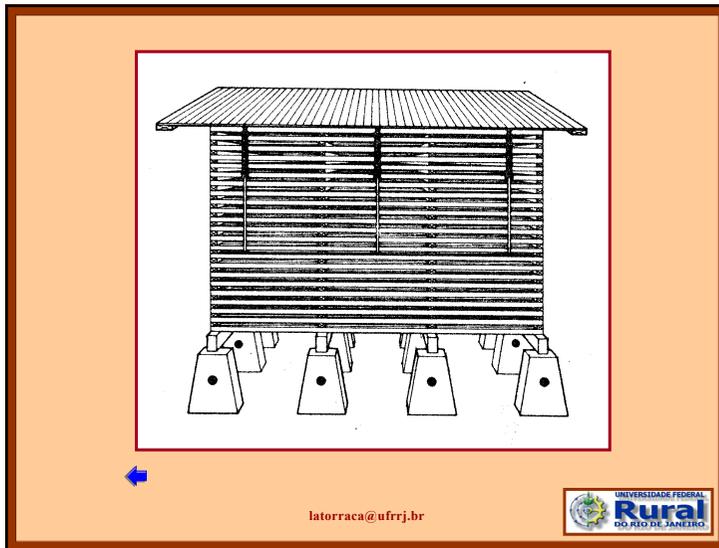
30

latorraca@ufrj.br

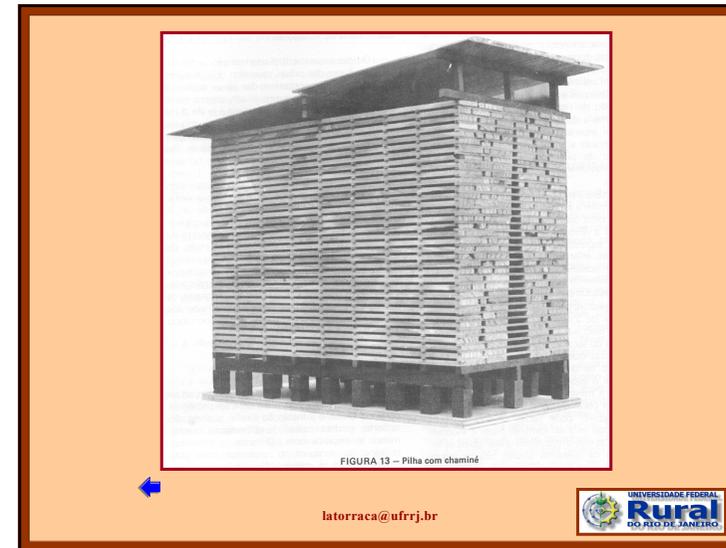
31

latorraca@ufrj.br

32



33



34

A photograph showing a long, narrow wooden drying rack outdoors. The rack is filled with wooden planks and is supported by a horizontal beam. The background shows a landscape with hills and a body of water.

- No empilhamento tipo tesoura a madeira é colocada em posição inclinada, apoiando uma das extremidades sobre um estrado horizontal cerca de 20cm do solo e um canto encostado em outro suporte a 2 ou 3 metros de altura.
- O suporte mais alto deve ser provido de dentes, como um pente, para evitar que uma tábua fique em contato com a outra.
- O método permite secagem bastante rápida, mas não evita empenamentos. Pode ser utilizado para secagem inicial, acima do PSF de madeiras de fácil secagem

35

A photograph of a wooden drying rack with a triangular frame. The rack is filled with wooden planks and sits on a dark base.

- Do mesmo modo que o método das tesouras, o empilhamento em gaiola é indicado para madeiras fáceis de secar e de pequena espessura, e quando não se tem compromisso com a qualidade.
- As gaiolas podem ser triangulares ou quadradas, sendo cada camada formada por duas ou três peças.
- A vantagem deste método é que pode ser executado por um só homem, além de não necessitar de separadores. Uma desvantagem é a grande área de contato entre as tábuas retardando a secagem nestas regiões.

36



37



38