

Artigo Técnico Nº 27– Novembro 2004

SECAGEM DE SERRADOS E LÂMINAS DE MADEIRA

INTRODUÇÃO

A secagem é uma etapa indispensável no processo de industrialização da madeira serrada, bem como de lâminas de madeira, pois melhora sua estabilidade dimensional, aumenta a resistência mecânica e melhora suas propriedades físicas, térmicas e acústicas.

Após a secagem, as peças ou lâminas de madeira melhoram suas características de usinagem e permitem a aplicação de revestimentos como tintas e vernizes, bem como o uso de adesivos. Além disso, a susceptibilidade ao ataque de fungos é reduzida após a secagem.

A secagem visa atingir o equilíbrio de umidade nas peças e lâminas de madeira, as quais se apresentam diferentemente de acordo com o tipo de água retirada durante a secagem. A primeira água a ser retirada é a água livre (presente no lúmen das células), até alcançar um teor de umidade chamado Ponto de Saturação das Fibras - PSF (aproximadamente 30%). A retirada desta água causa somente redução de peso. A partir do PSF começa a ser retirada a água de impregnação (encontrada dentro da parede das células), ocasionando além da perda de peso a contração da madeira, perdendo, então, volume.

Para um melhor entendimento da secagem de serrados e lâminas de madeira, o presente Boletim Técnico apresenta os aspectos que influenciam a secagem e os principais, e mais utilizados métodos de secagem incluindo as vantagens, desvantagens e variáveis que influenciam no processo. Os métodos especiais de secagem não serão abordados em virtude de sua pouca aplicabilidade, inclusive em escala comercial.

Este Boletim Técnico apresenta-se dividido em duas partes, onde na primeira enfatiza a secagem de madeira serrada (A) e a segunda a secagem de lâminas de madeira (B).

(A) SECAGEM DE MADEIRA SERRADA

Nesta primeira parte são abordados aspectos que influenciam a secagem da madeira serrada tais como: propriedades físicas da madeira, preparação

da carga (pacotes), carregamento dos equipamentos (estufas) e uso final do produto. Adicionalmente são abordados os principais métodos utilizados na secagem de madeira serrada, tais como a secagem ao ar livre, secagem convencional e à baixa temperatura.

Aspectos que Influenciam a Secagem da Madeira Serrada

• *Propriedades Físicas da Madeira*

- Massa específica: a massa específica é uma das mais importantes propriedades da madeira, pois está relacionada à sua resistência. Quanto maior sua massa específica, maior a resistência mecânica.

No entanto, é importante observar que quase sempre madeiras de alta massa específica são mais difíceis de secar e, conseqüentemente, demandam maior tempo de secagem.

A massa específica apresenta-se variável tanto entre diferentes espécies como dentro de uma mesma espécie. Devido a esta variação, a resistência mecânica de uma árvore jovem é bem inferior a de uma árvore adulta. Por outro lado, a madeira juvenil é mais fácil de secar, pois ao apresentar uma menor massa específica a madeira demonstra-se mais permeável.

- Contração e inchamento: a madeira, por ser um material higroscópico, tem a capacidade de adquirir ou perder água, de acordo com a umidade relativa do ar. Sob condições de alta umidade relativa, a madeira incha, e quando exposta à baixa umidade relativa, a madeira contrai.

A contração é o resultado da retirada de água de impregnação, a qual aumenta com a redução da umidade abaixo do PSF. A contração apresenta comportamento diferenciado em seus eixos anatômicos: tangencial, radial e longitudinal. A maior contração é a tangencial, seguida da radial

e longitudinal, que é quase desprezível (vide figura 01).

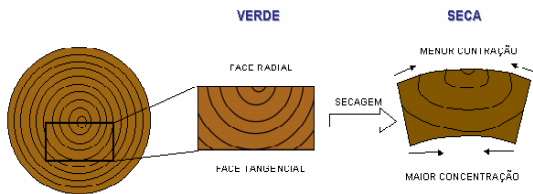


Figura 01: Comportamento da madeira na face tangencial e radial, ocasionando encanoamento na peça

Madeiras que apresentam altos índices de contração são mais difíceis de secarem, e mais propensas ao aparecimento de rachaduras e empenamentos. A figura 02 apresenta um desenho esquemático da formação de rachaduras na madeira.

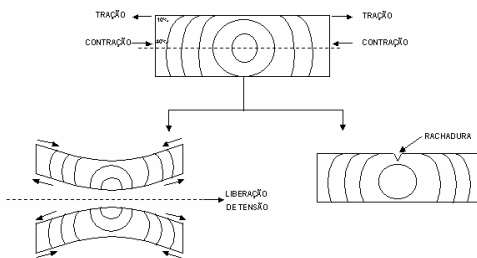


Figura 02: Desenho esquemático da formação de rachaduras na madeira

- Anisotropia de Contração: é um termo que reflete a diferença de contração nos diferentes eixos, sendo uma relação entre a contração tangencial e a radial.

Em geral, madeiras com alta anisotropia de contração são instáveis dimensionalmente, apresentando sérias implicações na secagem, como por exemplo empenamentos.

Salienta-se que, madeiras que apresentam anisotropia de contração, acima de 2,5, devem ser submetidas a secagens mais cuidadosas. A figura 03 apresenta a anisotropia de contração máxima para algumas espécies de madeira.

ESPÉCIE	ANISOTROPIA DE CONTRAÇÃO
Imbuia	2,3
Balsa	1,2
Pinus	1,7
Cedro	1,5
Pessegueiro	3,1

Figura 03: Anisotropia de contração de algumas espécies de madeira

- *Preparação da Carga(Pacotes) e Carregamento dos Equipamentos (Estufas)*

- Teor de Umidade: não é recomendável a utilização de peças de madeira com acentuada variação no teor de umidade em um mesmo pacote. Acentuadas variações no teor de umidade da madeira podem, em alguns casos, ocasionar sobre secagem da carga, provocando defeitos, como por exemplo, rachaduras.

A pré-seleção da madeira, em função do teor de umidade, antes de submetê-la ao processo de secagem, caracteriza-se claramente por uma das melhores formas de otimizar a eficiência da secagem. Isto deve-se ao fato de que peças de madeira com teor de umidade reduzido (pré-secas) irão secar mais rapidamente que a madeira verde (alto teor de umidade).

Dentre os principais benefícios da pré-seleção do material submetido à secagem em função do teor de umidade têm-se:

- Redução do tempo de secagem;
- Redução do consumo de energia;
- Melhor uniformidade do teor de umidade final;
- Redução de perdas de material.

- Dimensão do Material: A mistura de tábuas de vários comprimentos em um mesmo pacote resulta em espaços livres dentro da estufa. Esses espaços livres provocam “by pass” na circulação do ar, aumentando consideravelmente o tempo de secagem, além de provocar o surgimento de defeitos nas peças. Isto é, quando a maior parte da carga de madeira é exposta a uma circulação reduzida de ar, os topos das pilhas são submetidas a um volume maior de ar e secam consideravelmente mais do que o restante da carga, provocando, por exemplo, rachaduras de topo.

Além disso, é importante considerar tábuas com larguras e espessuras uniformes. Peças que apresentam variação na largura ou espessura em uma mesma carga possuem comportamento diferenciado, ocasionando diferenças no teor de umidade final da madeira, além de demandar um

maior tempo de secagem e apresentar maior susceptibilidade ao surgimento de defeitos.

- Formação dos Pacotes: na formação dos pacotes de madeira devem ser utilizados tabiques uniformes dimensionalmente. Peças de madeira, com dimensões maiores em relação à espessura, necessitam de sarrafos separadores maiores, enquanto que peças de madeira com menor espessura consideram tabiques menores. Na figura 04 pode ser visualizado a formação dos pacotes.

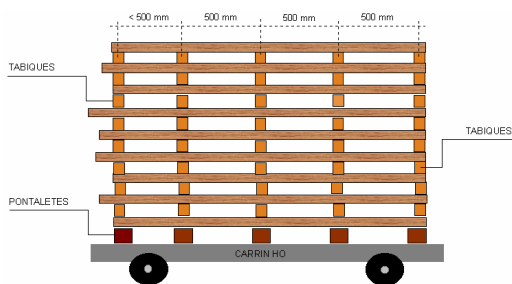


Figura 04: Desenho esquemático de formação de pacote

- Carregamento dos equipamentos (estufas): independentemente do tipo de carregamento, vagonete ou empilhadeira (vide figura 05), as pilhas de madeira devem ter dimensões compatíveis com as dimensões da estufa. O carregamento acima ou abaixo da capacidade da estufa afeta a qualidade da secagem. A capacidade de carga considera não somente que a madeira esteja apropriadamente empilhada na estufa, como também que a carga ou os pacotes de madeira tenham comprimentos e dimensões adequadas. Um perfeito carregamento deve garantir: a estabilidade das pilhas de madeira; ter uma distância de 5 a 10 cm entre as pilhas; evitar o avanço das pilhas no plenum (espaço para circulação do ar, podendo estar disponibilizado na frente e atrás da estufa, no caso de carregamento por empilhadeira e espaços laterais quando carregado por vagonetes) e; ser realizada em um menor tempo de carregamento e descarregamento.



Figura 05: Secador convencional sendo carregado por empilhadeira

- *Uso final do Produto*

O uso final também é um fator importante a ser considerado na secagem de madeira. Obviamente, as exigências de qualidade são diferentes para os mais variados usos. As *low grades* podem ser secas em temperaturas mais altas, devido ao fato da presença de defeitos não ser relevante. Já no caso das madeiras destinadas a usos de maior valor agregado, por exemplo móveis, exige uma secagem mais cuidadosa, evitando a ocorrência de defeitos.

Métodos de Secagem

- *Secagem ao Ar Livre*

A secagem ao ar livre consiste em gradear a madeira serrada em pátios, deixando-a exposta aos fatores climáticos de um determinado local, deixando secar normalmente até que ela atinja a umidade de equilíbrio do ambiente. A taxa de secagem, ou seja, a velocidade com que a secagem ocorre, depende principalmente da temperatura, umidade relativa do ar e velocidade dos ventos. Por exemplo, em locais onde a temperatura é alta, a umidade relativa é baixa e os ventos são frequentes consegue-se secar rapidamente a madeira. Entretanto, em locais onde isso não ocorre, o tempo de secagem pode ser longo.

Devido a tais fatores não serem controláveis, esta é a grande desvantagem do processo de secagem ao ar livre. Mesmo que o ambiente não possa ser controlado, existem alguns fatores como dimensão e disposição das pilhas, espessura dos tabiques e arranjo físico do pátio, que podem ser controlados favorecendo a taxa de secagem. A

figura 06 apresenta duas opções de disposição dos pacotes no pátio, sendo que com a disposição “A” tem-se uma secagem mais rápida e com a disposição “B” uma secagem mais lenta.

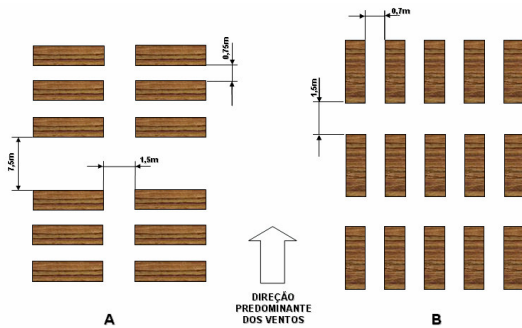


Figura 06: Disposição das pilhas no pátio

Normalmente, a secagem ao ar livre é medida em meses. Em condições locais desfavoráveis, espécies difíceis de secar podem, dependendo da espessura, demorar até 12 meses para secar.

A principal vantagem da secagem ao ar livre é o baixo investimento inicial. Em contrapartida, o processo de secagem ao ar livre apresenta algumas restrições, evidenciado-se a necessidade de grandes estoques, uma vez que afeta o capital de giro da empresa, e o longo tempo de secagem. Uma outra limitação importante da secagem ao ar livre diz respeito à umidade final do material. Caso seja necessário a obtenção de madeira com umidade inferior a umidade de equilíbrio local, o processo se mostra inviável.

- *Secagem Artificial (Esfufas)*

- Secagem a Baixa Temperatura

A secagem a baixa temperatura é considerada, normalmente, para reduzir o conteúdo de umidade da madeira desde seu estado verde até o PSF, ou seja $\pm 30\%$ de umidade.

O processo de secagem a baixa temperatura é utilizado geralmente para madeiras difíceis de secar, ou seja, com baixa permeabilidade e propensas ao colapso (eucalipto, imbuia, etc).

Os secadores de baixa temperatura, também chamados de pré-secadores, normalmente operam com grandes capacidades (500 – 1.000 m³), facilitando a pré-secagem de tábuas, podendo submeter à secagem em uma mesma câmara, espécies e espessuras diferentes. As temperaturas consideradas no pré-secador são de no máximo 50°C (controlada) e a umidade relativa fica em

torno de 65% (pouco controlada). A figura 07 apresenta o sistema de funcionamento de um pré-secador.

Por operar com baixas temperaturas podem ser carregados e descarregados durante a operação.

A principal vantagem da secagem em um pré-secador consiste em poder aplicar à madeira as condições ideais de secagem ao ar livre de maneira constante ao longo de toda a secagem, podendo reduzir o tempo de secagem ao ar livre em até 5 vezes.

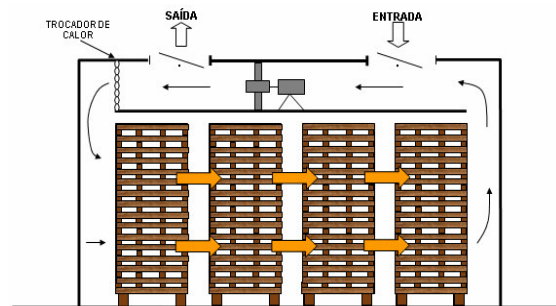


Figura 07: Sistema de funcionamento de um pré-secador

- Secagem Convencional

É o processo de secagem mais utilizado no mundo. Considera temperaturas de 50 a 100°C, sendo conduzido em câmaras ou estufas, em que pode-se controlar temperatura, umidade relativa e a velocidade do ar.

A capacidade das estufas varia, geralmente, entre 10 e 250 m³ e o tempo de secagem é contado em dias ou horas de acordo com a espécie e espessura utilizadas. Secadores de maior capacidade são considerados na utilização de material uniforme, de uma única espessura. Secadores de menor capacidade são utilizados quando as espécies e dimensões são variadas.

Devido a sua faixa de temperatura, é o processo de maior aplicação na indústria madeireira no Brasil. Praticamente 95 % das empresas que empregam a secagem artificial de madeiras utilizam este processo.

O aquecimento das estufas pode ser por diversas fontes térmicas (vapor d'água, água quente, óleo quente, etc), destacando-se o vapor d'água.

A secagem da madeira se realiza seguindo um programa previamente estabelecido, com etapas climáticas progressivamente mais secas e quentes. As principais restrições da secagem convencional estão ligadas ao investimento inicial, pois além

daqueles diretamente relacionados às estufas, são necessários instalações hidráulicas e elétricas, rede de vapor, aquisição de caldeira, barracão e outras obras, que em, conjunto acabam gerando investimentos elevados.

Na figura 08 pode-se visualizar o sistema de funcionamento de um secador convencional.

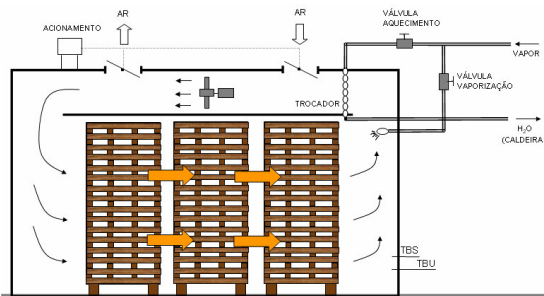


Figura 08: Sistema de funcionamento de um secador convencional

(B) SECAGEM DE LÂMINAS DE MADEIRA

A principal finalidade da secagem de lâminas é fornecer as melhores condições para a colagem das mesmas.

Um fator importante, referente à secagem de lâminas, que deve ser levado em consideração é que a secagem deve ocorrer em seguida à laminação, visando minimizar o surgimento de fungos manchadores, comuns, particularmente na madeira de pinus. Quanto à alimentação das lâminas nos secadores, quando realizado manualmente, deve ser contínua para evitar a redução do volume efetivo das lâminas no secador, o que aumenta a taxa de secagem, e conseqüentemente, a presença de defeitos nas lâminas.

Nas lâminas de madeira o teor de umidade final está relacionado ao tipo de adesivo a ser utilizado e a finalidade de uso da lâmina (de capa, miolo e contraface).

Os principais aspectos que influenciam a secagem das lâminas e os métodos de secagem mais aplicados na secagem de lâminas são abordados a seguir.

Aspectos que Influenciam a Secagem de Lâminas

- *Espessura das Lâminas*

Considera-se que, quanto maior a espessura da lâmina, maior será o tempo de secagem. Um outro

fator a ser considerado é que, para que haja uma secagem homogênea, não se deve secar lâminas de diferentes espessuras durante o mesmo ciclo de secagem.

- *Massa Específica*

A massa específica está relacionada à resistência mecânica de lâminas de madeira, ou seja, quanto maior sua massa específica, maior a resistência mecânica.

Lâminas de maior massa específica exigem um controle mais peculiar de variáveis, tais como temperatura, umidade relativa, velocidade do ar e velocidade de passagem das lâminas, uma vez que lâminas de alta massa específica são mais difíceis de secar e demandam maior tempo de secagem.

- *Contração e Inchamento*

A contração é decorrente da retirada da água de impregnação, abaixo do PSF. Apresenta-se, diferentemente em seus eixos anatômicos, sendo maior no sentido da espessura do que na largura.

- *Uso Final da Lâmina*

A secagem de lâminas deverá seguir padrões de qualidade de acordo com seu uso final. Em geral, para colagem com resina uréia-formaldeído, o teor de umidade deve estar na faixa de 10 a 12%. No entanto, estes valores podem variar caso a lâmina seja, por exemplo, de capa ou contraface. Já para colagem com resina fenol-formaldeído é exigido um teor de umidade de no máximo 8%, sendo permitido também variações conforme a utilização da lâmina (por exemplo: miolo cola, capa).

Métodos de Secagem

- *Secagem ao Ar Livre*

Este método é ainda bastante utilizado pelas laminadoras e consiste na secagem ao ar livre, até que as lâminas atinjam a umidade de equilíbrio do ambiente. A taxa de secagem é em função das condições climáticas do ambiente, ou seja, temperatura, umidade relativa e velocidade do ar não são controláveis, o que representa uma desvantagem deste método de secagem.

Apesar do baixo custo de investimento inicial, a secagem ao ar livre apresenta diversas desvantagens, dentre as quais se destacam: maior tempo de secagem, aumento do capital de giro da empresa e a exigência de um espaço disponível

para secagem das lâminas. Outra grande limitação é referente ao teor de umidade final, uma vez que dificilmente se atinge 12% de umidade, o que torna inviável a colagem fenólica.

- *Secagem artificial*

- Secador de Prensa

O sistema de funcionamento do secador de prensa é similar ao das prensas hidráulicas a quente, tendo também pressão, temperatura e tempo de prensagem como variáveis do processo. Sua capacidade é de secar lâminas em número de até cinco em cada ciclo. Suas vantagens estão relacionadas ao maior aproveitamento das lâminas e também à minimização da contração no sentido da largura e defeitos como ondulações das lâminas. Em contrapartida, o carregamento é manual. As lâminas obtidas apresentam teor de umidade desuniforme (sentido centro – bordas da lâmina) e o funcionamento é intermitente.

- Secador Contínuo de rolos

Estes secadores são geralmente utilizados na secagem de lâminas torneadas. São secadores contínuos de câmara, tendo o transporte realizado por rolos. Os rolos superiores pressionam as lâminas fazendo com que estas avancem à medida que os rolos giram.

Este sistema visa evitar a movimentação das lâminas devido ao fluxo de ar e também minimizar as ondulações na superfície das lâminas.

O sistema de alimentação na entrada do secador pode ser realizado manualmente ou automaticamente (vide figura 09).



Figura 09: Alimentador automático a vácuo para secador de rolos

Quanto às características construtivas, o comprimento da câmara é dimensionado em

função da produção, podendo variar de 8 a 30 m, dividido em 5 a 18 seções. Os secadores são dotados de 2 a 6 linhas de alimentação e a temperatura de secagem pode variar de 10 a 165 °C, de acordo com a espécie a ser seca.

Um dos principais problemas verificados no secador contínuo de rolos é a alta manutenção, além da restrição quanto ao limite de espessura das lâminas e o congestionamento de lâminas durante sua movimentação.

- Secador Contínuo de Esteira (telas)

É um secador contínuo de câmara também denominado de *Press dryer*. O transporte das lâminas é realizado através de telas metálicas, superior e inferior, as quais são acionadas nas extremidades do secador por sistemas de correntes ou rodas dentadas.

Esta tecnologia também visa a minimização das ondulações nas lâminas, atribuindo pressão à mesma. É amplamente utilizado na secagem de lâminas faqueadas.

A temperatura utilizada na secagem varia de 80 a 120 °C, um pouco inferior ao secador contínuo de rolos. Em compensação, a qualidade das lâminas é superior ao verificado nas lâminas secas pelo secador de rolos.

A figura 09 apresenta um secador de contínuo de esteira.



Figura 10: Secador de lâmina com esteira

- Secador a Jato

Os secadores a jato são bastante utilizados na secagem de lâminas torneadas e se caracterizam pela concentração de fluxo de ar através de sistema de ductos, os quais são geralmente em número de quatro, sendo o último responsável pelo resfriamento das lâminas.

Pelo fato do secador a jato ser construído em várias seções permite um controle de variáveis como temperatura e umidade relativa



individualizado em cada setor interno do secador. A temperatura é na faixa de 210 a 290 °C e a velocidade do ar pode atingir de 15 a 60 m/seg. O transporte das lâminas é realizado através de barras que correm por trilhos ao longo do secador, evitando o congestionamento das lâminas. O transporte das lâminas é realizado através de barras que correm por trilhos ao longo do secador, evitando o congestionamento das lâminas. Dentre as principais vantagens do secador a jato encontra-se a possibilidade de secar lâminas mais espessas, a presença de defeitos é minimizada, tais como fissuras ou trincas nas lâminas, a manutenção é bastante reduzida, é obtido uma secagem extremamente uniforme. Além do mais, o secador a jato apresenta maior taxa de secagem e tempo de secagem inferior aos outros tipos de secadores convencionais .

RESULTADO POSITIVO DA SECAGEM

Mesmo que seja definido um programa de secagem adequado e que seja considerado os fatores apresentados neste Boletim Técnico, a secagem só será eficiente caso o equipamento esteja em boas condições de funcionamento, ou seja, apresente uma distribuição uniforme de temperatura, umidade relativa, velocidade do ar e no caso da secagem de lâminas também se controla a velocidade de passagem das lâminas. Para isso, é necessário que se tenha um plano de inspeção dos equipamentos definido, além da manutenção programada dos mesmos. Um outro fator importante é o conhecimento do operador do processo de secagem e equipamentos.