

UNIVERSIDADE DO PLANALTO CATARINENSE - UNIPLAC
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ – UFPR

SECAGEM DA MADEIRA DE *Pinus* spp

NÉLIO PRESCILIANO BRANCO VARELA

LAGES
2003

UNIVERSIDADE DO PLANALTO CATARINENSE – UNIPLAC
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ – UFPR
PÓS – GRADUAÇÃO LATU - SENSU
ESPECIALIZAÇÃO EM TECNOLOGIA E UTILIZAÇÃO DE PRODUTOS FLORESTAIS

SECAGEM DA MADEIRA DE *Pinus spp*

Monografia apresentada à Universidade do Planalto Catarinense - UNIPLAC e Universidade Federal do Paraná – UFPR. Curso de Pós-Graduação Latu – Sensus – Especialização em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais.
Orientadora : Prof. Martha Andreia Brand

LAGES, SC

2003

DEDICATÓRIA

À Luzia minha esposa, à Thais e Loise minhas filhas e ao Nélio Junior meu filho, pela compreensão e apoio, dedico a vocês esta monografia.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	06
2. OBJETIVO.....	07
3. A IMPORTÂNCIA DA SECAGEM DA MADEIRA.....	08
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	09
4.1 - Família Pinaceae	09
4.1.1 - <i>O gênero Pinus L.</i>	10
4.1.2 - <i>Pinus taeda L.</i>	11
4.2 – Qualidade da madeira	13
4.2.1 – <i>Principais problemas tecnológicos da madeira.....</i>	14
4.3 – A madeira como matéria-prima para a indústria	19
4.3.1 – <i>Clear block e blanks</i>	21
4.4 – Porque a madeira deve ser seca.....	23
4.4.1 – <i>Secagem artificial da madeira.....</i>	23
4.5 – Programação de Secagem	24
4.5.1 – <i>Fase de Aquecimento</i>	24
4.5.2 – <i>Fase de Secagem</i>	25
4.5.3 – <i>Fase Final – Acondicionamento</i>	25
5. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES	30
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	33

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Propriedades físicas e mecânicas da madeira juvenil e adulta do gênero *Pinus*..... 14
- Tabela 2** – Propriedades requeridas da madeira serrada para móveis..... 16
- Tabela 3** – Programa de secagem do tipo umidade – temperatura.....26
- Tabela 4** – Níveis de dificuldade de secagem em função de faixas de temperatura28
- Tabela 5** - Níveis de dificuldades de secagem em função do seu potencial28
- Tabela 6** – Exemplo de programa de secagem em relação a faixa de umidade .29

1. INTRODUÇÃO

A globalização dos mercados consumidores com a conseqüente necessidade de aumento de produtividade e padrões cada vez mais exigentes de qualidade, vem provocando mudanças na indústria de produtos à base de madeiras.

É necessário trabalhar a linha de produção, qualificando a mão-de-obra, otimizando processos, modernizando equipamentos, reduzindo perdas e custos de produção, de forma a atingir os níveis de qualidade e preços que possibilitem competir nesses mercados.

Na transformação da madeira em produtos, a secagem é reconhecida como uma etapa importante, que visa agregar valor ao produto final, tendo influência nos custos e na qualidade do mesmo. Por ser fase fundamental no processamento da madeira, grande ênfase vem sendo dada no melhoramento da qualidade da secagem e na redução de custos.

2. OBJETIVO

Melhorar a qualidade da secagem da madeira de *Pinus spp.*, tornando-a mais competitiva no mercado.

3. A IMPORTÂNCIA DA SECAGEM DA MADEIRA

A madeira serrada em geral contém consideráveis quantidades de umidade (água). A saída irregular da umidade causará defeitos (rachaduras, empenamentos, etc.) e se for mantida acima de certos valores a madeira está sujeira a ataque de fungos manchadores e apodrecedores. Por essas e outras razões é proposto à secagem da madeira (TOMASELLI & KLITZKE, 2002).

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 - FAMÍLIA PINACEAE

Segundo MARCHIORI (1996) a família pinaceae uma das mais importantes sob o ponto de vista da utilização da madeira e das mais características do Reino Florístico. Compreende 9 gêneros e cerca de 20 espécies, distribuídas amplamente em áreas de clima temperado do hemisfério norte.

As pináceas são em geral árvores de grande porte, com crescimento monopodial e ramificações verticilada ou oposta. As folhas simples, lineares ou acilulares, aparecem isoladas (gêneros *Abies*, *Picea*, *Pseudotsuga* e *Tsuga*) ou agrupados em fascículos (gêneros *Cedrus*, *Larix*, *Pseudolarix* e *Pinus*), dispostos na extremidade de curtos raminhos ditos braquiblastos.

As espécies são monóico-disticas, apresentando inflorescências distintas na mesma planta. As masculinas formam longos estróbilos. Produzidos na extremidade de raminhos novos e reúnem numerosas folhas escamiformes em disposição espiralada, providas de dois sacos polínicos da face inferior.

As inflorescências femininas, também ditas estróbilos ou cones compõem-se de numerosas escamas bi-ovuladas em disposição espiral. Quando plenamente desenvolvidos, o cone tem forma e tamanho muito variáveis de acordo com a espécie e consistência coriácea ou lenhosa. Pode ser sésseis ou curtamente

pedunculados, encontram-se em posição ereta ou pendente em relação ao ramo e ocorrem solitariamente aos pares ou grupos.

As sementes são geralmente aladas e em número de duas por escama, uma das quais pode resultar atrofiada. Certas espécies de *Pinus* produzem sementes ápteras.

Apesar de nenhuma *Pinácea* ocorrer naturalmente no Brasil, muitas espécies são cultivadas para fim ornamental e vários pinheiros (*Pinus sp*) adquiriram grande importância para a silvicultura nacional.

4.1.1 - O Gênero *Pinus*

Para MARCHIORI (1996) o nome genérico é bastante antigo e corresponde em latim ao termo "Pinheiro". Trata-se de um dos mais numerosos e o mais importante gênero das Gimnospermas. Reúne cerca de 90 espécies distribuídas principalmente pelas regiões temperadas do hemisfério norte. São poucas as espécies de baixas latitudes, destacando-se neste caso, o *Pinus caribea* e *Pinus merkussii*, chegando a ultrapassar a linha do equador no sudoeste asiático, motivo pelo qual é considerado como o mais tropical dos pinheiros.

O gênero *Pinus* distingue-se dos demais componentes da família por apresentar acículas longas em número de até 5 por fascículo. Sua importância florestal é extraordinária, devido à qualidade da madeira produzida. Valorizada tanto para fins construtivos e mobiliários, como para a produção de celulose e resina.

Os *Pinus* de fácil cultivo em povoamentos homogêneos, são largamente utilizados em reflorestamentos, inclusive no Brasil. A diversidade de exigências ecológicas das numerosas espécies confere importância mundial ao gênero que se encontra representado desde o equador até o limite florestal ártico e do nível do mar a mais de 3.000m de altitude.

A identificação das espécies de *Pinus* baseia-se principalmente em caracteres das folhas, cones e sementes.

As madeiras de *Pinus* caracterizam-se pela presença de canais resiníferos longitudinais e radiais, rodeados por células epiteliais de paredes muito finas. A densidade varia normalmente entre 0,4 e 0,7g/cm³ em material proveniente de reflorestamento do Rio Grande do Sul.

O gênero *Pinus* é composto por cerca de 100 espécies nativas de regiões temperadas e tropicais do mundo. A madeira das espécies *Pinus* podem ser separadas macroscopicamente entre os seguintes grupos: branco, vermelho e amarelo.

4.1.2 - *Pinus taeda* L.

Segundo KLOCK (2000), o *Pinus taeda* é uma das espécies do sul dos Estados Unidos e o nome “taeda” refere-se a palavra ancestral que dominava os pinheiros resinosos.

Os nomes comuns pelos quais o *Pinus taeda* é conhecido nos Estados Unidos da América e em outros países são listados a seguir: “bastard pine, black pine, black slash pine, bog pine, buckskin pine, bull pine, Caroline pine, cornstalk pine, foxtail pine, frankincense pine, heart pine, Indian pine, kienbaum, lobby pine, loblolly pine, longleaf pine, longschap pine, longschat pine, longshucks, longshucks pine, longstraw pine, maiden pine, meadow pine, North Carolina pine, old pine, oldfield pine, pin a l’encens, pin taeda, pinho-taeda, pino de incienso, pino dell’incenso, prop pine, Rosemary pine, sap pine, shortleaf pine, shortstraw pine, slash black pine, slash pine, soderns gul-tall, southern pine, southern yellow pine, spruce pine, swamp pine, sydstaternas gul-tall, taeda pine, taeda-pijn, torch pine, Virginia pine, Virginia sap pine, yellow pine”.

Oriundo das planícies adjacentes do golfo do México e costa atlântica do sudeste dos Estados Unidos, o *Pinus taeda* cresce em geral até a altitude de 800m.

Embora coincidente com a área original do *Pinus elliottii*, apresenta uma distribuição mais ampla, alcançando o Texas , Arkansas, Tennessee e Virgínia. É conhecido por "Loblolly pine".

Segundo MARCHIORI (1996), Trata-se da espécie madeireira mais importante dos USA na atualidade. No sul do Brasil é cultivado sobretudo nas terras mais altas da serra gaúcha e planalto catarinense.

As árvores alcançam cerca de 20m de altura e 100cm de D.A.P. produzindo copa densa, casca gratada e ramos acinzentados.

As folhas aciculares e verdes-escuras, reúnem-se em grupos de 3 por fascículo e medem de 15 a 20 cm de comprimento. Apresentam com freqüência 2 canais resiníferos, raramente 3 ou 4, disposto no meio do clorênquima.

Os cones masculinos são cilíndricos e amarelados. Os cones femininos ovado-oblongos, com 6 a 12cm de comprimento. São sésseis ou sub-sésseis, muito persistentes e dotados de escamas espinhosas. As sementes, de pequeno tamanho (5cm) apresentam asas de até 25mm.

A espécie assemelha-se a *Pinus elliottii*, diferindo, entretanto, em vários aspectos de fácil reconhecimento. As acículas de *Pinus taeda*, mais curtas e de cor mais escura tem secção transversal triangular e cones praticamente sésseis, tendentes à cor acinzentada. Em *Pinus elliottii*, ao contrário, as acículas são normalmente mais longas, de cor verde mais clara e com secção semicircular. Às vezes também triangular; os cones, nitidamente pedunculados tendem ao castanho avermelhado.

A madeira é indicada para construções, móveis e caixotaria, as fibras são longas e adequadas à fabricação de papel, produz bastante resina.

4.2 - QUALIDADE DA MADEIRA

Para MATOS (2002), as propriedades da madeira cultivada são diferentes daquelas de florestas naturais. Os principais problemas relacionados com o processamento e a utilização de florestas manejadas no Brasil estão relacionadas principalmente com as diferentes propriedades devido ao crescimento acelerado.

Para se alcançar êxito no uso de recursos florestais, provenientes de reflorestamentos os conceitos tradicionais devem ser modificados e adaptados às características da matéria-prima disponível. Estas adaptações devem ser feitas especialmente no que concerne aos crescentes índices percentuais de lenho juvenil existente no lenho das árvores de rápido crescimento que foram absorvidos pela indústria de papel e celulose, mas que precisa ser analisada com cautela quando da produção de madeira serrada para móveis, laminados e produtos com finalidade industrial, para construção civil.

O conceito genérico atual é de que a madeira de *Pinus* oriunda de floresta, do sul do Brasil é de qualidade muito pobre, em termos de resistência. Os fatores que afetam as propriedades mecânicas da madeira, ainda não estão suficientemente estudados para espécies oriundas de reflorestamentos. Estas características dependem das práticas silviculturais adotadas, voltadas para os aumentos de rendimentos e redução de custos em detrimento das propriedades de resistência. Neste sentido, torna-se necessário o estudo destes fatores e da sua influência sobre madeiras de plantio artificiais, visando sua utilização estrutural.

Na tabela 1 estão apresentados os valores médios de propriedades de resistência à flexão estática de *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*, lenhos juvenil e adulto em árvores com 18 e 30 anos de idade e crescidos no Brasil e nativos dos EUA.

Tabela 1 - Propriedades físicas e mecânicas da madeira juvenil e adulta do gênero *Pinus*

Propriedade	Lenho juvenil		Lenho adulto	
	<i>Pinus elliottii</i>	<i>Pinus taeda</i>	<i>Pinus Elliottii</i>	<i>Pinus taeda</i>
Massa específica (g/cm ³)	0,42*	0,44*	0,54*	0,55*
	0,45**	0,46**	0,58**	0,59**
			0,59***	0,51***
Módulo de ruptura (Kgf/cm ²)	512*	497*	989*	1065*
	649**	638**	920**	941**
			1146***	900***
Tensão limite (Kgf/cm ²)	259*	232*	557*	590*
	332**	335**	482**	483**
Módulo elasticidade (Kgf/cm ²)	76.100*	61.200*	163.300*	153.300*
	86.309**	88.333**	161.432**	160.438**
			139.211***	129.852***

Fonte: Revista da Madeira, dezembro 2002.

Legenda:

* - Plantios 18 anos

** - Plantios 30 anos

*** - Plantios nativos-EUA

4.2.1 –Principais Problemas Tecnológicos da Madeira de *Pinus*

Segundo KLOCK (2000), uso efetivo da madeira de *Pinus* ocorre na forma de madeira serrada, na forma de laminados e faqueados compondo chapas compensadas na forma de fibras para produção de polpa e papel e constituindo os painéis MDF (medium density fiber board), na forma de madeira particulada na composição de chapas aglomeradas e mais recentemente como partículas orientadas na composição de chapas OSB (oriented strand board).

O uso da madeira na forma maciça tem como principal problema herdar os defeitos inerentes da madeira que foi obtida em programas de manejo voltados eminentemente para a produção de celulose. Programas de podas e desbastes

visando a produção de madeira limpa foram desconsiderados nestes projetos, com raras exceções.

Com o aumento da demanda de matéria-prima em substituição às nativas, a indústria de laminação tendo como requisitos básicos toras de grande diâmetro e isentas de nós, foi a primeira a enfrentar problemas de obtenção de toras de qualidade.

A indústria moveleira tendo nos pólos de Bento Gonçalves e São Bento do Sul os maiores produtores e exportadores de móveis de madeira maciça, também sente os reflexos da compra de madeira de plantios de *Pinus* manejados nas diversas formas.

Os principais aspectos a serem considerados na seleção de madeira de *Pinus* para móveis são o custo, a disponibilidade, a aparência, as propriedades e a durabilidade.

Atualmente o custo da madeira mostra-se compatível, mas este item está diretamente relacionado com a disponibilidade. As projeções de falta de matéria-prima nos próximos anos preocupam os empresários do setor. Como parte desta realidade, no pólo moveleiro de São Bento do Sul já se adquire matéria-prima oriunda da Argentina.

No aspecto aparência, sendo madeira clara pode ser tratada com produtos químicos que lhe conferem aspectos mais diversificados. Inclusive com excelente aceitação no mercado Americano e Europeu.

O uso da madeira na forma de partículas ou fibras não requer qualidade dos plantios nos moldes exigidos pelos demais segmentos do setor moveleiro.

Dois aspectos devem ser considerados no uso da madeira de *Pinus*; o primeiro relativo à matéria-prima especialmente a presença de nós, a

susceptibilidade ao ataque de insetos e fungos, e a baixa resistência devido ao rápido crescimento das árvores, e o segundo relativo aos problemas de processamento especialmente a secagem, colabilidade e usinabilidade. Estes problemas tecnológicos podem ser controlados diretamente na floresta através de planos de manejo florestal, voltado para produção de madeira maciça ou laminada.

No melhoramento genético e em práticas silviculturais como a desrama. Industrialmente, o uso adequado de programas de secagem, técnicas e equipamentos adequados para o processamento da madeira podem resultar em maior rendimento e qualidade. O aspecto relacionado com a alta capacidade produtiva da espécie também deve ser explorado como uma vantagem pelos diversos segmentos do setor industrial madeireiro na busca de aumento de exportações de produtos com qualidade.

Tabela 2 - Propriedades requeridas da madeira serrada para móveis

Madeira	Importância
Grande diâmetro	Alta
Retidão do tronco	Alta
Densidade básica	Alta
Variação densidade	Baixa
Uniformidade coloração	Alta
Livre podridão	Alta
Ausência resinas	Alta
Ausência grã espiralada	Alta
Ausência de nós	Alta
Resistência e rigides	Alta
Estabilidade demensional	Alta
Bom comportamento colagem	Alta
Dureza	Alta
Bom comportamento secagem	Alta

Fonte: Revista da Madeira, dezembro 2002.

Estima-se que no cenário macroeconômico nacional, os setores de madeira, papel e celulose tenham representado em 2000, 2% do PIB. Isso caracteriza um montante de aproximadamente US\$ 12 bilhões. Desse montante o setor madeireiro responde por aproximadamente US\$ 5 bilhões.

A indústria de móveis experimentou mudanças significativas em sua base produtiva. O salto tecnológico possibilitou o crescimento expressivo das exportações que atingiram um patamar superior a US\$ 300 milhões a partir de 1995, alcançando US\$ 508 milhões em 2001.

Sete pólos moveleiros regionais esperam alcançar a marca de US\$ 2,5 bilhões em exportações nos próximos 3 anos. A indústria de madeira compensada por sua vez atingiu US\$ 360 milhões em exportações no ano de 2001, a indústria de madeira processada mecanicamente atingiu a marca de US\$ 1,4 bilhão.

Neste contexto, os produtos oriundos da atividade florestal, pela exploração de madeira como matéria-prima, tornam a atividade auto-sustentável, tendo em vista que o recurso madeireiro é renovável, o consumo de energia para elaboração de produtos é menor, quando comparada com outros produtos como ferro, aço, tijolos e ainda, ambientalmente corretos, já que são recicláveis e biodegradáveis.

Com as tendências mundiais de valorização ambiental e cobranças da sociedade por alternativas menos danosas ao ambiente, a atividade industrial madeireira tenderá a consolidar-se e a fortalecer-se. Ainda neste contexto, a exploração adequada dos recursos florestais torna-se obrigatório por dois motivos óbvios: o primeiro relativo à valorização ambiental dos recursos florestais, e o segundo estritamente econômico, uma vez que a viabilização de produção só ocorre com a racionalização no uso integral de matéria-prima e meios de produção.

Historicamente, a expansão das fronteiras agrícolas gerou o processo de destruição da cobertura florestal nativa dos Estados da região Sul do Brasil. O processo de ocupação das terras, vinculado ao incentivo e à entrada dos imigrantes

européus nesta região, tornou a cobertura florestal um entrave ao avanço da agricultura nestas áreas, num processo semelhante ao que o ocorre hoje nas regiões centro-oeste e norte do Brasil. Nestas regiões a atividade madeireira não se constitui numa atividade econômica produtiva e sustentável, mas simplesmente uma atividade extrativista.

A exploração madeireira no sul do Brasil inicialmente esteve mais volta a utilização da madeira de pinho (*Araucaria angustifolia*) em virtude da existência de extensas florestas desta espécie e de sua qualidade e preferência no mercado externo. Além disto às madeiras de lei podiam ser encontradas em outras regiões.

A exploração e exaustão das reservas nativas provocaram a desmobilização ou inviabilização de alguns segmentos da indústria madeireira. Alguns desses segmentos, comprometidos com o suprimento de matéria-prima, passaram a recorrer a outros estados, buscando madeiras já inexistentes no sul do Brasil, marcadamente no Paraguai, centro-oeste e norte do Brasil.

A lei de incentivos fiscais, criada em 1966, permitiu que as empresas aplicassem parte de seu imposto devido em reflorestamentos. O resultado desta iniciativa foi à imediata aplicação da área de florestas plantadas no Brasil, especialmente com espécies exóticas como *Eucalyptus* e *Pinus*.

Os primeiros reflorestamentos incentivados foram feitos com o objetivo de produzir matéria-prima para a indústria de papel e celulose e a produção de energia sob forma de carvão vegetal para a metalurgia. A política de incentivos fiscais voltou-se especialmente para as espécies exóticas, com destaque para o *Pinus*. Antes dos anos 60, o setor madeireiro se desenvolvia a partir da disponibilidade natural de matéria-prima. Posteriormente, ocorreu uma reversão de tendências, a indústria procurou a reconstituição de reservas florestais recompondo sua matéria-prima. Atualmente a disponibilidade de matéria-prima para a indústria reside basicamente nos plantios oriundos da política de reflorestamentos ou em plantios próprios.

Devido às condições favoráveis de desenvolvimento encontradas no país, as árvores de florestas plantadas com espécies exóticas atingem dimensões comercializáveis em menor idade, que em condições naturais de desenvolvimento.

Na seleção de madeira de *Pinus* para uso na construção civil, existem dois caminhos; a seleção criteriosa de peças através de aspectos visuais ou métodos não destrutivos ou a reconstituição em produtos estruturais como vigas laminadas coladas, painéis compensados estruturais, painéis de lâminas paralelas ou LVL (laminated veneer lumber) e ainda os painéis Oriented Strand Board e as vigas em I.

A geração de produtos “engenheirados” permitem um maior controle de qualidade dos elementos estruturais a serem usados em situações críticas. Tratamentos preservantes em autoclave conferem durabilidade e resistência a agentes patogênicos.

Pelo seu rápido crescimento favorecido pelas condições encontradas no Brasil, a madeira de *Pinus* apresenta uma alta capacidade produtiva. Esta capacidade confere uma vantagem competitiva ao setor que procura expandir-se com qualidade.

Com as exigências mundiais de certificação de procedência de plantios manejados, a tendência é de expansão nas áreas reflorestadas e uma maior aceitação no mercado mundial de produtos oriundos desta espécie. Localmente tem-se uma redução na pressão sobre as florestas nativas, o que repercute nos mercados externos, até mesmo pela atribuição de um “selo ecológico” .

4.3 - A MADEIRA COMO MATÉRIA-PRIMA PARA A INDÚSTRIA

A madeira é um material orgânico, heterogêneo, poroso, higroscópico e anisotrópico. É orgânico porque a sua composição química elementar é formada basicamente por carbono (C), heterogêneo devido a sua grande variação existente tanto em tipos como em componentes básico e na distribuição destes componentes.

A disposição e o arranjo diferenciado destes elementos deixam espaços vazios, tornando portanto a madeira porosa, com poros visíveis macroscopicamente na sua estrutura íntima (ultra estrutura). A madeira pode reter água, fisicamente aderidas as paredes e no interior delas, sendo portanto um material higroscópico.

A madeira é ainda um material anisotrópico, ou seja, se comporta diferentemente nos diferentes eixos de orientação. A anisotropia é extremamente importante tanto no processamento como no uso.

Deste modo, a madeira seca mais facilmente na direção do comprimento, pois a permeabilidade longitudinal é muito mais alta que a transversal (radial e tangencial), e contrai mais transversalmente do que no comprimento.

A madeira, por ser resultante do crescimento orgânico de dezenas de milhares de espécies arbóreas lenhosas, é uma matéria-prima que se caracteriza fundamentalmente por ser anisotrópica e heterogênea. Estes atributos intrínsecos a natureza da madeira constituem o ponto central a ser analisado quando de sua utilização.

As propriedades físico-mecânicas de uma madeira, bem como inúmeros outros aspectos tecnológicos, decorrem de fatores estruturais, sejam macro, micro ou submicroscópicos da parede celular. A composição química, variável e peculiar a cada madeira também constitui um fator de suma importância neste contexto.

Os avanços tecnológicos estão voltados em torno do ferro, concreto e plásticos e o desconhecimento que tem os engenheiros e arquitetos sobre as propriedades e técnicas de processamento da madeira, são os fatores que tem contribuído para que esse material perca competitividade frente a outros, para seu uso na construção e nas fabricações diversas.

A madeira possui uma série de propriedades que a convertem em matéria-prima de excelente qualidade para a fabricação de certos produtos, destacando-se as seguintes: a relação entre a massa específica e a resistência mecânica é

altamente favorável; apresenta uma baixa massa específica em relação ao seu volume; é fácil de trabalhar e de ligar-se por meio de uniões simples; a madeira quando está seca é um excelente isolante térmico, elétrico e acústico.

4.3.1 - Clear Blocks e Blancks

Para NAHUZ (2002), de comercialização recente, a madeira sem defeitos e de pequenas dimensões (“clear blocks” e “blancks”) surgiu no mercado no início das exportações de *Pinus* serrado, por volta de 1994/95. Embora não definido em normas técnicas nacionais, mas conhecido no mercado como “clear blocks” ou “clears”, o produto refere-se a peças de madeira serrada de pequenas dimensões, isentas de defeitos (nós e imperfeições visuais).

A comercialização dos clear blocks da-se principalmente no mercado de exportação. Destina-se a molduras, esquadrias, revestimentos, partes e peças aparentes de móveis, ou são vendidos diretamente aos consumidores para uso próprio (do – it – you ref) ou bricolagem. Os clears, quando emendados nos topos por finger joint, formam peças mais longas – blancks.

O mercado requer homogeneidade de peças e isenção de defeitos. Os clears são obtidos por re-beneficiamento da madeira serrada, com ajuste de dimensões e eliminação de defeitos, nós e outras imperfeições. Defeitos proibitivos são nós, medula, variação de cor, empenamentos e rachaduras de qualquer tipo.

A secagem em estufa e a equalização de umidade a 12% (base seca) são condições impostas para absorver o ajuste às dimensões finais.

As dimensões dos clears são bastante flexíveis: espessuras desde 33,3mm (1.5/16) até 38,1mm (1.1/2”); larguras desde 46,9mm (1. 7/8”) até 142,9mm (5 5/8”) e comprimentos acima de 150mm (6”). O aproveitamento da madeira serrada na fabricação deste produto é alto. Experimento recente, desenvolvido para viabilizar a

produção de clear para exportação, aproveitou 75% do volume total da madeira serrada seca em estufa obtido.

A produção brasileira de clear esta em franca expansão, assim como sua exportação. Um exemplo pode ser visto nas importações de clear blocks e blanck de *Pinus* (*Pinus elliottii* e *Pinus taeda*) pela Boise Cascade dos Estados Unidos, a partir dos portos de São Francisco do Sul de Itajaí (SC), no período entre abril de 1999 e março de 2000. As importações alcançaram aproximadamente 16.300m³ ao valor de US\$ 6,37 milhões, ou seja, cerca de US\$ 390m³ (CIF).

Os clear são produzidos principalmente com *Pinus*, favorecido pelo mercado por ser leve e de cor clara.

Com preços internacionais entre US\$ 200 e US\$ 300m³ verificados, a exportação de clear ainda apresenta variações, mas sua aceitação pelo mercado é encorajadora.

A produção de madeira serrada beneficiada apresenta grandes oportunidades para agregar valor aos seus produtos especialmente aqueles destinados à exportação. Isto representa um conjunto novo de oportunidades e nichos de mercado, até agora apenas explorados de maneira incipiente, para as madeiras de reflorestamento.

Uma visão rápida dos mercados para produtos de maior valor agregado de madeiras de florestas plantadas especialmente *Pinus*, mostra sua diversidade às possibilidades de expansão e desdobramento, e a capacidade de absorver quaisquer quantidades produzidas.

É evidente que o produto, nas suas mais variadas formas pode ser bem remunerado, desde que seja atendida a condição de que os mercados favorecem a agregação de valor e de qualidade.

4.4 – PORQUE A MADEIRA DEVE SER SECA

O processo de secagem da madeira deverá ser conduzido de forma gradual, uniforme e a um teor de umidade que será definido em função de seu uso final.

Portanto a secagem da madeira apresenta importantes vantagens:

- a contração da madeira em uso é reduzida e as rachaduras e empenamentos são evitados;
- a madeira quando seca fica protegida contra ataque de fungos manchadores e apodrecedores;
- o peso da madeira é reduzido e portanto os custos de transporte são baixos;
- secando a madeira resulta em acréscimo significativo da resistência mecânica, desde que os defeitos da secagem não se desenvolvam, especialmente rachaduras. Além de elevar significativamente a capacidade de fixação de pregos.
- Para se obter uma pintura satisfatória ou acabamento superficial de boa qualidade.
- tratamentos e produtos preservativos requerem uma secagem ao ar ou em câmaras.
- o uso da secagem em câmaras mata fungos e insetos que podem estar instalados na madeira. (TUOTO, 2002).

4.4.1 - Secagem artificial da madeira

Obtém-se uma secagem artificial quando se faz circular ar quente e seco uniformemente através da pilha de madeira. No entanto, o ritmo de secagem e os riscos de danos causados durante a secagem são diferentes, dependendo das características estruturais das espécies. Por esta razão, as madeiras requerem variações climáticas e intensidades diferentes, gerando a necessidade de programações diferenciadas para manter as condições climáticas desejadas.

Os programas de secagem variam em função da espécie, espessura e da qualidade desejada. As mudanças de temperatura e umidade relativa dentro da câmara variam com a mudança no teor de umidade médio determinado na carga.

A umidade relativa do ar e a temperatura são fatores fundamentais necessários para conduzir adequadamente a secagem. Para uma perfeita condução de secagem da madeira o equipamento deverá ser capaz de manter as condições pré-estabelecidas pelo programa, o operador deverá conhecer as características do material a secar e o funcionamento do equipamento.

Em secador convencional normalmente se utiliza o psicômetro para medir as condições climáticas do interior da câmara. Em função da umidade da madeira controla-se a temperatura e a umidade relativa da câmara. Um programa típico deve apresentar três fases distintas (TUOTO, 2002).

4.5 – PROGRAMAÇÃO DE SECAGEM

4.5.1 - Fase de aquecimento

Para TOMASELLI (2002), inicia-se lentamente tentando manter a umidade relativa no interior da câmara elevada. Nesta fase, deve-se evitar que uma diferença psicométrica seja maior que 2°C. para que a madeira não comece a secar antes de estar completamente aquecida. Esta condição pode ser obtida alternando-se períodos de aquecimento com umidificação intensa, até que a carga atinja a temperatura inicial, determinada pelo programa recomendado. O tempo citado pela literatura fica em torno de uma (1) hora para cada centímetro de espessura para madeiras leves e duas (2) horas para madeiras pesadas. Na fase de aquecimento além de ocasionar o aquecimento da madeira também propicia uma homogeneização no teor de umidade inicial da carga devido à alta umidade relativa do ar no interior da câmara.

4.5.2 - Fase de secagem

Após a fase de aquecimento inicia-se a secagem aplicando-se as condições pré-programadas pela curva de secagem aumentando a diferença psicométrica. O objetivo nesta fase é secar o mais rápido possível, por meio de aumento da temperatura e da redução da umidade do ar de forma gradativa, conforme estabelecido pelo programa. Dá-se continuidade ao processo de secagem até atingir o teor de umidade final.

A fase de secagem se divide em três períodos:

- Acima do ponto de saturação das fibras (PSF) deve-se evitar temperaturas elevadas.
- Na zona próxima ao (PSF) deve-se tomar cuidado, aumentando progressivamente a diferença psicométrica deixando o ar mais seco no interior da câmara.
- Abaixo do (PSF) pode-se elevar a temperatura até atingir a umidade final desejada.

4.5.3 - Fase final – acondicionamento

Esta fase é constituída de duas fase distintas, conhecidas por equalização e acondicionamento.

A equalização objetiva uniformizar o teor de umidade da carga, em torno do teor de umidade médio pré-estabelecido. A equalização é obtida através da elevação da umidade relativa do ar após a última fase da secagem.

O acondicionamento visa amenizar o gradiente de umidade em cada peça da carga e também aliviar as tensões internas que se desenvolvem na madeira durante a secagem. Este procedimento é indispensável quando a madeira se destina a usinagem após a secagem. Normalmente é utilizado somente o condicionamento, sendo obtido elevando-se a umidade relativa do ambiente na câmara de secagem.

Após o acondicionamento deve-se fazer o resfriamento da carga evitando a abertura da câmara com altas temperaturas (choque térmico na carga). A temperatura deve baixar gradativamente mantendo a umidade de equilíbrio utilizada no acondicionamento.

Programas de secagem do tipo tempo – temperatura

Neste tipo de programa não é levada em consideração o teor de umidade da carga, mas somente o tempo determinado para cada uma das sub-fases da secagem (exemplo: na primeira fase da secagem estabelecido pelo programa 6 horas, na Segunda fase 6 horas ...) este tipo de programação não é aconselhada, por ser grande a variabilidade do material madeira. Algumas empresas por trabalharem somente com uma espécie e por apresentarem grande experiência utilizam este método de programação. Nos programas tempo-temperatura torna-se desnecessário fazer controle da umidade da carga periodicamente.

Programas de secagem do tipo umidade – temperatura

Normalmente é o programa mais utilizado pela indústria madeireira. A alteração no clima da câmara (temperatura e umidade relativa) em cada uma das fases da secagem é realizada quando ocorre a mudança no teor de umidade médio da carga, o qual é obtido por meio de amostras de controle ou pelos sensores elétricos colocados na madeira para acompanhamento da umidade da carga. Na tabela abaixo é demonstrado um exemplo hipotético de programação tipo umidade – temperatura.

Tabela 3 – Exemplo de um programa de secagem do tipo umidade - temperatura

Faixa	Faixa de umidade	TBS	TBU	UR	U Eq
1	Verde – 40%	60	56	78	13
2	40 – 30	65	58	67	10
3	30 – 20	70	56	52	7
4	20 – 10	80	50	23	3
5	Acondicionamento	80	74	74	10

Fonte: Revista da Madeira, dezembro 2002.

Programas baseados no potencial de secagem

Alguns controladores podem conduzir a secagem utilizando o potencial (gradiente) de secagem (PS) que corresponde a uma relação entre o teor de umidade da madeira atual (Um Atual) e a umidade de equilíbrio (UE) calculada.

$$PS = \frac{Um \text{ Atual}}{UE}$$

PS = Potencial de secagem

Um Atual = Umidade da madeira atual (%)

U E = Umidade de equilíbrio (%)

O potencial de secagem apresenta uma relação direta com a taxa de secagem (redução na umidade da madeira em um determinado tempo). Esse tipo de programa prevê a manutenção de um potencial de secagem pré-estabelecido para cada sub-fase da secagem. O potencial de secagem varia segundo a literatura de 1,5 a 5,0 são recomendados de acordo com a espécie da madeira e suas características.

Exemplo, no caso do *Pinus* pode ser utilizado um potencial igual a 5,0 enquanto o *Eucaliptos* no máximo 2,5 o potencial de secagem a ser adotado depende da qualidade da madeira desejada no final do processo.

Quanto maior o potencial normalmente menor o tempo de secagem e pior a qualidade da madeira.

Elaboração de um programa do tipo potencial de secagem.

Inicialmente deve-se:

Definir níveis de temperatura conforme demonstrado na tabela 4.

Tabela 4 – Níveis de dificuldade de secagem em função de faixas de temperatura.

Temperatura a ser adotada	Dificuldades de secagem
Até 50° c	Muito difícil
50 a 70° c	Difícil
70 a 90° c	Média
90 a 110° c	Fácil
> 110° c	Muito fácil

Fonte: Revista da Madeira, dezembro 2002.

Para definir a dificuldade de secagem deve-se observar as propriedades, anatômicas físicas e mecânicas da espécie a secar. Além de conhecimentos experimentais.

- Definir potencial de secagem ideal

$$PS = \frac{TU \text{ Atual}}{UE}$$

Quando: $P = 1$ = equilibrada

$P < 1$ = aquisição de água

$P > 1$ = Perda de água.

Quanto maior o potencial de secagem mais rápida a secagem, como pode ser visto na tabela 5.

Tabela 5 – Níveis de dificuldades de secagem em função do seu potencial.

Dificuldade de secagem	Potencial
Muito difícil	Até 1,5
Difícil	1,5 a 2,5
Média	2,5 a 3,5
Fácil	3,5 a 4,5
Muito fácil	$P > 4,5$

Fonte: Revista da Madeira, dezembro 2002.

Na tabela 6, exemplificamos um programa de secagem.

Tabela 6 – Exemplo de programa de secagem em relação a faixa de umidade.

Faixa de umidade	TBS	TBU	UR	Ueq	P	Faixa
Verde – 40%	60	56	78	13	3	1
40 - 30	65	58	67	10	3	2
30 - 20	70	56	52	7	3	3
20 - 10	80	50	23	3	3	4
Acondicionamento	80	74	74	10	1	5

Fonte: GALVÃO, APM & JANKOWSKY IP. Secagem Racional da Madeira, 1984.

5. DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Com o evento dos incentivos fiscais no ano de 1966 que tinha como objetivo ter uma base florestal em substituição ao pinheiro do Paraná, que já estava com suas reservas comprometidas, iniciou-se na região sul do Brasil o cultivo de florestas artificiais, com duas espécies principais: *Pinus elliottii* variedade *elliottii* e *taeda*, tendo como idéia principal dar suporte ao setor de celulose e papel. Mas tendo em vista a diminuição das reservas de pinho e o baixo custo da madeira de *Pinus spp.* A indústria de transformação mecânica iniciou a utilização da madeira na produção de serrados.

Mas, como as florestas eram direcionadas para a produção de polpa e papel, não sofriam nenhum tipo de condução para que se pudesse obter madeira de qualidade. A indústria então teve que ser criativa para resolver este problema, foi a partir daí que surgiu o clear block, peças de madeira livres de defeitos como nó e medula que depois de passar pelo processo de colagem “finger Joint” recebe o nome de “Blancks” e é encaminhado para a produção de molduras de qualidade inigualável.

Para se chegar a esse estágio superior a madeira direcionada para o clear block deve passar por um processo especial de secagem, processo esse que deixa a madeira livre dos defeitos de secagem, como rachaduras superficiais, rachaduras internas, que afetam a qualidade da madeira.

Ao iniciarmos esse processo devemos fazer a programação do tempo necessário para termos uma secagem de qualidade.

A espessura irá influir diretamente no tempo de secagem propiciando o surgimento de defeitos na madeira (rachaduras). Quanto maior a espessura da madeira, maior será o tempo de secagem. A espessura oferece uma importância muito grande no processo de secagem, deve-se tomar cuidados na preparação desta madeira, evitando-se a mistura com espessuras diferentes, pois para a manufatura do clear block são usadas madeiras de espessuras que variam de 33,3mm até 38,1mm.

A madeira usada para a manufatura do clear block já passa por uma classificação na serraria pois só devemos encaminhar para a secagem as melhores tábuas extraídas de uma tora na formação das grades de tábuas passam por uma reclassificação, pois se tratando de um produto nobre, muitas vezes o principal de uma empresa e também o alto custo de secagem para esse tipo de produto, pois é um produto diferenciado, devemos ter a certeza que só serão secas as melhores peças produzidas.

Uma das grandes preocupações na produção do clear block, são os defeitos de secagem, dentre eles os mais importantes são as rachaduras e as trincas superficiais. Esses defeitos ocorrem quando são formados gradientes de umidades (diferenças de umidade) acentuados numa mesma peça. As rachaduras são mais freqüentes em peças com maior espessura, porque a parte externa secará mais que a interna, assim sendo, ocasionará uma maior contração na superfície da peça deixando-a tensionada. Se o esforço de tensão na superfície superar a resistência a tração, perpendicular da madeira ocorrerá o rompimento das fibras ocasionando rachaduras.

As rachaduras e as trincas superficiais são formadas no início do processo e acentuam-se no transcorrer do processo de secagem. Já as rachaduras e trincas internas, a ocorrência dar-se-á somente na fase final do processo de secagem,

ocasionada pela reversão das tensões (tensão no interior e compressão na superfície).

Para evitar rachaduras e trincas superficiais é recomendada a adoção de baixas temperaturas com altas umidades relativas no início do processo de secagem. O surgimento de rachaduras e trincas internas pode ser evitado considerando maiores umidades relativas no final do processo de secagem aliado ao acondicionamento.

Como sendo o clear block um produto de alto valor agregado, antes de iniciarmos a produção devemos levar em consideração aspectos como: o tempo de secagem e o consumo de energia, as características da madeira, pois para a manufatura do clear block precisaremos das melhores peças e com maior espessura e precisaremos operar programas completos, usando todas as fases como:

1 – Aquecimento

2 – A secagem propriamente dita em seus três períodos distintos:

- evitar temperaturas muito elevadas acima do ponto de saturação das fibras (PSF).
- Aumentar progressivamente a diferença psicométrica deixando o ar mais seco no interior da câmara quando estiver próxima ao (PSF).
- Abaixo do (PSF) pode-se elevar a temperatura até atingir a umidade final desejada.

3 – O acondicionamento e equalização.

A partir daí podemos ter a certeza absoluta que colocaremos no mercado um produto de alta competitividade.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

GALVÃO, APM & JANKOWSKY IP. **Secagem Racional da Madeira**. São Paulo. Nobel 1984.

KLOCK, Umberto. **Qualidade da Madeira Juvenil de “*Pinus Maximinoi*” H. E. Moorre**. Curitiba-PR. 2000.

MARCHIORI, Jose Newton Cardoso. **Dendrologia das Gimnospermas** – Santa Maria. Ed da UFSM, 1996. 158pg.

MATOS, Jorge Luis Monteiro de. **Revista da Madeira. Edição Especial Pinus**. São Paulo. 2002.

NAHUZ, Marcio Augusto R. **Revista da Madeira. Edição Especial Pinus**. São Paulo. 2002.

Revista da Madeira. ***Pinus Uma alternativa de Mercado***. A market Alternative. Edição especial. Wood Magazine. Dezembro 2002.

TOMASELLI, Ivan & KLITZKE, Ricardo Jorge. **SECAGEM DE MADEIRA**. UFPR. Lages/SC. 2002.

TUOTO, Marco. **Revista da Madeira. Edição Especial Pinus**. São Paulo. 2002.