

SILVICULTURA

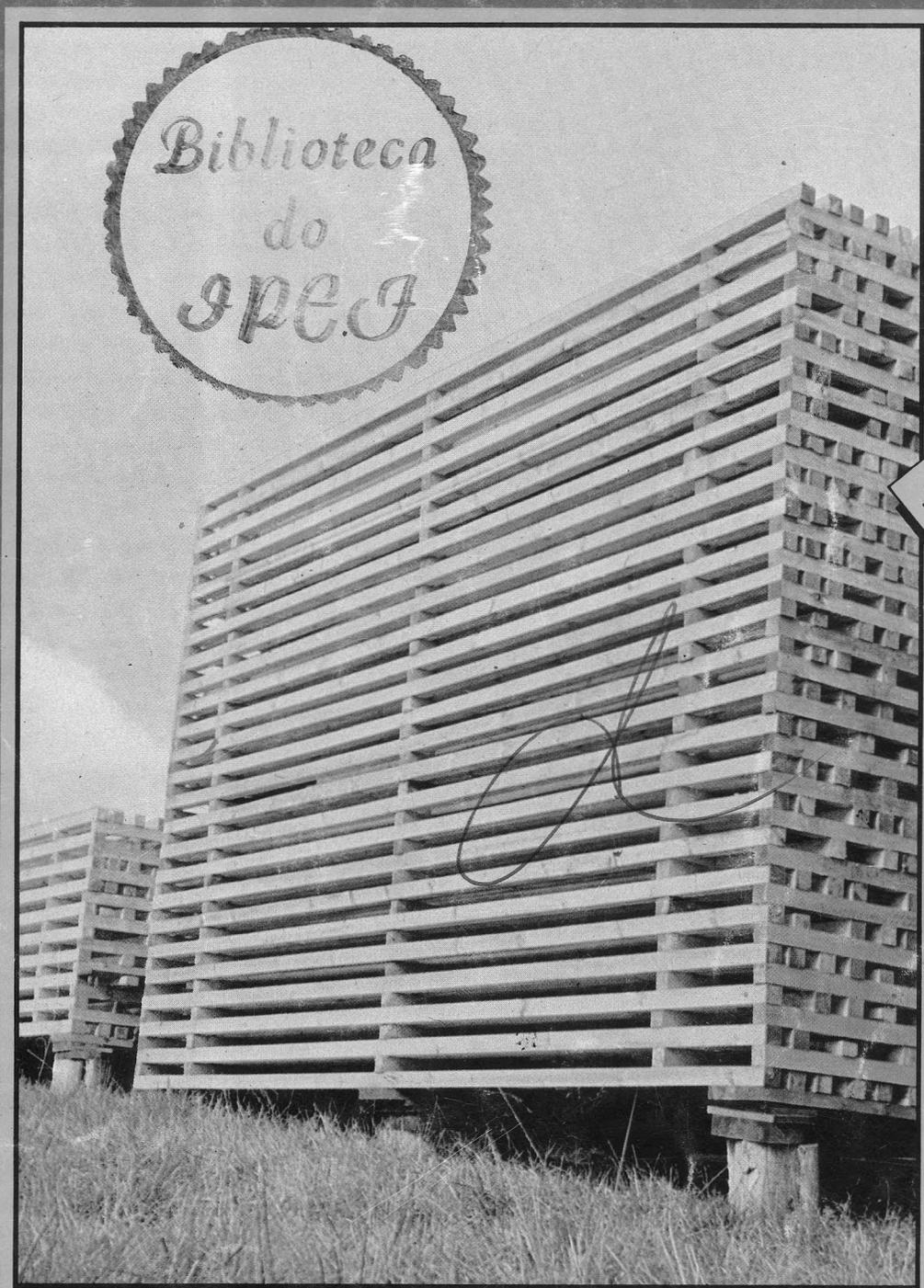
NO IX

JANEIRO/FEVEREIRO 1984

N.º 34



SBS



RELATÓRIO

I SEMADER

I SEMINÁRIO SOBRE PROCESSAMENTO
E UTILIZAÇÃO DE
MADEIRAS DE REFLORESTAMENTO

24 E 25 DE OUTUBRO DE 1983 - CURITIBA - PR



Sociedade Brasileira de Silvicultura

DIRETORIA

Presidente

Laerte Setubal Filho

Vice-Presidente

Sérgio Carlos Lupattelli

Secretário Geral

Roberto de Mello Alvarenga

Diretor Financeiro

Antônio Sebastião Rensi Coelho

Diretores

Nelson Luiz Ferreira Levy, Max Feffer

e Pieter Willem Prange

Diretor Regional Norte

Israel H. Coslovsky

Diretor Regional Nordeste

José Maria Machado

Diretor Regional Centro

José Luiz Magalhães Netto

Diretor Regional Sul

Athos de Santa Theresza Abilhoa

Diretores Setoriais

Leopoldo Garcia Brandão, Nelson

Barboza Leite, Marco Aurélio Andrade

Corrêa Machado, Amantino Ramos de

Freitas, Luiz Ernesto George Barrichelo,

Álvaro Fernando de Almeida, Evaristo

Francisco de Moura Terezo e Isaias

Vasconcelos de Andrade.

Conselho Diretor

Antônio Paulo Mendes Galvão, Danilo

Remor, José Deoclésio Pierin Siqueira,

Jorge Humberto Teixeira Boratto, José

Carlos Carvalho, Luiz Gonzaga Muratj r.,

Manoel de Freitas, Maurício Hasenclever

Borges, Milton Wagner, Nodário

Raimundo Santos de Azeredo, Rubens

Francisco Tocci e Walter Suiter Filho

Conselho Consultivo

Armando Martins Clemente, Clara

Martins Pandolfo, H. Horácio

Cherkassky, Jamil Nicolau Aun

José Benedicto Aranha, Maria Tereza

Jorge Pádua, Moisés Gonçalves Sabbá,

Nelson Pizzani, Octávio Mello Alvarenga,

Oriando Otto Kaesemodel, Roberto

Maluf e Sérgio Roberto Vieira da Motta

Sede Central

Av. Paulista, 2006, 12º andar,

cjs 1210/12.

Fones 283-1850 e 289-2313

CEP 01310

São Paulo - SP

SILVICULTURA

Supervisão

Engº Florestal

Oswaldo Roberto Fernandes

Conselho Editorial

Laerte Setubal Filho, Sérgio Carlos

Lupattelli, Roberto de Mello Alvarenga,

Leopoldo Garcia Brandão, Nelson

Barboza Leite, Marco Aurélio A.C.

Machado, Amantino Ramos de Freitas,

Luiz Ernesto G. Barrichelo, Álvaro

Fernando de Almeida, Evaristo F. de

Moura Terezo, Isaias Vasconcelos de

Andrade, Clara Pandolfo, Pieter W.

Prange e Oswaldo Roberto Fernandes

Composição, Fotolitos e Impressão:



Augegraf Gráfica e Editora Ltda.

Av. Independência, 1146

Fone: (0194) 33-0722 — Piracicaba-SP

I SEMADER
VOLUME I

PUBLIC.: P-009715

SILVICULTURA 9(34) JAN./FEV. 1984

7 SESSÃO DE ABERTURA

SESSÃO I — MADEIRA DE REFLORESTAMENTO/SECAGEM

- 9 • Produção de Madeira de Qualidade para Processamento Mecânico
Reinaldo Herrero Ponce (IPT/São Paulo-SP)
- 15 • Considerações Básicas sobre Desdobro de Pinus spp.
Joaquim Alves de Araujo Vianna Neto (IPT/São Paulo-SP)
- 21 • Programa de Secagem: Fundamentos Teóricos e sua Aplicação para a Madeira de Pinus spp.
Ivaldo P. Jankowsky (IPEF/ESALQ-USP/Piracicaba-SP)
- 25 • Novas Técnicas de Secagem de Madeira
Ivan Tomaselli (STC/UFPR/Curitiba-PR)

SESSÃO II — PRESERVAÇÃO E UTILIZAÇÃO

- 31 • Controle Preventivo de Deterioração em Toras de Madeira Serrada durante a Secagem
Sidney Milano (IPT/São Paulo-SP)
- 37 • Utilização de Pinus na Produção de Laminados e Compensados
Osmar José Romeiro de Aguiar (EMBRAPA/ESALQ-USP/Piracicaba-SP)
- 45 • Sistema Construtivo em Construções Habitacionais
Gilson Lameira de Lima (IPT/São Paulo-SP)
- 49 • Utilização de Madeira de Pinus em Habitação Rural
Ricardo Gaeta Montagna (IF/São Paulo-SP)
- 51 • Pinus spp. como Matéria Prima para Produção de Chapas de Partículas Estruturais
Sidon Keinert Junior (FUPEF/UFPR/Curitiba-PR)

55 DEBATES

SILVICULTURA é uma publicação editada pela Sociedade Brasileira de Silvicultura, entidade de utilidade pública, fundada em 21 de setembro de 1955, independente e apolítica. É permitida a reprodução de artigos, desde que citada a fonte. Os editores não se responsabilizam por conceitos emitidos em artigos assinados, de inteira responsabilidade dos autores e que não refletem, necessariamente, a opinião da revista.

I Seminário sobre processamento e utilização de madeiras de reflorestamento

Curitiba 24 e 25 de outubro de 1983



Mesa Diretora da Sessão de Abertura presidida por Sergio Carlos Lupattelli, presidente do I SEMADER

Sessão de Abertura

Composição da mesa - Sergio Carlos Lupattelli - Presidente do I SEMADER e Vice-Presidente da Sociedade Brasileira de Silvicultura; Amantino Ramos de Freitas, diretor da Divisão de Madeiras do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo e coordenador da Câmara de Estudos para Madeira Industrial e de Processamento Mecânico, responsável pela coordenação técnica do I SEMADER; Sidon Keinert Junior, representante da Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná-FUPEF; José Nivaldo Garcia, representante do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais-IPEF; Nelson Pizzani, Presidente do Sindicato das Indústrias de Serrarias, Carpintarias e Tanoarias no Estado do Paraná; Renato Gomes Napoli, representante da Associação Brasileira de Indústrias de Madeira Compensada-ABIMCE e Nodário Raimundo Santos de Azevedo, Presidente da Associação Brasileira dos Produtores de Madeiras-ABPM

Locução de abertura

Sergio Carlos Lupattelli, considerando abertos os trabalhos, dá boas vindas aos presentes e informa que na preparação do Seminário adotou-se o critério de trazer para discussão todos os temas técnicos, tecnológicos, mercadológicos, políticos e científicos, ligados ao I SEMADER, temas esses a serem tratados com a maior objetividade possível. Consigna a seguir um agradecimento

especial à Federação das Indústrias do Estado do Paraná, que enviou todos os esforços no sentido de tornar viável, do ponto de vista logístico, a realização do Seminário em Curitiba, nas ótimas instalações em que foi sediado. Formula também agradecimentos ao IPT de São Paulo, representado por Amantino Ramos de Freitas, coordenador técnico do I SEMADER, à FUPEF e ao IPEF, bem como às demais entidades patrocinadoras (Sindicatos dos Madeireiros do Estado do Paraná / ABIMCE / ABPM).

Termina por informar que o Coordenador Técnico deve fornecer, a seguir, a metodologia de trabalho a ser adotada nos dois dias do Seminário, bem como a justificativa e os objetivos desse evento.

Amantino Ramos de Freitas, referindo-se ao seu trabalho de coordenação técnica, agradece os colaboradores da SBS, do IPEF, da FUPEF e do IPT que trabalharam arduamente na preparação da agenda, nos contatos com conferencistas e nas demais tarefas de organização. Agradece também aos próprios conferencistas que acederam prontamente aos convites do comitê técnico, dando contribuição consentânea com a crise reinante, por ter sido, essa contribuição, baseada em princípios de economia e comedido, com soluções ancoradas em técnicas e em hipóteses que garantirão a praticidade dos resultados almejados para o Seminário.



Amantino Ramos de Freitas, diretor setorial da SBS - coordenador técnico do I SEMADER



Sessão de Abertura - parte da assistência

A seguir afirma que a produção de madeira serrada no Brasil tem sido tradicionalmente baseada em coníferas, fato este que se identifica perfeitamente com a tendência verificada a nível mundial.

É bastante ver que em 1955, quase 85% da madeira serrada produzida no Brasil era representada por Araucária ou Pinho-do-Paraná, a única conífera nativa, produzida em quantidades significantes.

Todavia, a redução das reservas nativas do Sul e Sudeste e a ampliação da exploração florestal na Região Amazônica, fez decrescer consideravelmente a proporção de coníferas no total de madeira serrada no Brasil. Em 1970, 56% da produção era baseada em coníferas. Já em 1980, pela primeira vez, o Brasil produziu maior proporção de madeira serrada de folhosas, que atingiu 52% do total.

A tendência mundial entretanto continua a favorecer as coníferas como fonte de matéria-prima para madeira serrada e é muito pouco provável que o Brasil se afaste de maneira significativa dessa tradição.

Os reflorestamentos de Pinus, que representam hoje cerca de 1/3 da área total dos projetos incentivados, foram planejados com vistas a atender a demanda parcial ou total dos setores de polpa e papel, e de painéis à base de madeira.

Contudo, seja por um excelente planejamento a longo prazo - o que realmente é bastante improvável, ou seja ainda por mero ajuste entre uma demanda existente e uma oferta quase acidental, o fato é que há uns 4 ou 5 anos,

a madeira serrada de Pinus vem aparecendo no mercado, em substituição gradual do Pinho-do-Paraná, para múltiplos usos.

De uma participação muito pequena, de cerca de 5% do volume total de madeira serrada produzida em 1980, especialistas do setor prevêem do documento - "Brasil Florestal - ano 2000", que a madeira serrada de Pinus irá crescer no mercado, satisfazendo uma demanda de quase 8 milhões de m³ em 1985, mais de 9 milhões de m³ em 1990, chegando a 14 milhões de m³ no ano 2000, o que representa um crescimento acima de 17% ao ano.

Dessa forma, o Pinus tradicionalmente utilizado em todos os países do Hemisfério Norte, passa também a representar uma nova base para a indústria de madeira no Brasil.

É de se salientar, entretanto, que as dificuldades, que são muitas, poderão ser resolvidas através de iniciativas tais como a do I SEMADER, onde se buscam soluções pragmáticas para os problemas específicos do Pinus.

A seguir, Amantino Ramos de Freitas, reportando-se ao programa já distribuído, ressalta que o mesmo é dividido por sessões com palestras adequadas ao tema de cada sessão. São admitidas perguntas formuladas por escrito, nos espaços de tempo especialmente abertos para isso.

Sergio Carlos Lupattelli, retomando a palavra, reitera as recomendações feitas por Amantino Ramos de Freitas e torna a agradecer a presença de todos, dando por aberto o "I Seminário sobre Processamento e Utilização de Madeiras de Reflorestamento - I SEMADER".

Produção de madeira de qualidade para processamento mecânico

REINALDO HERRERO PONCE
(IPT/São Paulo-SP)

1. INTRODUÇÃO

O reflorestamento com Pinus spp., iniciado timidamente através de plantio isolado das indústrias de celulose e plantios experimentais privados ou governamentais, teve um grande impulso com os incentivos fiscais a partir de 1,966/1967, ocupando hoje cerca de 1,2 milhões de hectares.

Hoje, cerca de 15 anos após o início dos plantios mais extensos, a indústria de madeira de Pinus é uma realidade, os móveis de Pinus estão na moda, e fatores como o escasseamento da Araucária e o distanciamiento das fontes de madeiras nativas do Centro Oeste fazem com que sua demanda aumente.

A madeira de Pinus apresenta uma série de características que, se por um lado a tornam atraente, por outro, impedem sua utilização mais geral. Algumas dessas características consideradas negativas são causadas pela juventude da maioria dos povoamentos, outras são devidas à falta de cuidados na seleção das sementes, outras são devidas a deficiências no manejo, enquanto outras são ainda características intrínsecas das espécies consideradas

Hoje, quando se inicia a utilização dos Pinus em serraria, é chegado o momento de se preocupar com a qualidade, em contraste com os primeiros tempos quando a prioridade era a obtenção do máximo incremento. Os equipamentos de serraria existentes, para grandes produções, exigem toras uniformes para serem eficazes, aumentam também as exigências de qualidade para a madeira serrada.

Este trabalho pretende apresentar e discutir algumas características naturais e artificiais que afetam a qualidade das toras para produção de madeira serrada e, eventualmente lâminas para compensados.

2. DEFEITOS OU CARACTERÍSTICAS NATURAIS DAS MADEIRAS DE Pinus spp

A madeira por ser um produto da natureza, apresenta algumas vezes, características que são indesejáveis para o processamento industrial. A classificação destas características como defeito é fruto de uma atitude pragmática por parte do homem que pretende utilizá-la.

A seguir são apresentadas as características que afetam o processamento e o uso das madeiras de Pinus spp.

- MADEIRA JUVENIL

Na maioria das espécies arbóreas, a madeira dos primeiros 5 a 20 anos em redor da medula é JUVENIL, isto é, é relativamente leve, tendo fibras curtas e contendo menos celulose do que a madeira adulta formada nos anéis de crescimento mais

externos. Kubler (1980). As propriedades da madeira juvenil mudam progressivamente à medida que se distanciam da medula até atingir um nível mais ou menos uniforme da madeira adulta. Segundo Kubler (1980) tecidos de madeira juvenil parecem sempre crescer na região da copa da árvore, mas a árvore progride de madeira juvenil para adulta antes que os galhos morram e sequem. A maioria das espécies, e praticamente todas as árvores nestas espécies têm madeira juvenil, não importando a velocidade de crescimento. Em algumas espécies a madeira juvenil pode não ter uma das três características - baixa densidade, fibras curtas ou pouca celulose mas todas as três características tem o mesmo efeito: causam enfraquecimento da madeira. A madeira juvenil de conífera tende a contrair excessivamente na direção longitudinal e contribui sensivelmente para o empenamento da madeira serrada durante a secagem, mesmo quando não há madeira de reação. Em folhosas, o modelo de distribuição e forma dos vasos na madeira juvenil são geralmente diferentes das partes de madeira adulta do tronco, e lembram a madeira encontrada nos galhos.

A variação radial de densidade (sentido medula-casca) não mostra um padrão definido quando os lenhos são analisados isoladamente. Considerando-se ambos os lenhos de cada anel, a densidade aumenta rapidamente nos anéis próximos à medula, permanecendo a seguir mais ou menos constante. Ainda os comprimentos e larguras dos traquídeos, tanto para lenho primaveril como tardio, mostram um aumento acentuado praticamente linear até o 5º ou 6º anel de crescimento, características típicas de madeira juvenil. A partir do 7º anel, o aumento do comprimento é menos acentuado, tendendo para um valor mais ou menos constante.

Em Pinus taeda, madeira juvenil, o comprimento dos traquídeos varia de 2,93 a 3,78 mm e em madeira adulta de 4,00 a 4,97 mm (Wheeler et alii, 1966) citado por Dorman (1976).

A madeira juvenil não pode ser facilmente reduzida ou eliminada das toras de madeira em termos absolutos, mas pode ser reduzida em termos relativos através do aumento dos diâmetros.

- MADEIRA DE COMPRESSÃO

Madeira de compressão é a madeira de reação encontrada nas coníferas. "Madeira de reação é a madeira que reorienta a árvore a posições mais confortáveis" Kubler (1980).

As percentagens do volume comercializável composto de madeira de compressão foram:

- . em árvores perfeitamente retas - 6%
- . em árvores intermediárias ou médias - 9%
- . em árvores tortas - 16%
- . em árvores excessivamente curvas - 67%

A madeira de compressão é geralmente indesejável em muitos produtos, exemplo: lápis.

Em Pinus taeda ocorrem diferenças significativas no volume de madeira de compressão visível em árvores com diferentes graus de lenho espiralado. (Zobel & Hought),

A madeira de reação é reconhecida nas toras pela presença de anéis de crescimento excêntricos, e por uma transição mais gradual entre madeira de primavera e madeira de verão do que a madeira normal. Há, portanto, menor controle entre os dois lenhos. Outra característica é aparência não lustrosa, sem vida desta madeira comparada com a madeira normal. Madeira de compressão tem também maior densidade do que madeira normal, todavia sua resistência ao impacto ou à tração paralela às fibras é baixa com base na densidade. Quando a madeira de compressão é fraturada há falta de farras, que geralmente acompanha a fratura da madeira normal.

A contração longitudinal na madeira normal é praticamente negligível (0,1 a 0,2%), enquanto que na madeira de compressão já foram observadas contrações, que atingiram 6 ou 7%.

É muito difícil separar a madeira de compressão durante a operação de serraria, a não ser quando há intensa excentricidade, todavia a madeira de reação é crítica somente em casos especiais como por exemplo- a) quando representa parte significativa de uma peça; b) quando a peça não pode sofrer deformações mínimas; c) quando uma peça, constituída basicamente de madeira normal, é colada face a face com madeira de compressão. Quando isto acontece e há alteração de unidade do conjunto, há intenso arqueamento da peça, isto é comum com lápis quando não há controle da madeira de compressão.

Na fabricação de móveis de painéis colados de Pinus eliottii não tem sido evidente a deformação causada por madeira de compressão.

- FORMA DO TRONCO E DA COPA

Em sua região de ocorrência natural o Pinus taeda apresenta forma do tronco e copa relativamente inferiores a outras espécies. Os galhos tendem a ser longos e de diâmetros relativamente grandes, os troncos frequentemente apresentam tortuosidade e bifurcações.

Existem grandes diferenças entre os indivíduos da espécie Pinus taeda. A despeito dos fatores ambientais, que contribuem com a variação fenotípica, muitas das características da forma tem base genética, o que já foi indicado por testes de prole. Descendentes de rápido crescimento podem ter galhos relativamente curtos. Testes de prole tem indicado, que árvores mãe com galhos pequenos tendem produzir descendentes com galhos pequenos.

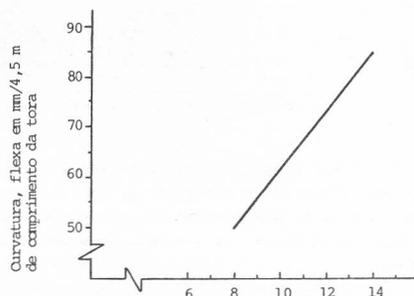
Retidão do tronco é de vital importância no rendimento e qualidade da madeira serrada ou madeira laminada. As primeiras evidências de hereditariedade da retidão dos troncos em Pinus taeda foram observadas na Austrália em 1948, onde árvores descendentes de árvore mãe de troncos retos tiveram o dobro da percentagem de caules retos em comparação com descendentes de árvores não selecionadas.

Conicidade é a diminuição excessiva do diâmetro do tronco da base para a copa. De acordo com o Prof. Grosser, o tronco pode ser classificado como cônico, quando a diminuição é maior do que 1 cm por metro linear.

Larson (1963) citado por Kageyama & Fonseca (1979) concluiu que a conicidade do tronco é razoavelmente bem correlacionada com o tamanho da copa e com o grau de desrama do tronco. Árvores apresentando maior comprimento do tronco livre de galhos, consequentemente menor copa, geralmente, são mais cônicas, esta afirmativa é reforçada por vários autores.

A conicidade e principalmente a tortuosidade são fatores extremamente importantes no processamento em serraria ou laminação, o rendimento e a qualidade são drasticamente afetados. Na Figura nº 1 são apresentados dados suecos sobre o efeito da curvatura de toras. Além da diminuição do rendimento há ainda diminuição da qualidade e também diminuição da produtividade.

Figura nº 1 - Diminuição do rendimento das toras em comparação com toras retas de 4,5 m de comprimento em %



- NÓS

O nó é a porção de um galho que se incorporou ao caule da árvore. A influência de um nó nas propriedades mecânicas de um produto é ocasionada pela interrupção da continuidade e mudança na direção das fibras da madeira. A influência dos nós depende de seu tamanho, localização, forma, simetria, desvio das fibras da grã vizinha e tipo de esforço a que a peça está sujeita.

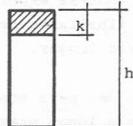
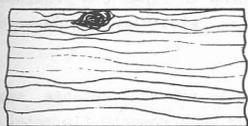
A forma de um nó, que aparece em uma superfície serrada depende da direção do corte. Quando um galho é serrado em ângulos retos com seu eixo longitudinal, resulta um nó aproximadamente redondo; quando cortado diagonalmente, aparece um nó oval, e quando serrado longitudinalmente é aliforme.

O nó diminui a maioria das propriedades mecânicas em virtude de: (1) a madeira limpa é substituída pelo nó, (2) as fibras em redor do nó são distorcidas causando grã transversal, (3) a discontinuidade das fibras da madeira levam à concentrações de tensões, e, (4) frequentemente ocorrem fendas nos nós durante a secagem.

Peças de madeira submetidas a tensões uniformes são menos afetadas por nós do que aquelas carregadas de outras maneiras. Por exemplo, em uma viga apoiada nos dois extremos, nós na parte inferior sofrem tração, enquanto aqueles da parte superior são colocados em compressão, e aqueles no centro ou perto da linha neutra sofrem cisalhamento horizontal. Um nó tem efeito marcante na carga máxima a ser suportada por uma viga, quando localizado na parte tracionada, no ponto de tensão máxima; nós na parte comprimida são menos sérios.

Para efeito de determinação da resistência o nó é considerado como um furo na madeira, reduzindo assim a seção transversal da peça, conforme Figura nº 2. O momento de inércia de uma viga com seção transversal, reduzida pela presença de um nó, é corrigida através do Fator de Resistência, $FR = (1 - k/h)^2$.

Figura nº 2 - Nô na madeira serrada, secção transversal perdida



Desta maneira um nó é tanto mais importante, quanto menor a peça em que está contido.

A presença de nós pode ser controlada ou, pelos menos reduzida através de vários tipos de ação:

1. Controle da proveniência das sementes, pois a forma da copa, desrama natural, ângulo dos galhos são caracteres hereditários, que influenciam na presença de nós, logo, estes fatores devem ser considerados para os programas de melhoramento florestal. Deve-se dar sempre preferência para árvores matrizes com copas pequenas, galhos finos e que façam ângulo reto com o tronco.
2. Poda artificial. Apesar das dificuldades e dos custos envolvidos, a poda artificial é uma das maneiras de melhorar a qualidade das árvores de povoamentos já estabelecidos. Montagna et alii (1976) observaram, que o *Pinus elliottii*, submetido a desrama artificial a partir de 6 anos, não apresentou diferenças significativas nos diâmetros médios, quando foram desramados até 45% da altura da árvore, e que a altura média das árvores desramadas até 75% da altura não se diferenciou das não submetidas a desrama. A desrama artificial tende a reduzir a conicidade dos troncos, pois o crescimento diametral é relativamente maior na parte do tronco que contém a copa.

- LENHO DE PRIMAVERA E LENHO TARDIO

A proporção de lenho tardio cresce da medula para fora, mas decresce do nível do solo para o topo da árvore no mesmo anel de crescimento.

Em suas regiões de origem, o lenho tardio é duas ou três vezes mais denso do que a madeira de primavera.

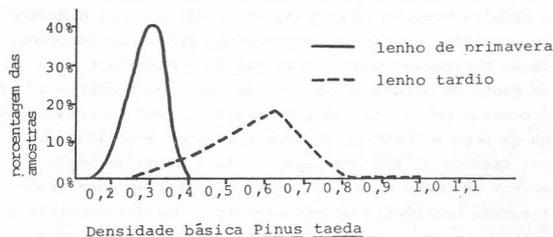
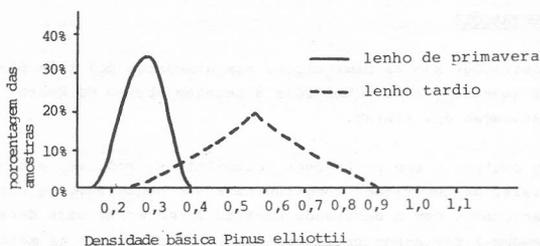
A Figura nº 3 apresenta as distribuições da densidade básica do *Pinus elliottii* e *Pinus taeda*, nos E.U.A.

As grandes diferenças entre os dois lenhos é um problema bastante sério, pois é muito difícil usinar a madeira com anéis tão diferentes entre si no torneamento, por exemplo: usando-se ferramentas com ângulo de afiação relativamente grandes há arrancamento de pedaços do lenho primaveril, ocasionando desclassificação de peças, e necessidade excessiva de lixamento; e caso se utilize ângulos de afiação muito agudos, o fio pode ser comprometido pela madeira mais densa do lenho tardio. Nota-se também desvio das brocas principalmente quando a madeira é furada no topo.

A grande diferença é também notada, quando em carpintaria a madeira é pregada. Dependendo da posição dos anéis a ponta do prego é desviada saindo então da direção desejada.

A pouca dureza da madeira de lenho primaveril é um obstáculo à utilização das madeiras de *Pinus*, prejudicando sua utilização em mobiliário, onde há necessidade de resistência à deformação por pressão localizada, tais como mesas, escriturinhas e mesmo assoalhos ou tacos.

Figura nº 3 - Distribuição da densidade básica de madeira de primavera e de verão em amostras não submetidas a extração de resina. Fonte: Koch, 1972.



As relações de periodicidade de crescimento no crescimento total anual, e as proporções de lenho de primavera e de lenho tardio em árvores de diferentes capacidades de crescimento, não são ainda bem conhecidas, Dorman (1976).

- GRÃ ESPIRALADA

Em um estudo efetuado na África do Sul, com *Pinus taeda* e *Pinus elliottii*, cerca de metade das árvores tinham grã espiralada para a direita e metade com madeira espiralada para a esquerda, enquanto em ambiente parecido, *Pinus patula* tinha predominantemente espiral para a esquerda. O *Pinus patula* tinha também maior espiralidade do que o *Pinus taeda* - Gerischer & Kromhout, (1964) citado por Borman (1976).

Excessiva espiralidade da grã causa empenamentos, torcimento, e perda da resistência da madeira, Gerischer & Kromhout (1964) citado por Dorman (1976) concluiu que espiralidade da grã era considerada de suficiente importância para ser incluída em critérios de seleção para trabalhos de melhoramento genético.

Não há informações quanto à ocorrência de madeira espiralada nas espécies de *Pinus* introduzidas no país, é provável que tal defeito ocorra, deve haver falta de estudos a respeito.

A inclinação da grã somente é relevante para uso da madeira em serraria quando ultrapassa 7° com o eixo longitudinal da peça a este valor aparentemente não ocorre com frequência.

- GRÃ TRANSVERSAL OU DIAGONAL

O termo grã transversal ou grã inclinada (cross grain) é aplicado para qualquer condição, em que o alinhamento das fibras não é paralelo ao maior eixo da peça de madeira. Quando esta condição é muito séria para afetar a resistência da madeira usada estruturalmente, ela deve ser considerada um defeito.

A grã diagonal ocorre nas vizinhanças dos nós, nas árvores espiraladas, bifurcações, pode ser produzido também no processamento devido a práticas inadequadas na serraria. Quando

do há muita conicidade em uma tora e o corte é feito paralelo à medula ou paralelo à casca oposta à serra, invés de paralelo à casca do lado da serra, o resultado apresenta madeira com fibras diagonais.

- CONTRAÇÕES

Contrações são as diminuições nas dimensões dos três planos da madeira, quando submetidas à secagem abaixo do Ponto de Saturação das Fibras.

Em contraste com contrações volumétricas, radiais, e tangenciais, as contrações longitudinais são negativamente correlacionados com a densidade básica. As madeiras mais densas tendem a ter menor contração longitudinal do que as madeiras mais leves.

A madeira vizinha da medula, cerca de 10 cm de diâmetro para as condições de rápido crescimento, apresenta tendência a intensa contração longitudinal quando a madeira é seca abaixo do Ponto de Saturação das Fibras, caso na serraria a medula é deixada em um dos lados da seção da peça serrada, esse lado da peça se contrai durante a secagem arqueando assim a peça. Ensaios no IPT com peças de 40 x 80 mm de seção por 3,6 metros de comprimento de Pinus elliotii apresentaram significativa ocorrência de arqueamento. Uma das maneiras de se evitar este problema é encaixar a medula em uma peça de seção relativamente grande, um pontalete, por exemplo.

- DENSIDADE

Em sua região de origem o Pinus taeda tem densidade básica de 0,40 a 0,68 em variados ambientes.

"Informações indicaram que um clone de rápido crescimento pode ter densidade básica alta ou baixa, concluiu-se que através de seleção, rápido crescimento pode ser combinado tanto com alta ou baixa densidade" Dorman (1976).

Na Tabela nº 1 são apresentadas densidades básicas de várias espécies de Pinus tropicais em regiões de solo de serrado, em diferentes idades, citado por Bertolani (1980).

Tabela nº 1 - Densidade básica da madeira, g/cm³

ESPÉCIES	IDADE - ANOS					
	05	06	07	12	13	14
<u>Pinus oocarpa</u>		0,390		0,413	0,443	
<u>Pinus caribaea</u> var. <u>hondurensis</u>		0,351		0,408		0,417
<u>Pinus caribaea</u> var. <u>caribaea</u>	0,372					
<u>Pinus caribaea</u> var. <u>bohmenensis</u>		0,374				
<u>Pinus kesiya</u>			0,352	0,379		0,390

Fonte: Ferreira et alli (1979)

Pode-se verificar que a densidade básica aumenta rapidamente até o 6^o 7^o ano, então começa a crescer com menor velocidade.

- ÂNGULO FIBRILAR

O ângulo fibrilar nos traqueídeos tem um efeito importante nas contrações da madeira e nas propriedades das fibras,

devido ser incluída nos estudos de qualidade da madeira, Dorman (1976).

O comprimento dos traqueídeos e a espessura das paredes têm apresentado correlação negativa com o ângulo fibrilar. Logo, pode-se esperar, que árvores de Pinus com pequenos ângulos fibrilares produzam madeira relativamente densa e com fibras longas.

As ações para controle do ângulo fibrilar somente são viáveis a longo prazo, através do melhoramento florestal.

- MADEIRA RESINADA

A madeira de Pinus, quando submetida a resinagem, reage às injúrias físicas e químicas através de produção excessiva de resina. O excesso de resina praticamente satura a madeira do setor injuriado.

A madeira impregnada de resina tem efeito negativo sobre a aparência e não deve ser utilizada em peças como: móveis, lambris, forros, etc., onde a aparência é fator importante. A resina não altera a estrutura da madeira, mas simplesmente penetra nos tecidos já formados. Testes efetuados no IPT com Pinus elliotii submetida a resinagem obtiveram os seguintes resultados: 1) a massa específica da madeira impregnada a 15% de umidade foi 58,6% maior em relação à madeira normal, 0,909 g/cm³ e 0,573 g/cm³ respectivamente, esta diferença é causada basicamente pelo acréscimo da massa da resina; 2) não houve diferença significativa, quanto à estabilidade dimensional; 3) flexão estática, compressão paralela às fibras e flexão dinâmica foram significativamente superiores para madeiras resinadas, tanto verdes como secas a 15%, o limite de resistência à flexão das madeiras quando a 15% não apresentaram diferenças significativas a 5% de probabilidade, estas diferenças todavia não são proporcionais às diferenças na massa específica. Ainda não foram estudados os efeitos na colagem e de acabamento com seladoras e vernizes.

É importante considerar os efeitos da resinagem na árvore na programação da resinagem.

3. FATORES QUE AFETAM A QUALIDADE DA MADEIRA PARA PROCESSAMENTO

São discutidos a seguir uma série de fatores que afetam direta ou indiretamente a qualidade e os custos de produção dos produtos finais.

- TAMANHO DAS TORAS

Qual seria a tora ideal para uma serraria ?

A tora ideal é aquela que com um mínimo de custo de produção produz o máximo rendimento em madeira de qualidade. Logo, a tora ideal é aquela com um mínimo de defeitos, com dimensões que permitem a máxima obtenção de produto exigido pelo mercado na unidade de tempo.

Em serrarias especializadas em toras de coníferas de pequenos diâmetros a produtividade cresce abruptamente, quando se considera toras a partir de 15 cm até 30 cm, a partir de 30 cm o crescimento é menos acentuado, o custo de produção então decresce drasticamente de 15 a 30 cm de diâmetro de tora.

Outro detalhe é a qualidade da madeira que cresce sensivelmente acima de 10 cm, isto é, a partir do diâmetro em que cessou a produção de madeira juvenil é iniciada a formação de madeira normal.

A distribuição dos nós no tronco da árvore é tal, que nas primeiras toras a partir da base, os nós estão concentrados na região central, existindo então nas toras com maior diâmetro, razoável quantidade de madeira de qualidade.

A colheita florestal é também influenciada pelo diâmetro das árvores, existindo equipamento adequado para as várias fases o custo da colheita decresce sensivelmente com o aumento dos diâmetros, deve-se ter em conta, que os custos de colheita e transporte são significativos na composição total dos custos.

Parece evidente que para a serraria e, por extrapolação, para produção de lâminas desenroladas, os diâmetros das toras devem tender para os 30 cm, logo todos os esforços devem ser feitos para que o suprimento das toras para as indústrias seja direcionado no sentido da utilização mais eficiente do equipamento disponível.

Um aspecto que deve ser considerado é a relativa juventude dos povoamentos existentes e o estágio de crescimento da maioria das florestas, logo encontra-se em um período de transição a madeira de Pinus atualmente sendo produzida e comercializada.

FATORES AMBIENTAIS

Os mais importantes fatores ambientes são :

- Fertilidade do solo, que influencia a taxa de crescimento.
- Disponibilidade de umidade, que pode afetar a taxa e o comprimento do período da estação de crescimento.
- Idade das árvores, que incluem um intervalo de juvenil a madura.
- A densidade ou número de árvores por unidade de área nos talhões, que influenciam a competição.
- Os desbastes ou outras retiradas para melhoria que podem ser feitas durante a vida do talhão, os quais influenciam os tipos de árvores removidas ou deixadas.

Em um estudo de fertilizantes, baseado em 120 árvores de Pinus taeda (Posey, 1964), a árvore média respondeu à fertilização com um aumento no crescimento, diminuição na densidade básica, diminuição na espessura da parede dos traqueídeos e diminuição do comprimentos dos traqueídeos. Todavia, 24 das árvores responderam diferentemente da média e mostraram diminuição no comprimento dos traqueídeos com diminuição das demais características.

As condições de umidade, quando críticas, podem afetar o crescimento e a qualidade da madeira. Foi observado em uma plantação de Pinus taeda no Estado de Arkansas com espaçamento de 1,8 x 1,8 m. Após um desbaste pesado, mostrou triplificação do crescimento radial, e também um aumento significativo na densidade básica e percentagem de lenho tardio, Smith (1968) citado por Dorman (1976).

As interrelações entre umidade do solo, crescimento da árvore e propriedade da madeira são complexos.

O espaçamento das plantações tem um efeito modesto, se algum, na qualidade da madeira, mas pode ter efeito significativo na qualidade da árvore e volume produzido.

Banks & Schwegmann (1957) citado por Dorman (1976) encontraram pequena relação entre densidade básica de Pinus taeda e o espaçamento das árvores, Hamilton & Mathews (1965) encontraram, que o espaçamento teve pequeno efeito na densidade básica nos anéis externos, mas observaram que árvores dominantes e co-dominantes tiveram maiores percentagens de lenho tardio e maior densidade básica do que árvores intermedeárias e dominadas.

- IDADE

Em 65 árvores de Pinus taeda, na Carolina do Sul, foram obtidas significativas correlações positivas entre a idade da árvore, a densidade básica, a percentagem de lenho tardio, o comprimento da fibra, a espessura da parede celular, o rendimento de polpa, e correlações negativas significativas entre a idade e percentagem de madeira juvenil, lignina Einspahr et alli citado por Dorman, 1976).

O comprimento dos traqueídeos aumentou rapidamente com a idade do anel, e depois tornou-se constante para a maioria das árvores.

A idade é positivamente correlacionada com as dimensões da árvore e, conseqüentemente, das toras, é então um fator muito importante na produção de madeira para o processamento mecânico.

4. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

As florestas de Pinus têm muita potencialidade para a produção de madeira serrada e laminada. O estágio atual é de transição, onde a qualidade da madeira ainda não atingiu seu melhor patamar, o qual será atingido no fim das rotações. Existem práticas de manejo florestal que permitem valorização da madeira nos talhões, tais como podas e desbastes. O melhoramento florestal pode melhorar a qualidade das florestas futuras. Existe demanda para a madeira de Pinus em virtude da diminuição das reservas de Araucaria e de folhosas do sul do país e do distanciamento das reservas nativas da região centro-oeste. Existe então grandes perspectivas e potencialidades para a melhoria da madeira de Pinus.

É importante chamar a atenção para um aspecto essencial da atividade florestal-madeireira, a medição e classificação de toras, aos quais não tem sido dada a consideração que merecem. De acordo com as informações disponíveis, as toras de Pinus são ainda medidas em estere, e na maioria das vezes não sujeitas a algum tipo de classificação.

A medição de toras para serraria como madeira empilhada, em esteres, tende a dar maior valor em cruzeiros por metro cúbico, para toras mais finas, mais tortuosas e com mais casca, em detrimento das toras de melhor qualidade, isto é, mais retas, mais cilíndricas e com maiores diâmetros. Uma consequência deste método de medição é uma baixa correlação entre o custo da tora e o volume e qualidade do produto obtido.

A falta de um sistema de classificação e valorização diferenciada para toras de qualidades e rendimentos potenciais diferentes, além de impedir uma boa correlação entre custo da tora e valor do produto, pode ainda inviabilizar, na análise econômica, projetos de melhoria de povoamentos ou de melhoramento florestal.

É recomendável então, a adoção de um método de medição e classificação de toras que seja abrangente, prático, econômico e, que atenda aos interesses tanto dos produtores de toras como os compradores.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERTOLANI, F. (1980): Programas em andamento e problemas básicos em florestas implantadas de Pinheiros, in Simposio IUFRO Em Melhoramento Genético e Produtividade de Espécies Florestais de Rápido crescimento, São Paulo.
- BARRICHELO, L.E.G. (1980): Pinus caribaea var. hondurensis - Principais características de madeira sob o ponto de vista tecnológico, ISSN-0100-3453.
- BARRICHELO, L. E. G. & BRITO, J. O. (?): Correlação entre teor de lenho tardio e densidade básica para espécies do gênero - Pinus, Circular Técnica IPEF nº 30.

Considerações básicas sobre desdobro de *Pinus* spp

JOAQUIM ALVES DE ARAUJO VIANNA NETO
(IPT/São Paulo-SP)

1. INTRODUÇÃO

A produção e comercialização de madeira serrada de *Pinus* spp, está aumentando consideravelmente nos últimos anos, e segundo estimativas da Associação Brasileira de Produtores de Madeira ABPM, deverá atingir cerca de 50% da produção global de madeira nos estados do sul do país a partir de 1986, e consequentemente assumir a liderança absoluta de ofertas de madeira no mercado regional, a partir dessa data.

Comparando-se a evolução da participação do pinus em relação ao pinho e folhosas a partir de 1978, segundo dados levantados pelo IBDF no Paraná, apesar da redução dos níveis de produção global de 2,5 milhões de metros cúbicos totais de madeira serrada em 1978, para 1,4 milhões de metros cúbicos para as três classes de madeira, o percentual de participação de produção do pinus em relação ao total, subiu de 0,4% em 1978 para 10,0% em 1982, contra a queda do pinho de 55,0% em 1978 para 41,0% em 1982.

Estes fatos demonstram a real importância do gênero pinus na economia do setor madeireiro e a urgência com que os produtores de madeira deverão ter acesso a alternativas tecnológicas para processar adequadamente esta matéria-prima, visando oferecer um produto condizente com exigências do mercado consumidor.

As toras de pinus que estão abastecendo as serrarias, na sua grande maioria são procedentes de primeiros desbastes, e como consequência, material de pequenas dimensões que pelo seu rápido crescimento, e pouca idade apresentam características específicas na qualidade da madeira, que devem ser cuidadosamente analisadas, por ocasião da transformação em produtos serrados.

Este trabalho tem por objetivo apresentar alguns aspectos básicos, no desdobro de toras, e na otimização do aproveitamento da matéria-prima de pinus, visando a obtenção de um produto diferenciado para cada aplicação.

Estão relatados aspectos teóricos e práticos relacionados com os sistemas de desdobro, com os fatores que interferem no rendimento volumétrico, na qualidade da madeira e na própria rentabilidade do processamento industrial do pinus.

2. SISTEMAS DE DESDOBRO

O sistema de desdobro de toras, nada mais é do que o processo utilizado para serrar uma tora, transformando uma peça de seção circular em peças de seção quadrangular.

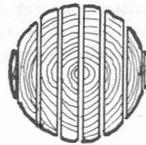
Existem inúmeros sistemas que podem ser adaptados às mais va-

riadas espécies e formas da tora, mas do ponto de vista geométrico e anatômico, pode-se resumir como sendo três as possibilidades que englobam praticamente todas as variantes de desenhos de corte de uma tora.

2.1. Corte em função dos anéis de crescimento

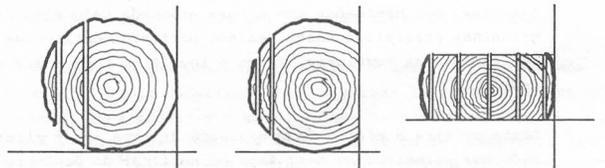
Produz peças com faces tangenciais ou radiais. As peças tangenciais são obtidas através de um desenho de corte onde a tora é serrada em cortes paralelos uns aos outros, e a maioria das peças são obtidas no plano tangencial aos anéis de crescimento (Figura 1 e 1a).

FIG. 1 - CORTE TANGENCIAL



PEÇA TANGENCIAL

FIG. 1A - CORTE TANGENCIAL



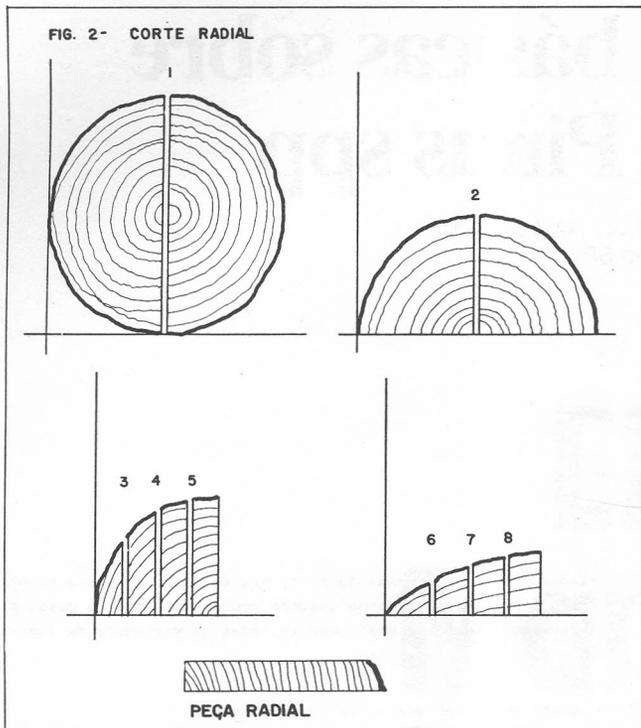
Devido principalmente a simplicidade na sua aplicação e a possibilidade de ampla utilização para qualquer dimensão de tora, é o sistema frequentemente mais utilizado, em comparação ao corte radial que exige um maior número de operações e cuidado no manuseio da tora para a obtenção das peças radiais.

O corte radial é aquele em que a serra intercepta perpendicularmente os anéis de crescimento, e no sentido radial da tora (Figura 2). Este sistema só é utilizado em situações onde algumas características específicas da madeira, sejam desejadas, como por exemplo madeira para instrumentos musicais.

2.2. Cortes em relação ao eixo longitudinal da tora

Em função da conicidade existente na maioria das toras e particularmente nas coníferas, podem ser adotados dois sistemas

FIG. 2- CORTE RADIAL



de desdobro em relação ao eixo longitudinal da tora:

2.2.1. Cortes paralelos ao eixo longitudinal

Representa a quase totalidade dos sistemas utilizados nas serrarias, e basicamente consiste no método tradicional de eliminar a conicidade, ou a diferença entre os diâmetros dos topos, serrando costaneiras com espessuras que variam de uma ponta para outra, e obtendo-se peças serradas paralelas ao eixo longitudinal. Todos os equipamentos disponíveis podem efetuar este corte.

2.2.2. Cortes paralelos à casca

Neste sistema os primeiros cortes para eliminação das costaneiras, são efetuados com a tora alinhada pelo eixo longitudinal paralelo à casca, saindo portanto costaneiras com espessuras regulares, finas e iguais em toda a sua extensão.

Desta maneira o efeito da conicidade da tora não é eliminado nos primeiros cortes, ficando no final do desdobro uma peça central em forma de cunha que conterá a medula e as partes adjacentes da mesma, geralmente com madeira juvenil.

Este sistema é recomendado para obtenção de peças estruturais, pois propicia à madeira serrada melhores características mecânicas devido ao menor percentual de seccionamento da grã da madeira, em comparação com o sistema tradicional. O aparecimento de defeitos de secagem também é diminuído, com este sistema, em comparação com o método convencional.

Os grandes inconvenientes deste método e as justificativas para a sua pouca utilização são os fatos de que ele provoca uma sensível redução no rendimento volumétrico, gasta maiores tempos com o desdobro, chegando na grande maioria dos casos a não compensar economicamente os ganhos com a qualidade e maior preço das peças estruturais em comparação com os baixos valores de produtividade e rendimento para a sua produção.

A literatura não recomenda este sistema para madeiras de coníferas.

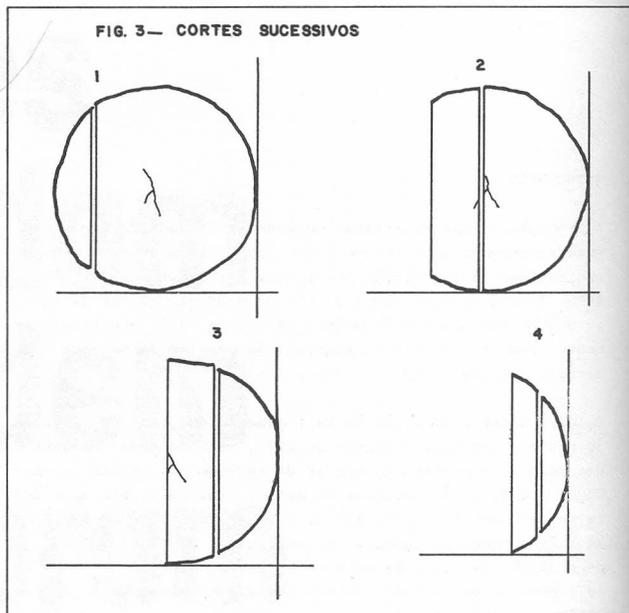
2.3. Desdobro segundo a seqüência dos cortes

A seqüência de cortes depende basicamente do tipo de equipamento utilizado, podendo ser resumida em:

2.3.1. Cortes sucessivos

São cortes efetuados de maneira continuada, paralelos entre si e sempre no mesmo sentido. Geralmente são produzidos por serra circular simples com carro ou, serra de fita simples, com carro (Figura 3).

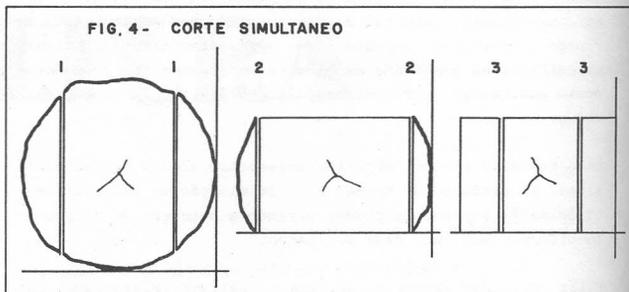
FIG. 3- CORTES SUCESSIVOS



2.3.2. Cortes simultâneos

Este sistema de corte é geralmente efetuado por equipamentos que possuam duas ou mais serras que desdobram a tora simultaneamente. Serras de fita duplas, quadruplas e serras alternativas, podem ser utilizadas retirando duas costaneiras, ou transformando em cavacos, caso seja utilizado picador-perfilador (Figura 4).

FIG. 4- CORTE SIMULTANEO

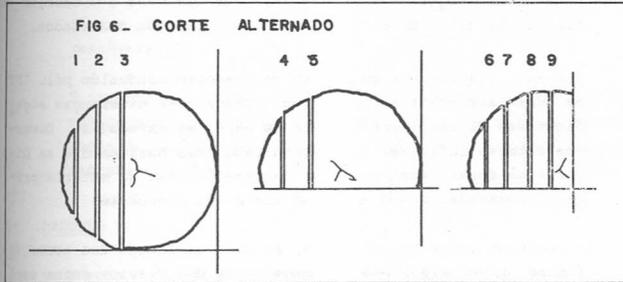


Na África do Sul e Austrália, este sistema tem sido citado como o sistema que vem apresentando bons resultados em espécies de rápido crescimento, para alívio de tensões durante o desdobro.

2.3.3. Cortes alternados

São normalmente utilizados com serra de fita simples com carro ou serra circular com carro para toras. Os primei-

ros cortes são efetuados sucessivamente numa face da tora para depois voltar a mesma, e serrar em outro plano, abrindo novas faces, que poderão ser paralelas ou perpendiculares às primeiras (Figura 5).



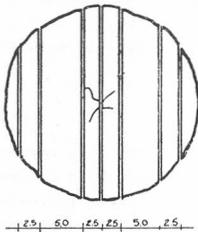
2.3.4: Sistemas de desdobro específicos para o *Pinus* spp

Estudos realizados no E.U.A. e na África do Sul, bem como algumas experiências desenvolvidas pelo IPT, demonstram que no caso do *Pinus*, de rápido crescimento e com a presença de madeira juvenil envolvendo a medula da tora, é recomendado a utilização de desenhos de cortes especiais, que levem em consideração as características da espécie, para a obtenção de produtos adequados à utilização.

Para a obtenção de peças estruturais, deve-se evitar a região central da tora, de baixa resistência mecânica e muito quebradiça, procurando adotar sistemas de corte que produzam peças das partes externas das toras.

Na África do Sul as técnicas frequentemente recomendados, visam orientar o desdobro de toras de tal maneira que da parte central sejam obtidas peças de pouca espessura, onde a medula seja dividida em pelo menos duas peças cuja utilização só pode ser recomendada onde as características mecânicas e estéticas não forem importantes (Figura 6).

Figura 6 - Desenho de corte para toras de até 25 cm de diâmetro.



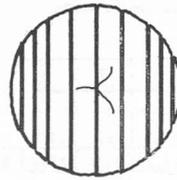
No Brasil, apesar do mercado de madeira serrada de *pinus* não haver encontrado ainda um perfil definido de utilização, na atualidade, grande parte da produção vem sendo destinada para a utilização em móveis, construção civil, artefatos de madeira, aparelhados (lambri, forro, etc.) e embalagens.

O IPT de acordo com experiências efetuadas na sua serraria piloto, e levando em consideração a dimensão da tora, a dimensão da peça serrada, a utilização final da madeira e as características da espécie, sugere alguns desenhos de corte para serras alternativas:



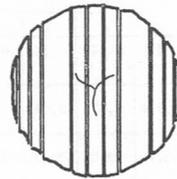
DESENHO DE CORTE DC-1

- . toras até 18,0 cm de diâmetro
- . produtos: pontalotes, sarrafos para móveis e lambris
- . montagem: 1 bloco central 7,5 cm
2 peças laterais 2,5 cm
4 peças externas 1,4 cm
- . nº de serras: 8



DESENHO DE CORTE DC-2

- . toras até 18,0 cm de diâmetro
- . produtos: tábuas, sarrafos e ripas para lambris
- . montagem: 4 peças centrais 2,5 cm
4 peças externas 1,4 cm
- . nº de serras: 9



DESENHO DE CORTE DC-3

- . toras acima de 25 cm de diâmetro
- . produtos: tábuas, peças estruturais e lambris
- . montagem: 2 blocos laterais de 5,0 cm
3 peças centrais de 2,5 cm
4 peças externas de 1,4 cm
- . nº de serras: 10

3. RENDIMENTOS VOLUMÉTRICOS

Um grande número de fatores interferem no volume de madeira serrada obtido de uma tora, incluindo portanto, no rendimento volumétrico, que é a relação percentual entre o volume de madeira serrada e o volume sólido geométrico da tora.

Aspectos ligados a engenharia de produção:

- tipo do equipamento
- tipo de matéria-prima
- tolerâncias e sobremedidas para secagem, aparelhamento e desvios da serra
- espessura do corte no desdobro (fio de serra)
- afiação e manutenção de serras

Aspectos ligados ao sistema de desdobro:

- tipo de produto
- desenho de corte
- aproveitamento de sub-produtos (costaneiras, cavacos, retilos, destopos, etc.)

No caso específico da utilização do *pinus* os aspectos ligados a melhoria de rendimento são muito importantes, devido principalmente a pequena dimensão das toras, o manuseio é maior, havendo necessidade de uma racionalização operacional.

Uma serraria que desdobra *pinus* com diâmetro de aproximadamente 15 cm de diâmetro, precisa serrar 16 vezes o volume de toras, para produzir o mesmo volume de madeira serrada de uma serraria que desdobra toras com 60 cm de diâmetro. Isto se deve ao fato de que o diâmetro de uma tora varia ao quadrado na obtenção do volume. Conclui-se que movimentar um grande volume de peças pequenas, requer um contínuo aperfeiçoamento e melhoria de desempenho, que na maioria das vezes deve começar pelo rendimento volumétrico.

O IPT vem desenvolvendo estudos com algumas espécies de *pinus* analisando a influência de fatores como a forma e dimensão da tora no resultado do rendimento volumétrico (Quadro 1).

Conceitos pré-estabelecidos:

Forma:

- tora reta, com pouca conicidade A
- tora reta, com muita conicidade B
- tora tortuosa, em uma direção C
- tora tortuosa, em duas direções D

Dimensão:

- diâmetro no topo menor - grande (acima 21,1) 1
- diâmetro no topo menor - médio (18,1 a 21,0) 2
- diâmetro no topo menor - pequeno (15,0 a 18,0) 3

Quadro 1 - Estudo de rendimento volumétrico para um lote de 10 toras de *Pinus elliottii*

Toras	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Dimensão										
φ topo menor (cm)	18,2	18,9	16,2	23,2	15,6	17,2	21,1	17,2	16,7	17,7
φ topo maior (cm)	19,5	21,9	17,2	26,6	17,1	22,2	23,3	23,7	20,5	22,5
Comprimento (m)	3,64	3,62	3,74	3,63	3,78	3,77	3,81	3,76	3,77	3,63
Conceito										
Forma da tora	A	A	C	B	A	D	A	D	C	C
φ topo menor	2	2	3	1	3	3	1	3	3	3
Volume sólido tora (m ³)	0,102	0,118	0,082	0,177	0,080	0,115	0,147	0,123	0,102	0,115
Volume madeira serrada (m ³)	0,049	0,064	0,034	0,094	0,038	0,044	0,073	0,043	0,042	0,040
Rendimento volumétrico (%)	48,0	54,0	41,5	53,0	47,6	38,4	49,5	35,0	41,0	34,7

Fonte: Relatório IPT nº 17.267

Analisando-se o Quadro 1, pode-se tirar algumas conclusões a respeito dos resultados:

- A variação de rendimento volumétrico das madeiras serradas foi de 34,7 a 54,0%, bastante elevado.
- As toras que obtiveram rendimentos volumétricos superiores a 48,0%, foram classificadas como retas (A ou B) e com diâmetro acima de 18,1 cm no topo menor da tora (1 ou 2).
- As toras que obtiveram rendimentos volumétricos inferiores a 42,0% foram classificadas como tortuosas em uma (C) ou duas direções (D) e nas classes de diâmetro abaixo de 18,0 cm no topo menor da tora (3).
- No lote de 10 toras, 4 estavam com comprimentos reais abaixo do nominal, influenciando no rendimento volumétrico.
- A tora que obteve o maior rendimento volumétrico foi classificada como A2 e a tora que obteve o menor rendimento volumétrico foi C₃. Justifica-se pois a importância de um sistema classificatório para toras, visando a obtenção de bons resultados da serraria.
- O principal benefício do sistema de classificação de tora está na possibilidade da empresa pagar preços diferenciados pela matéria-prima, de acordo com a dimensão, forma, qualidade, entre outras características, racionalizando os seus custos e melhorando a rentabilidade da serraria.
- Para um diâmetro médio de 20,0 cm e estimando-se a produção diária de 150 m³ de toras e, com a diferença de rendimento entre os valores mínimo e máximo encontrados ter-se-ia um acréscimo de produção da ordem de 55%, ou seja, a produção serrada passaria de 1250 m³ para 1940 m³ serrados por mês.

Quadro 2 - Resumo de desdobro com toras de três espécies de Pinus e rendimentos volumétricos médios.

Espécie	idade anos	desbaste	φ menor	rend. volum. (%)	flexa (cm)	casca (%)	pó de serra (%)	refilo (%)	destop (%)	madeira serrada (%)
<i>Pinus caribaea</i> var. <i>hondurensis</i>	19	4φ	19,9	46,6	4,6	8,5	16,7	33,6	4,4	45,4
<i>Pinus elliottii</i>	12	2φ	18,9	41,4	4,7	11,2	17,5	34,8	4,3	43,5
<i>Pinus taeda</i>	11	1φ	15,9	31,2	8,3	8,4	20,1	37,2	10,0	32,7
<i>Pinus cocarpa</i>	18	4φ	19,5	48,5	3,9	7,3	16,3	30,7	4,5	48,5

Fonte- Relatório IPT nº 1 - fase 39.6

A análise dos rendimentos dos diversos produtos, sub-produtos e resíduos produzidos na serraria pode auxiliar a empresa na condução ou estabelecimento de programas que visem maximizar a obtenção do produto principal e minimizar o percentual de resíduos, além de detectar as possíveis causas para o acréscimo ou diminuição de rendimento de um dos componentes analisados.

O Quadro 2 apresenta um ensaio de desdobro conduzido pelo IPT, em serra alternativa, com pinus. Observa-se diferenças significativas de rendimentos entre as espécies estudadas. Diversos fatores influenciaram nesse resultado, mas basicamente as diferenças foram causadas pelas características da matéria-prima, processada, e não aspectos inerentes à espécie.

A idade do material, dimensão, forma e qualidade das toras, foram os principais elementos causadores dos desvios entre espécies, permanecendo todos os componentes operacionais inalterados durante o ensaio.

4. RECOMENDAÇÕES BÁSICAS

O processamento industrial de pinus visando a produção de madeira serrada, é significativamente influenciado nos seus custos pelo valor da matéria-prima. Estimativas efetuadas pela ABPM, indicavam no final de 1981 uma participação da tora posta na serraria de cerca de 40% nos custos totais para produção e comercialização do pinus serrado. Atualmente é possível que este percentual esteja ainda maior.

A serraria necessita ter acesso contínuo a alternativas tecnológicas e econômicas, que visem cada vez mais racionalizar o uso desta matéria-prima, para poder suportar as pressões econômicas de custos e técnicas de qualidade e uso, para os produtos comercializados.

O gerente da serraria deve conhecer com profundidade as características dos equipamentos utilizados, da matéria-prima disponível e do mercado consumidor para os seus produtos, visando sempre um melhor desempenho do setor produtivo.

Algumas recomendações básicas poderão ser citadas visando auxiliar o responsável pela atividade de desdobro a conseguir o objetivo de melhorar o rendimento volumétrico;

MATÉRIA-PRIMA

Os principais fatores referentes à tora que influem no resultado operacional são: o diâmetro, o comprimento, a conicidade ao longo do comprimento, a excentricidade da medula e o abaulamento da tora, entre outros. Aspectos relacionados com a qualidade da tora também influem significativamente no desdobro, tais como: sanidade, áreas resinadas, carreira de nós, madeira de compressão, medula excêntrica, madeira juvenil, valores de contração volumétrica, etc. É recomendável que toda serraria possua critérios de classificação de toras, no sentido de encontrar os limites qualitativos e dimensionais para a matéria-prima utilizada.

EQUIPAMENTO

Cada equipamento possui características próprias, de concepção que devem ser bem conhecidas pelo gerente, e que interferem na produção, produtividade e rendimento volumétrico, bem como na própria qualidade da madeira serrada.

- O correto posicionamento e orientação da tora para o desdobro, deve ser uma das principais preocupações do operador, pois uma abertura de corte inadequada pode significar grandes perdas em volume ou qualidade da madeira.

- A tora deverá ser fixada firmemente, e com um correto alinhamento durante o transporte e a passagem pela serra,

- O sistema integrado de desdobro, com a serra principal, reserra, serra refiladeira e destopadeira, deverá estar suficientemente equilibrado e adequado para produzir pequenas espessuras de fio de serra, cortes alinhados, com ferramentas bem preparadas e afiadas, visando produzir superfícies planas e com velocidades de alimentação em níveis aceitáveis.

- É importante lembrar que devido a reduzida dimensão das toras de pinus, o equipamento deve operar com maiores velocidades de desdobro, para atingir níveis de produtividade satisfatórios.

PRODUTO

De acordo com a matéria-prima e com o equipamento disponível, o sistema de desdobro deve ser escolhido visando obter o melhor produto.

As recomendações básicas relacionadas com o produto, estão intimamente ligadas as especificações da matéria-prima e ao tipo de equipamento, e são fundamentalmente dependentes do mercado.

Resumidamente, os caminhos básicos para um planejamento estratégico na serraria podem ser voltados para as seguintes metas:

- . Serrar visando a máxima produção;
- . Serrar para obtenção do melhor rendimento volumétrico;
- . Serrar visando o máximo valor em cruzeiros;

Serrar visando a melhor qualidade;

Serrar visando o máximo lucro.

Uma interação da produção, rendimento, qualidade e valor em cruzeiros é necessária para obtenção do maior lucro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1) ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE MADEIRA. Boletim Informativo. São Paulo, ABPM, nº 35, set. 1981.
- 2) AZEVEDO, N.R.S. Análises do setor madeireiro - 1978/1982. Associação Brasileira de Produtores de Madeiras, Boletim Informativo, São Paulo, nº 51, jan. 1983.
- 3) BROWN, T.D. Quality control in lumber manufacturing. San Francisco, Miller Freeman, 1982.
- 4) MONTAGUE, M.A. Band and circular sawmills for softwoods. Department of the Environment - Forest Products Research, London, 1971. (Bulletin nº 55).
- 5) TUSET, A. & DURAN, F. Manual de maderas comerciales, equipos y procesos de utilizacion. Uruguai, Editorial Agropecuaria Hemisfério Sul, 1979.
- 6) WILLISTON, E.M. Small log sawmills - profitable product selection process design and operation. San Francisco, 1981. Miller Freeman.
- 7) WORLD WOOD - NORDIC AND NORTH AMERICAN SAWMILL TECHNIQUES. Proceedings from the 2nd International Sawmill Seminar. Jönköping, Suécia. San Francisco, Miller Freeman Publications, 1975.

Programa de secagem: fundamentos teóricos e sua aplicação para a madeira de Pinus spp

IVALDO P. JANKOWSKY
(IPEF/ESALQ-USP/Piracicaba-SP)

1. INTRODUÇÃO

Quando se decide por realizar a secagem da madeira em secadores, uma das primeiras dúvidas que surge é a respeito do programa a ser seguido. Em tempos não muito distantes a seleção de um programa era feita de forma empírica e, não raro, o operador regulava a temperatura inicial no secador e fazia com que ela fosse aumentando gradativamente até que, pelo tato ou por instinto, considerava que a madeira já estava seca.

Um programa de secagem, conforme pode ser visto na Tabela 1, é uma sequência lógica de temperaturas crescentes e umidades relativas decrescentes, idealizada para promover a retirada de umidade sem causar defeitos que depreciem o produto final.

O conhecimento atual sobre os princípios físicos envolvidos no processo de secagem e sobre as características físico-anatómicas do material a ser seco permitem que a escolha do programa mais adequado seja feita de forma racional. Deve-se ressaltar que essa escolha deve representar um termo de compromisso entre o tipo de madeira que se pretende secar, as limitações do equipamento, a rapidez com que se deseja conduzir o processo e a qualidade visada para o produto final.

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS ENVOLVIDOS NA ELABORAÇÃO DE UM PROGRAMA

A umidade da madeira é definida como a relação percentual entre a massa de água existente na madeira e a massa da própria madeira absolutamente seca

$$U = \frac{\text{massa da água}}{\text{massa da madeira seca}} \times 100$$

A madeira de *Pinus* recém cortada pode apresentar teores de umidade variando de 120% até 200%. Isso significa que a massa de água em uma peça verde pode ser até duas vezes a massa da própria madeira. Essa água encontra-se na madeira em duas formas distintas:

- água higroscópica ou de adesão, que está adsorvida nas paredes celulares, na faixa de umidade que vai de 0% a aproximadamente 30%;
- água livre ou capilar, que encontra-se nos espaços vazios intra e inter-celulares, na faixa de umidade que vai de aproximadamente 30% até a condição verde ou saturada.

A água livre movimentada-se por capilaridade através dos lúmens das fibras, ao passo que a água higroscópica movimentada-se que se exclusivamente por difusão através das paredes celulares. O ponto de transição entre a água capilar e a higroscópica é chamado ponto de saturação das fibras (PSF). Nesse ponto a madeira está com a umidade de saturação ao ar, que considera-se entre 28% e 30%.

No decorrer do processo de secagem tem-se transferência de calor do ambiente para a madeira e transferência de massa (água) da madeira para o ambiente. Considerando-se que essas transferências ocorrem em uma única direção, o transporte de calor por condução é regido pela Lei de Fourier, que pode ser expressa de forma simplificada como

$$\frac{Q}{At} = -k \frac{\Delta T}{\Delta e}$$

significando que a quantidade de calor (Q) que passa através de uma área (A) em um tempo (t) é proporcional à condutividade térmica do material (k) e ao gradiente de temperatura (ΔT) existente entre a superfície e um ponto qualquer no interior da peça (Δe).

De maneira análoga, o transporte de massa por difusão é regido pela primeira Lei de Fick, que é simplificada escrita como

$$\frac{M}{At} = -D \frac{\Delta U}{\Delta e}$$

significando que a massa de água (M) passando por uma área (A) em um tempo (t) é proporcional ao coeficiente de difusividade (D) e ao gradiente de umidade (ΔU) existente entre a superfície e um ponto qualquer no interior da peça (Δe).

Especificamente para a secagem da madeira de *Pinus* à temperaturas inferiores à 100°C tem-se que até 7/6 do total de água a ser retirado da madeira movimentada-se por capilaridade e, devido a alta permeabilidade apresentada pela espécie, o fator limitante nessa fase do processo é a capacidade do ar em retirar a umidade da superfície da madeira.

Durante a retirada da água capilar não é necessário utilizar temperaturas elevadas, pois o efeito do aquecimento não aumenta significativamente a taxa de secagem. Por sua vez a permeabilidade da madeira não propicia o desenvolvimento de gradientes de umidade acentuados, o que faz com que a velocidade de circulação do ar seja a principal condicionante da velocidade de secagem.

Conforme pode ser observado nas Tabelas 1 e 2, as temperaturas de bulbo seco são mantidas constantes até a madeira atingir teores de umidade próximos a 30%, acompanhadas de um decréscimo na umidade relativa. A Figura 1 apresenta as curvas de secagem para madeira de *Pinus* submetidas ao mesmo programa e com diferentes velocidades de circulação do ar, aonde nota-se o efeito marcante dessa variável do processo.

A medida em que começa a ser retirada a umidade higroscópica os programas caracterizam-se por um aumento na temperatura de bulbo seco e uma redução mais acentuada na umidade relativa, que acompanham a perda de umidade pela madeira. Essas alterações são efetuadas por dois motivos básicos:

- a) é necessário fornecer energia para romper a ligação en

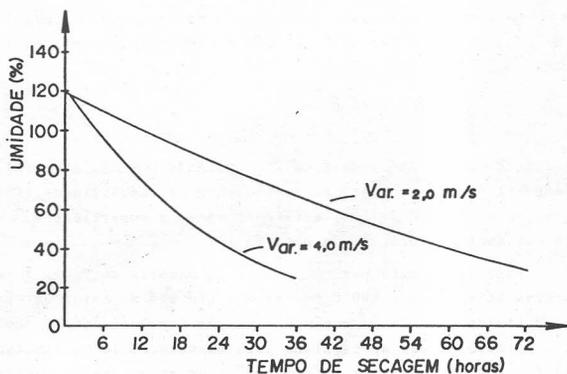
TABELA 1. Programa para a secagem de madeira de *Pinus* com 2,5 cm de espessura, segundo PRATT (1974).

ETAPA (UMIDADE DA MADEIRA)	TEMPERATURAS (°C)		UMIDADES (%)		GRADIENTE DE SECAGEM
	BULBO SECO	BULBO ÚMIDO	RELATIVA	DE EQUILÍBRIO	
Aquecimento	60,0	59,0	95,0	20,0	-
Verde	60,0	55,5	80,0	13,1	>3,8
50%	60,0	54,5	75,0	12,0	4,2
40%	60,0	52,0	65,0	9,8	4,1
30%	65,0	53,0	55,0	7,7	3,9
20%	75,0	57,5	40,0	5,5	3,6

TABELA 2. Programa para a secagem da madeira de *Pinus* com 2,5 cm de espessura, utilizado experimentalmente por JANKOWSKY (1980).

ETAPA (UMIDADE DA MADEIRA)	TEMPERATURAS (°C)		UMIDADES (%)		GRADIENTE DE SECAGEM
	BULBO SECO	BULBO ÚMIDO	RELATIVA	DE EQUILÍBRIO	
Aquecimento	65,0	64,0	95,0	20,0	-
Verde	65,0	63,0	91,0	18,0	>3,0
50%	65,0	62,5	88,0	16,0	3,1
40%	65,0	59,0	74,0	11,3	3,5
30%	70,0	58,0	55,0	7,5	4,0
25%	75,0	58,0	43,0	5,6	4,5
20%	80,0	56,0	32,0	4,0	5,0

FIGURA 1. Curvas de secagem da madeira de *Pinus* seguindo-se o programa da Tabela 1 com velocidades de circulação do ar (V_{ar}) de aproximadamente 2,0 m/s e 4,0 m/s. (adaptado de JANKOWSKY & ZAPATA, 1981 e ZAPATA & JANKOWSKY, 1983).



trê a água higroscópica e a madeira. De acordo com a Lei de Fourier, o fluxo de calor fornecido à madeira aumenta proporcionalmente ao gradiente de temperatura, ou seja, vai ser função da temperatura de bulbo seco.

- b) a água higroscópica sai da madeira quase que exclusivamente por difusão e, segundo a Lei de Fick, o fluxo de massa será proporcional ao gradiente de umidade. Por isso é importante manter valores reduzidos de umidade de equilíbrio na superfície das peças em secagem:

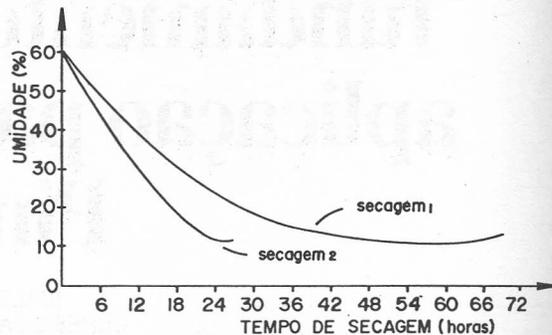
Nessa fase do processo a velocidade de circulação do ar perde a sua importância, sendo que a velocidade de secagem passa a ser controlada pela temperatura e pela umidade relativa. Isso pode ser visto na Figura 2, onde são comparadas as curvas de secagem segundo dois programas diferentes.

3. ADEQUAÇÃO MADEIRA-SECADOR

Contudo, é importante ressaltar que, se a madeira de *Pinus* dificilmente apresenta defeitos durante a retirada da água capilar, uma secagem drástica na fase de remoção da água higroscópi

FIGURA 2.

Curvas de secagem da madeira de *Pinus* seguindo-se os programas da Tabela 1 (Secagem 1) e da Tabela 2 (Secagem 2), mantendo-se a velocidade de circulação do ar constante (~ 4 m/s). (adaptado de JANKOWSKY, 1980).



ca pode acarretar rachaduras superficiais ou de topo e endurecimento superficial.

Uma vez que os princípios básicos para a secagem da madeira de *Pinus* à temperaturas convencionais já foram discutidos, resta abordar os seguintes fatores operacionais que condicionarão a eficiência do processo.

- limitações do equipamento. Nem sempre os secadores industriais são dimensionados para permitir o rendimento máximo. Problemas comuns como isolamento térmico ineficiente, circuladores de ar com baixa capacidade ou falta de controle das condições de temperatura e umidade relativa devem ser levados em consideração quando se decide efetuar a secagem seguindo-se um determinado programa.
- qualidade do produto final. Secagens mal conduzidas causam defeitos que depreciam o valor da madeira, portanto a escolha do programa e a condução do processo devem ser feitos em função da qualidade ou do uso que se pretenda para a madeira.

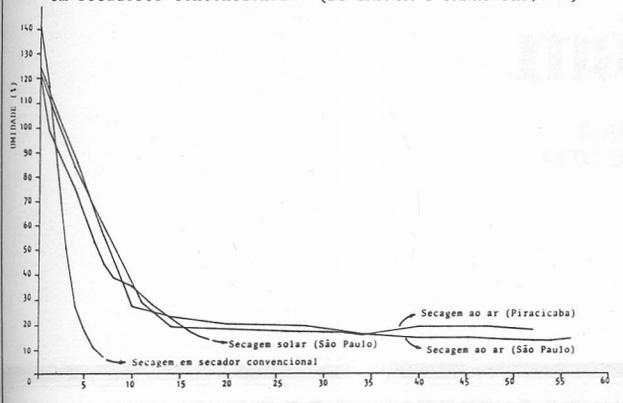
Pode-se então perceber a importância do operador do secador em todo o processo de secagem. Um operador capacitado saberá buscar um ponto de equilíbrio entre as variáveis envolvidas e será capaz de conduzir a operação satisfatoriamente. Por operador capacitado entende-se o elemento com conhecimentos sobre o processo, o equipamento e a madeira, de modo que possa entender o que está fazendo e alterar o programa de secagem para adequá-lo às suas condições de trabalho.

Outro aspecto que deve ser abordado é que nem sempre a utilização de um único método de secagem é a estratégia mais adequada, principalmente quando se trabalha com madeira de *Pinus*. Dependendo do volume de madeira, da capacidade de armazenamento e outros fatores relacionados com a produção industrial, a combinação entre dois ou mais métodos como pré-secagem, secagem solar, convencional e a altas temperaturas pode resultar em economia para a indústria. Contudo, é necessário que exista um planejamento adequado, tanto do ponto de vista técnico como econômico.

A Figura 3 compara curvas de secagem ao ar, solar e em secador convencional, ilustrando as possibilidades de combinar vários métodos mantendo mesmo nível de produção e com um menor investimento em equipamentos.

Exemplificando com as velocidades de secagem apresentadas na Figura 3, para uma produção mensal de 300 m³ madeira seca a 10% de umidade seriam necessárias 6 secadores com 10 m³ de capacidade real, uma vez que dispense-se aproximadamente 6 dias para reduzir a umidade de 120% até 10%. Essa madeira secando ao ar teria sua umidade reduzida para teores próximos a 28% em aproximadamente 12 dias, sendo então necessários apenas 3 dias de secagem artificial para atingir a umidade final de 10%. Nesse caso, dispondo-se de um pátio adequado para a secagem ao ar, com 3 secadores seria mantida a mesma produção.

FIGURA 3.
Curvas médias de secagem para secagens ao ar, solar e em secadores convencionais. (De ZAPATA & JANKOWSKY, 1983).



Caso o secador fosse altamente eficiente, capaz de reproduzir as condições da Secagem 2 (Figura 2), apenas 1 câmara de secagem seria suficiente.

4. BIBLIOGRAFIA CITADA

- JANKOWSKY, I.P. - Efeito do aparelhamento e do tratamento preservativo superficial na secagem da madeira de *Pinus* spp. Circular Técnica IPEF, Piracicaba, 109: 1-11. 1980.
- JANKOWSKY, I.P. & E.H. ZAPATA - Gradiente de umidade e desenvolvimento de tensões na secagem artificial da madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis*. In: III Encontro Nacional de Secagem, CENTREINAR, Viçosa, 198-213. 1981.
- PRATT, G.H. - Timber drying manual. Department of Environment, London, 1974. 152p.
- ZAPATA, H.E. & I.P. JANKOWSKY. - The drying of caribbean pine saw wood. IUFRO/All Division 5 Conference, Madison, 1983. 6p.

Novas técnicas de secagem de madeira

IVAN TOMASELLI
(STC/UFPR/Curitiba-PR)

1 - INTRODUÇÃO

A secagem é uma operação de importância fundamental na indústria de transformação de madeiras. A madeira seca é mais resistente, mais leve e estável, recebe com maior facilidade acabamentos superficiais, pode ser colada sem problemas e é menos susceptível a agentes degradadores.

Em praticamente todas as utilizações da madeira é desejável ou até mesmo fundamental que seja reduzido o teor de umidade. A importância e a complexidade do processo pode ser facilmente detectada pelos investimentos que foram e ainda vem sendo feitos no desenvolvimento e aperfeiçoamento de tecnologias de secagem. O objetivo básico destes desenvolvimentos é sempre secar a madeira no mínimo espaço de tempo, a baixo custo e com o menor nível de perdas.

O crescente interesse pelo aperfeiçoamento de tecnologias de secagem pode ser também atribuído à crise energética dos últimos anos. O consumo de energia na fase de secagem corresponde de 40 a 70% da energia total necessária à transformação de madeiras (Rosen, 1981), contribuindo significativamente nos custos de produção.

O presente trabalho apresenta sinteticamente alguns aspectos teóricos de secagem, e analisa em maiores detalhes novas tecnologias de secagem de madeiras serradas, sendo o enfoque principal os processos e equipamentos de aplicação na indústria de transformação de madeiras de *Pinus* sp oriunda de povoamentos de rápido crescimento.

2 - ASPECTOS TEÓRICOS

Não objetiva-se aqui discorrer em detalhes sobre os aspectos teóricos, mas somente enfocar os princípios básicos e demonstrar a complexidade envolvida no assunto em pauta. Esta complexidade é esperada pela simples análise de que além dos princípios termodinâmicos envolvidos no processo, o material submetido a secagem é higroscópico, anisotrópico e possui uma estrutura altamente heterogênea.

Basicamente existem dois tipos de fluxos quando se submete a madeira à secagem. O primeiro é o fluxo de calor: calor deve ser transferido a superfície e da superfície ao interior da madeira. O segundo é o fluxo de massa: água no estado líquido ou em forma de vapor é transferida à superfície e da superfície, em forma de vapor, ao meio secante.

O movimento de água na madeira, ou seja o fluxo de massa do interior à superfície é feito, quando existe água livre, por capilaridade (acima do ponto de saturação das fibras). Em uma fase mais adiantada por difusão. Quando se opera a temperaturas elevadas aparece um novo tipo de fluxo denominado de hidrodinâmico, deixando de ser um movimento espontâneo de moléculas (Tomaselli, 1977).

O fluxo de líquidos na madeira obedece a Lei de Darcy (Siau, 1974), que matematicamente é descrita como:

$$k_c = \frac{V.L.}{t.A.\Delta P} \left(\frac{\text{cm}^3 \cdot \text{cm}}{\text{dinas} \cdot \text{seg.}} \right)$$

onde: k_c = permeabilidade

V = volume de líquido

L = comprimento na direção

t = tempo

A = área

ΔP = diferença de pressão

Abaixo do ponto de saturação das fibras, e em temperaturas não muito elevadas o movimento de água é regido pelas leis da difusão, que é definido como um movimento espontâneo de moléculas da maior para a menor concentração. Caso o fluxo e o gradiente sejam constantes no espaço e no tempo, pode-se aplicar a 1ª Lei de Fick que é expressa por:

$$k_d = \frac{m.L}{t.A.\Delta M} \quad (\text{g/cm}^2 \cdot \text{seg.})$$

onde: k_d = coeficiente de difusão

m = massa de vapor transportada

L = distância do fluxo

t = tempo

A = área

ΔM = gradiente de concentração

Como o fluxo e o gradiente são variáveis no tempo e no espaço quando seca-se madeira, a equação anterior não pode ser utilizada, e a 2ª Lei de Fick expressa melhor o fluxo por difusão:

$$\frac{dM}{dt} = D_g \frac{d^2 M}{dX^2} \quad (\text{cm}^2/\text{seg.})$$

onde: D_g = coeficiente de difusão médio t = tempo

M = teor de umidade

X = distância

Estudos conduzidos recentemente levaram ao desenvolvimento de equações que expressassem matematicamente com maior exatidão o fluxo de água na estrutura da madeira (Bramhall, 1979 "a" e "b"). A equação abaixo, apresentada por Rosen (1983), é aqui transcrita somente com o intuito de demonstrar a complexidade que estes modelos podem atingir.

$$\left\{ \frac{ds}{dt} = \frac{d}{dz} \left[\left[\frac{kw}{\mu_w} (C_3 - C_4) + \frac{Pg}{P_w} DC_5 \right] \frac{ds}{dz} - \left[\frac{kw}{\mu_w} C_6 + \frac{Pg}{P_w} DC_7 \right] \frac{dT}{dz} \right] \right\}$$

3 - TECNOLOGIAS DE SECAGEM

Existe uma gama bastante grande de processos e equipamentos destinados a secagem de madeiras. Para selecionar o processo adequado, é necessário que seja realizado uma análise criteriosa das possibilidades levando-se em consideração os fatores intervenientes e as restrições. Definido o processo é necessário a seleção do equipamento que deve levar em consideração aspectos ligados a disponibilidade, flexibilidade, custos operacionais e outros parâmetros surgidos em função do processo adotado.

O processo mais antigo é o de secagem ao ar livre. Neste processo a influência do homem é pequena, pois depende-se basicamente da temperatura, umidade relativa e velocidade do vento no local. É evidente que mesmo neste caso existem regras elementares que devem ser seguidas para que seja obtida uma boa qualidade, e até mesmo para que seja reduzido o tempo de secagem.

A secagem artificial permite um controle preciso do meio secante, e a sua utilização é conhecida a mais de um século. No Brasil a secagem artificial começou a ser introduzida industrialmente a partir da década de 50 (Tomaselli, 1975).

Apesar da secagem artificial constituir-se de uma tecnologia bastante dessemelhada, ela não parou de evoluir. Nos últimos anos tem-se procurado processos mais eficientes, e a redução no consumo de energia tem sido alvo de grande interesse, (Santini, 1983). No desenvolvimento de tecnologias parte-se de modelos experimentais, analisa-se o seu comportamento e coleta-se dados que forneçam subsídios para a engenharia do equipamento visando a sua implantação à nível industrial.

Com a evolução das técnicas, cresce a sofisticação dos e-

quipamentos e obtém-se maiores benefícios.

A secagem de madeiras de Pinus sp oriunda de plantações de rápido crescimento através do processo de alta temperatura, ou seja com operação acima de 100°C, apresenta uma série de vantagens. Vários tipos de equipamentos podem ser utilizados, equipamentos estes que possuem diferenças significantes daquele utilizado na secagem de madeiras nativas. Deve-se estar conciente de que trata-se de um material com características bastante diferenciadas, entre elas boa permeabilidade, teor de umidade inicial elevado e quando utilizando madeira juvenil, uma significativa propensão a empenamentos.

4 - NOVAS TECNOLOGIAS

4.1 - Aspectos gerais

As evoluções recentes tanto em termos de processo como em termos de equipamentos tem levado em consideração em primeiro plano a redução do consumo de energia. Busca-se também um melhor controle do processo, e neste aspecto a automatização vem ganhando campo (DIGITEL, 1983).

Os pontos de consumo de energia em uma estufa são mostrados na figura 1. Calor é necessário não somente para evaporar a água existente na madeira, como também para o aquecimento inicial, para compensar as perdas através das paredes e piso, e para aquecer o ar que entra na câmara. Além disto é também consumida energia para o acionamento dos ventiladores.

No quadro 1 são mostrados dados comparativos, obtidos na indústria do consumo de energia adotando-se três tecnologias de secagem (kininmonth, Miller e Riley, 1980). Observe-se que a secagem convencional, ou seja aquela realizada em estufa a uma temperatura entre 50 e 100°C, é a menos eficiente em termos de energia consumida por quilograma de água evaporada. Deve ser salientado que o fato do desumificador ter apresentado um consumo de energia reduzido é relacionado ao teor de umidade final de 20%. Este tipo de equipamento tem uma eficiência reduzida a teores de umidades baixos, e portanto se a secagem fosse continuada até um teor de umidade de 8% ou 10%, o consumo de energia por quilograma de água evaporada seria significativamente superior ao da secagem a alta temperatura.

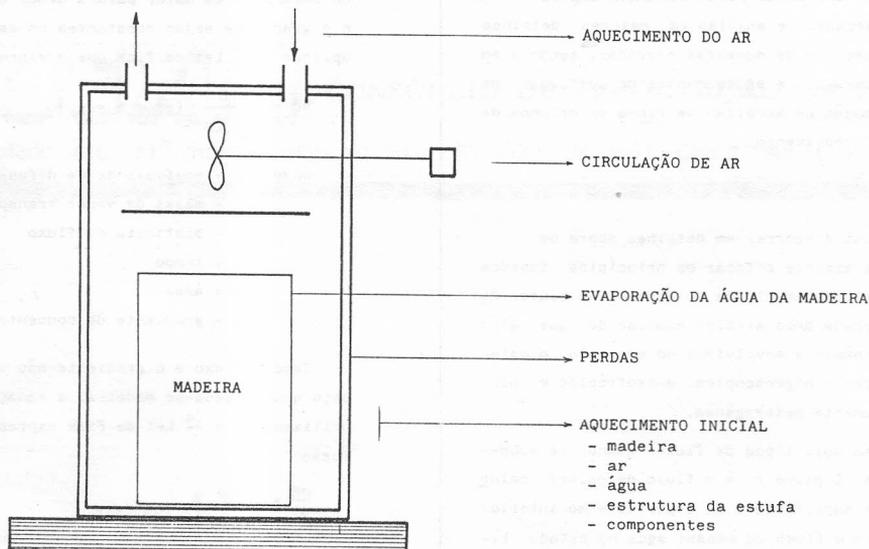


Figura 1 - Pontos de consumo de energia em uma estufa para secagem de madeira serrada

QUADRO 1 - Consumo de energia para secagem de madeira serrada de Pinus spp-
comparação de três tecnologias DB = 400 KG/m³

MÉTODO DE SECAGEM	UMIDADE (%)		TEMPO	ENERGIA	
	INICIAL	FINAL		MJ/m ³	MJ/kgH ₂ O
CONVENCIONAL	70	8	120 h	1.400	1400 = 280 5,0
ALTA TEMPERATURA	105	8	27 h	1.600	1600 = 420 3,6 38
DESUMIDIFICADOR	75	20	21 dias	750	3,1

QUADRO 2 - Comparação de secagem convencional e a alta temperatura para madeira serrada de Pinus sp

VARIÁVEL	Sistema	
	Alta temperatura*	Convencional
Capacidade útil da câmara	20 m ³	20 m ³
Produção mensal requerida	500 m ³	500 m ³
Número de câmaras necessárias	1	3
Motores	2 de 10 HP cada	6 de 5 HP cada
Consumo de vapor	400 - 600 kg/h	750 - 900 kg/h
Tempo de secagem por carga	20 h	70 h

* Modelo projetado e implantado pela STC Engenharia Ltda.

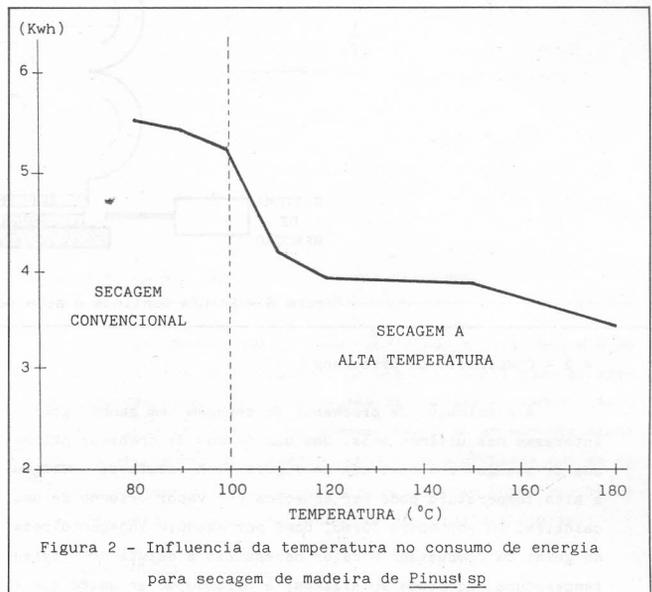
Outra comparação entre dois sistemas de secagem é mostrada no quadro 2 (STC Engenharia, 1982). Como pode ser observado para a mesma capacidade de secagem o consumo de vapor adotando-se o processo de alta temperatura é cerca de 30% menor que na secagem convencional. Dados obtidos experimentalmente (Tomaselli, 1981), figura 2, mostram uma clara evidência que o aumento de temperatura de secagem causa uma redução significativa na quantidade de energia consumida. Uma das prováveis razões deste fato é o aparecimento do fluxo hidrodinâmico, que é significativamente maior que o fluxo por difusão.

4.2 - Secagem a alta temperatura

Não será aqui entrado no mérito do processo de secagem a alta temperatura uma vez que estes aspectos tem sido bastante discutido em várias publicações recentes (Tomaselli, 1976, 1977 e 1981; Oliveira e Tomaselli 1981). O principal enfoque será no equipamento.

Basicamente uma estufa para secagem de madeira em alta temperatura possui os mesmos componentes de uma estufa convencional. É evidente que o dimensionamento diferencia-se uma vez que é necessário maior capacidade de aquecimento, velocidades do ar mais elevadas, melhor sistema de isolamento e outros detalhes.

A figura 3 mostra esquematicamente um equipamento de secagem, que pode operar a alta temperatura, e cuja a forma de aquecimento diferencia-se do sistema convencionalmente empregado. A estufa de queima direta é bastante adotada na indústria Canadense, e devido a não utilização de caldeira para produção de calor o investimento inicial é bastante reduzido. Aliás esta é a principal vantagem deste tipo de equipamento (Bramhall e Wellwood, 1976). O sistema encontra-se em fase de



desenvolvimento também no Brasil, e o princípio básico é o de injeção direta dos gases de combustão na câmara de secagem após misturá-los com o ar externo.

A idéia de se desenvolver um equipamento contínuo que opere a temperaturas em torno de 160-180°C e com velocidades de ar bastante altas tem ganho a adoção de indústria na Austrália (Christensen e Northway, 1978). A figura 4 mostra uma estufa contínua com carregamento e descarregamento automático, e com a carga movimentando-se verticalmente. A restrição da pilha é dada pelo próprio peso da madeira.

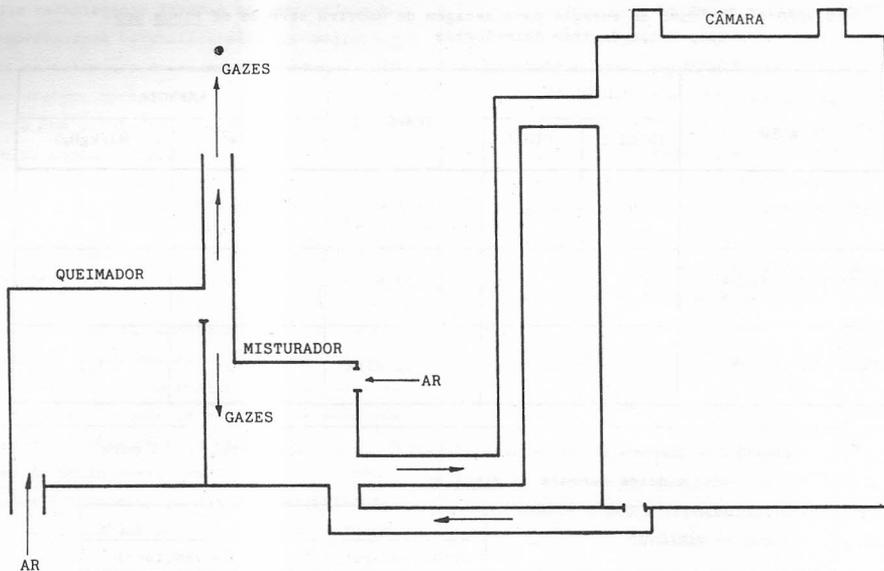


Figura 3 - Estufa com injeção direta de gases para secagem de madeira serrada

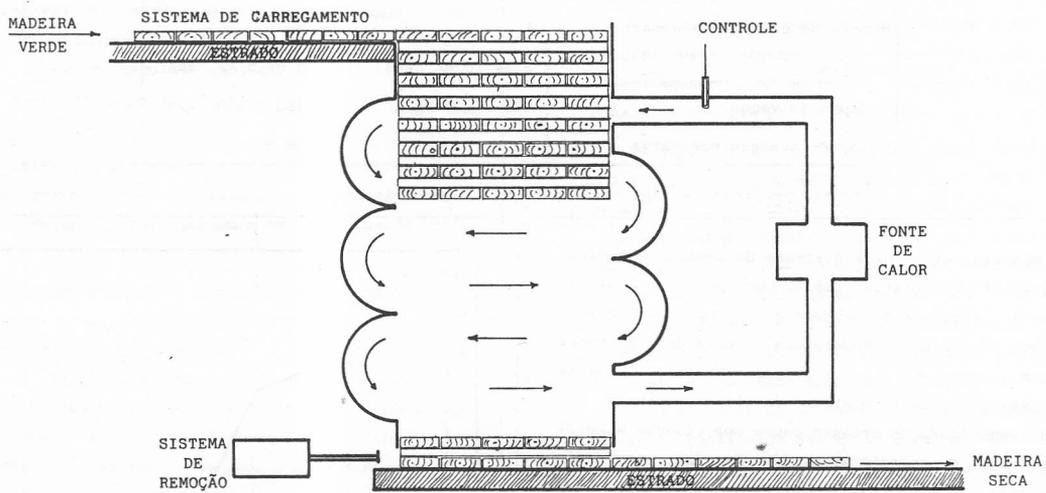


Figura 4 - Estufa contínua à alta temperatura para madeira serrada

4.3 - Combinação de processos

A combinação de processos de secagem tem ganho grande interesse nos últimos anos. Uma das formas de combinar processos de secagem é a mostrada na figura 5. A estufa de secagem a alta temperatura pode ser aquecida por vapor oriundo de uma caldeira, ou por outra forma, como por exemplo injeção direta de gases da combustão. O calor necessário à estufa de baixa temperatura, acoplada ao sistema, é oriundo do ar úmido que é retirado da estufa de alta temperatura (Rosen, 1981). Estudos recentes tem mostrado que existe um grande potencial de recuperação de energia e que trocadores de calor colocados na saída do ar de estufas de secagem de madeiras serradas que operam a temperaturas elevadas, ou de secadores de lâminas, são de boa eficiência, especialmente devido ao fato de que este ar encontra-se a altas umidades relativas (Rosen, 1979).

Uma outra alternativa de combinação de processo é a de alta temperatura com alta-freqüência (figura 6). Esta tecnologia não encontra-se disponível para aplicação industrial, mas estudos conduzidos recentemente (Vermaas, 1978), tem

mostrado que trata-se de um processo promissor. As taxas de secagem obtidas experimentalmente neste processo combinado foram de até 3.500% superiores aquelas obtidas em secagem a alta temperatura. Esta drástica redução no tempo de secagem não afetou a qualidade do material, mas ainda são necessários maiores estudos no sentido de que seja melhor avaliados os aspectos econômicos do processo.

A utilização de um processo combinando pressão e alta temperatura foi recentemente proposto por Rosen (1980). Como pode ser observado na figura 7 o sistema constitui-se basicamente de uma câmara pressurizada onde é possível manter o ar aquecido em circulação e controlar-se a pressão. Ao sistema é acoplado também uma bomba de vácuo para a retirada de água que se deposita no fundo da câmara. O tempo de secagem e qualidade do material são compatíveis com aqueles obtidos em uma estufa de secagem a alta temperatura tradicional. A diferença fundamental está no consumo de energia que é significativamente reduzido devido o sistema ser fechado.

Outro sistema fechado é mostrado na figura 8, e considera a combinação da secagem por desumidificação com aqueci-

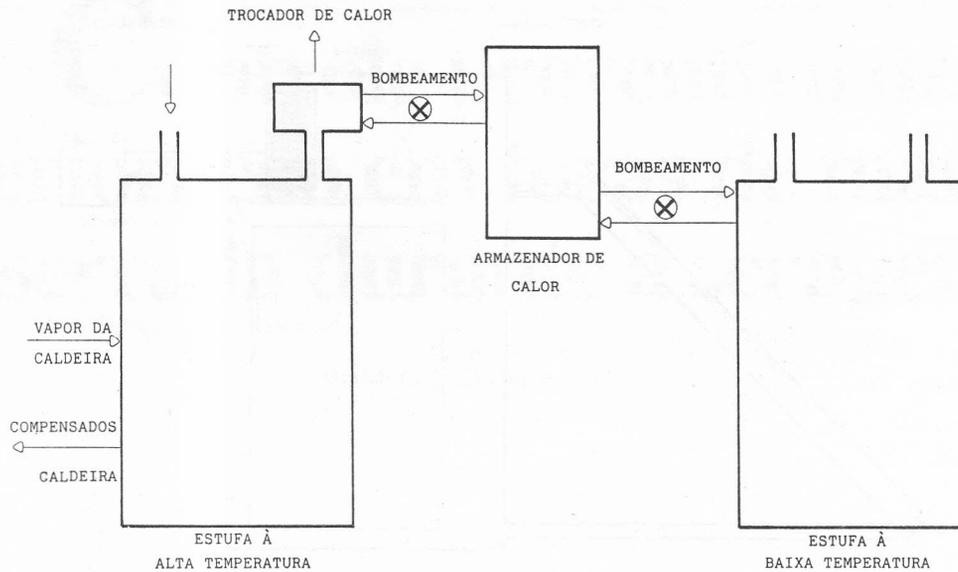


Figura 5 - Combinação do processo de secagem à alta temperatura e a baixa temperatura com recuperação de calor

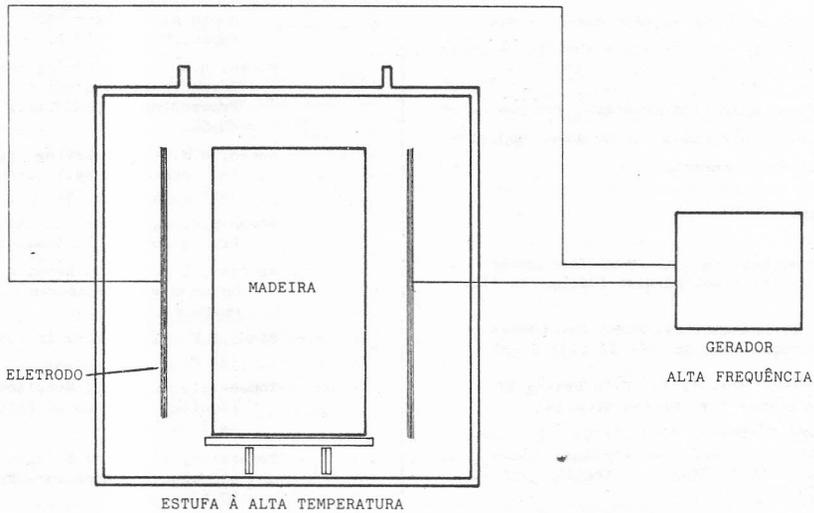


Figura 6 - Combinação de processos de alta temperatura com alta frequência por secagem de madeiras serradas

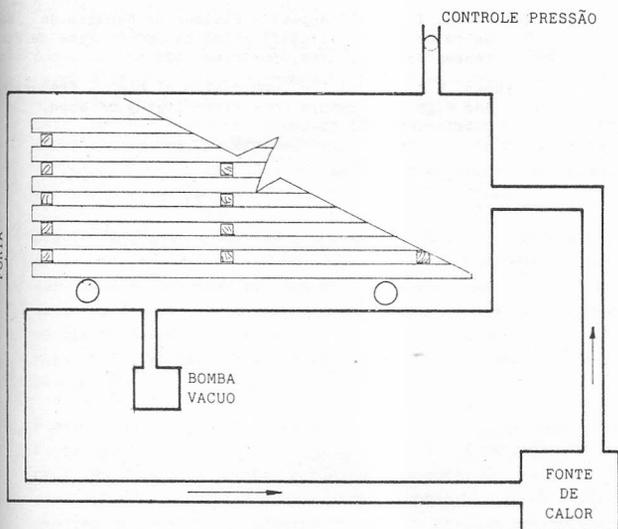


Figura 7 - Utilização de temperaturas elevadas e pressão na secagem de madeiras serradas

mento solar (Rosen, 1981). Como mencionado anteriormente o de sumidificador é um equipamento de boa eficiência para secagem de madeiras especialmente a teores de umidade elevados. Acoplar um desumidificador com o aquecimento solar aumenta ainda mais a eficiência do processo, minorando o problema que se enfrenta na fase de secagem quando a madeira se encontra com teores de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras.

5 - CONCLUSÕES

A secagem da madeira é um processo que envolve grande complexidade em termos de fluxo de calor e fluxo de massa.

Para praticamente todas as utilizações é necessário submeter-se a madeira à secagem, e existe uma gama bastante grande de processos e equipamentos para esta operação. A seleção do processo e do equipamento deve obedecer critérios técnicos de finidos em função de vários parâmetros, evidenciando-se as características do material e o uso final.

Os desenvolvimentos recentes na área de secagem tem focado em primeiro plano a redução do consumo de energia. O controle do processo é outro ponto de grande interesse.

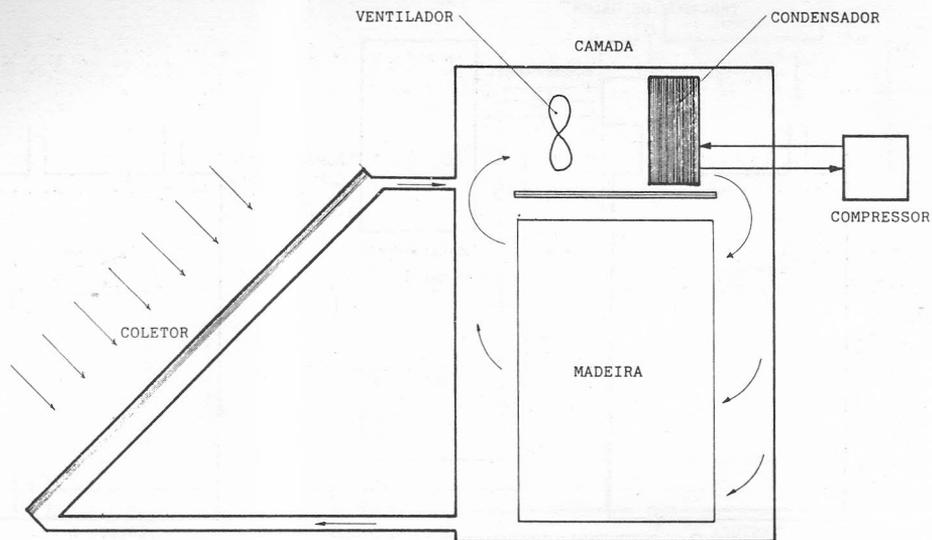


Figura 8 - Utilização do aquecimento solar para suplementação de energia em desumidificador

Na secagem de madeiras de *Pinus* sp oriundas de plantios de rápido crescimento, a adoção do processo a alta temperatura apresenta vantagens significantes. Além dos desenvolvimentos de equipamentos específicos para este processo, avanços tem sido feitos na combinação de processos que em geral objetivam a maximização na utilização da energia.

6 - LITERATURA CONSULTADA

- Bramhall, G. (1979) a. Mathematical Model for Lumber Drying - I Principles Involved. *Wood Science* 12 (1): 14-21.
- Bramhall, G. (1979) b. Mathematical Model for Lumber Drying - II The Model. *Wood Science* 12 (1): 22-31.
- Bramhall, G. e Wellwood, R.W. (1976) Kiln Drying of Western Canadian Lumber Inf. Report VP-X-159
- Christensen, F.J. and Northway, R.L. (1978) Development of the CSIRO Continuous Feed Kiln for Sawn Timber to the Commercial Evaluation Stage. *Australian For. Ind.* J. 44 (8): 61-65.
- DIGITEL (1983) Controle do Processo de Secagem da Madeira Serrada. *Rev. da Madeira* 32 (374): 12-16.
- Kininmonth, J.A.; Miller, W. e Riley, S. (1980) Energy Consumption in Wood Drying. In: *Proceeding IUFRO Division V Conference*, Oxford, pg 1-18.
- Oliveira, V.S. e Tomaselli, I. (1981) Efeito da Secagem a Altas Temperaturas em Algumas Propriedades Físicas e Mecânicas de Madeira Jovem de *Araucaria angustifolia*. *Floresta* 12 (1): 17-25.
- Rosen, H.N. (1979) Potencial for Energy Recovery from Humid Air Streams. USDA, Forest Service. Research Paper NC-170 - 10 p.
- Rosen, H.N. (1980) Drying Lumber Above Atmospheric Pressure-Development of a Prototype Drier. In: *Proceeding IUFRO Division 5 Conference*, Oxford, pg. 45-58
- Rosen, H.N. (1981) Drying Processes for the year 2000. In: *Proceedings XVII IUFRO WORLD Congress*, Division 5, Japão, pg. 183-196.
- Rosen H.N. (1983) Recent Advances in the Theory of Drying Lumber. Em publicação.
- Santini, E.J. (1982) Secagem de Madeira Serrada em Estufa Solar e sua Comparação em Métodos Convencionais. *Floresta* 4 (1): 5-13.
- Siau, I.F. (1974) Flow in Wood. Syracuse Univ. Press, 131 p.
- Tomaselli, I. (1975) Condições de Secagem Artificial de Madeiras Serradas no Paraná e Santa Catarina. *Floresta* 6 (2): 5-13.
- Tomaselli, I. (1976) Secagem a Alta Temperatura e sua Aplicação nas Condições Brasileiras. *Floresta* 7 (1): 50-57.
- Tomaselli, I. (1977) The Influence of High Temperature Drying in Some Physical and Mechanical Properties of *Pinus radiata*. PH D. thesis. University of Melbourne, 269 p.
- Tomaselli, I. (1981) Aspectos Físicos da Secagem de Madeira de *Pinus elliottii* Acima de 100°C. Tese de Professor Titular, UFPR, Curitiba, 128 p.
- Vermaas, H.P. (1978) The Combination of High - Frequency and High Temperature Convective Drying of Wood. *Holzforsch* 32: 55-60.

Controle preventivo de deterioração em toras de madeira serrada durante a secagem

SIDNEY MILANO
(IPT/São Paulo-SP)

1. INTRODUÇÃO

O mercado madeireiro nas regiões Sul e Sudeste do Brasil vem sofrendo sucessivas e constantes alterações devido principalmente à diminuição da oferta de madeiras nativas e ao concomitante aumento na oferta de madeiras de reflorestamento. Segundo o IBDF, até 1980, as plantações de *Eucalyptus* spp cobriam uma área de cerca de 2.300.000 ha, enquanto que as plantações de *Pinus* spp cobriam uma área de 1.300.000 ha. Boa parte deste material é consumido pela indústria de celulose e papel, porém, como consequência principalmente da política de incentivos fiscais implantada em 1964, hoje essas espécies participam de forma crescente na utilização como madeira.

Porém, para uma utilização mais racional e obtenção de um produto de boa qualidade, há necessidade de se estabelecer procedimentos tecnológicos, adequados à exploração destas madeiras. Dentre estes procedimentos, as medidas preventivas contra a deterioração biológica assumem especial importância visto que a maior parte destas espécies de reflorestamento é altamente susceptível ao ataque de organismos xilófagos.

Neste trabalho, serão apresentadas e discutidas algumas destas medidas preventivas indicadas para o controle da deterioração em toras e madeiras durante o período de secagem.

2. A DETERIORAÇÃO BIOLÓGICA DA MADEIRA

A madeira é um material perecível. Vários são os organismos capazes de decompor os diferentes constituintes da madeira provocando alterações de diferentes níveis de importância conforme a utilização que se dá ao material. Existem organismos adaptados para promover a decomposição de diferentes componentes dos tecidos lenhosos desde a árvore viva, durante as diferentes etapas do processamento, ou mesmo depois que os artefatos de madeira já se encontrem em uso.

Dentre os fungos e insetos que atacam a madeira durante o período de secagem os fungos manchadores apresentam especial importância, pois produzem alterações que representam um importante fator de desvalorização deste material. A mancha azul é sempre um fator limitante em situações onde a madeira em sua coloração natural é utilizada, como na indústria do mobiliário ou de revestimentos.

A maioria destes fungos apresenta hifas castanho-escuras que penetram profundamente no alburno e que devido à refração da luz, conferem à madeira uma coloração, normalmente, de azul acinzentado até azul escuro (10). Existem entretanto, outras espécies capazes de conferir ao alburno da madeira atacada outras colorações como verde, amarelo, marrom ou rosa (2).

A madeira fortemente manchada apresenta uma redução em sua re-

sistência ao impacto, mas não mostra uma diminuição apreciável em sua resistência à compressão e à flexão. Além disso, a madeira manchada, depois de seca, se exposta a um ambiente muito úmido, pode reabsorver água muito mais rapidamente que a madeira sã. Esta situação pode criar condições favoráveis para um novo desenvolvimento do fungo manchador, e consequente ampliação da mancha, ou para o estabelecimento de fungos apodrecedores. Por outro lado, peças manchadas que recebam pintura antes de se encontrar completamente secas podem apresentar o desenvolvimento do fungo provocando manchas no revestimento. Na fabricação de caixas ou pãletes, a madeira manchada tem sua utilização restringida pois um eventual reumedecimento pode permitir o desenvolvimento de fungos que venham a contaminar os produtos contidos nestes elementos (2).

O problema dos fungos manchadores há muito tem preocupado e vem sendo estudado por diversas instituições no mundo inteiro, e é bastante extensa a literatura internacional sobre o assunto. No Brasil, apesar de existirem várias espécies de madeira cujo alburno é susceptível ao ataque destes fungos, o problema foi bem pouco estudado, havendo uma bibliografia nacional bastante pequena sobre o assunto (01,09,11,19,20,27,28,29,30,25,18,31). Nos últimos anos, entretanto, observou-se um grande aumento no interesse por este assunto, especialmente devido à crescente exploração da madeira de *Pinus* spp que apresenta várias espécies altamente receptivas a estes fungos.

Concomitantemente ao ataque por fungos manchadores, é bastante frequente, durante o período de secagem, a ocorrência de ataque por fungos emboloradores. Estes formam uma camada pulverulenta sobre a superfície da madeira. Da mesma forma que os fungos manchadores, suas hifas penetram profundamente no alburno, porém devido à ausência de pigmentação nestas hifas, não provocam alterações de cor no interior da madeira, restringindo-se estas alterações apenas à superfície da madeira onde ocorre uma intensa produção de esporos. Apesar de facilmente removível quando do aparelhamento da madeira, o desenvolvimento de bolor também diminui o valor de comercialização da madeira bruta.

Além dos fungos manchadores e bolores, as toras e a madeira dobrada durante o período de secagem podem ser colonizadas por fungos apodrecedores. Estes, ao contrário daqueles, são capazes de decompor as paredes celulares e consequentemente alterar profundamente as propriedades mecânicas da madeira mesmo em estágios iniciais de ataque (38); além disso, podem interferir na penetração, retenção e distribuição do preservativo em peças tratadas (35).

Com relação aos insetos, os coleópteros das famílias Scolytidae, Platypodidae e Cerambycidae são os mais importantes na deterioração de toras ou madeira durante o período de secagem. Algumas espécies de Scolytidae tem seu ataque restrito praticamente à

casca da árvore não causando, em princípio, grandes estragos. Muitos deles, entretanto, transportam aderidos ao corpo esporos de fungos manchadores sendo, portanto, importante vetores deste tipo de problema.

Os Scolytidae e Platypodidae muitas vezes causam ataques mais profundos. As fêmeas perfuram a casca da tora, para depositar seus ovos no lenho, onde ocorrerá o principal ataque. Os insetos destas duas famílias somente ocorrem em madeiras com alto teor de umidade. Os insetos da família Cerambycidae, por sua vez, exigem que a madeira apresente alto teor de umidade apenas por ocasião da postura dos ovos, que são depositados normalmente em pequenas fendas e rachas. As larvas destes insetos podem continuar se desenvolvendo mesmo após a secagem da madeira.

Depois de secas e dependendo das condições a que a madeira for exposta ela pode ser atacada por fungos apodrecedores, insetos de outras famílias da Ordem Coleoptera ou por cupins.

3. CONTROLE DA DETERIORAÇÃO DO ABATE ATÉ O FINAL DA SECAGEM

Uma vez que a madeira, como vimos, está sujeita ao ataque de uma grande gama de organismos para se obter um material de boa qualidade há necessidade de se adotar medidas preventivas para as toras e para a madeira serrada. Se essas medidas forem negligenciadas em qualquer etapa do processamento a qualidade do produto final poderá ser afetada.

Tendo em vista que o problema da mancha azul é especialmente importante no caso da exploração da madeira de *Pinus* spp, discutiremos com especial ênfase o controle dos fungos manchadores, lembrando, entretanto, que as medidas recomendadas para o controle destes organismos são válidas também para o controle de fungos emboloradores, apodrecedores e insetos.

Para facilitar a exposição discutiremos separadamente os métodos preventivos para toras e madeira serrada.

3.1. Controle da deterioração em toras

No Brasil, estima-se que o lapso de tempo entre o abate da tora e o desdobro da madeira de *Pinus* spp varia, em média, de 7 a 45 dias, dos quais as toras permanecem de 5 a 30 dias na mata sem qualquer medida preventiva (31). Este lapso de tempo é muitas vezes suficiente para que a madeira seja atacada por fungos manchadores.

Estudos efetuados com *Ceratocystis pilifera* mostraram que 80% dos seus esporos germinam nas primeiras 25 horas após a inoculação e que após doze dias as hifas deste fungo penetram, em média, 6 mm na direção tangencial, 10 mm na direção radial e 45 mm na direção longitudinal (26). Essas velocidades, porém, variam com a temperatura conforme pode ser observado na TABELA I.

TABELA I - PENETRAÇÃO MÉDIA DE *Ceratocystis pilifera* QUATRO DIAS APÓS A INOCULAÇÃO (26).

TEMPERATURA (°C)	PENETRAÇÃO (mm)	
	RADIAL	LONGITUDINAL
4	0	0
8	0,4	2,0
12	1,5	4,5
16	2,4	8,0
20	2,9	10,0
24	2,8	10,0
28	2,6	14,0
32	0,3	0,6
36	0	0

Além disso, diferentes espécies de fungo apresentam diferentes velocidades de crescimento conforme pode ser obser-

TABELA II - VELOCIDADE DE CRESCIMENTO, UMIDADE ÓTIMA, MÁXIMA E MÍNIMA TOLERADA PARA DIFERENTES ESPÉCIES DE FUNGO (dados extraídos de (26))

Fungo	Temperatura	Crescimento mm (dias)	Umidade ótima (%)	Umidade máxima (%)	Umidade mínima (%)
<i>Alternaria humicola</i>	29	60 (10)	35-150	160	-
<i>Aureobasidium pullulans</i>	28	41 (10)	80-120	-	26-27
<i>Botryodiplodia theobromae</i>	23	110 (7)	-	130	24
<i>Potrysphaeria obtusa</i>	25	65 (7)	-	130	24
<i>Ceratocystis minor</i>	26	78 (10)	36-160	170	-
<i>Ceratocystis pilifera</i>	26	41 (10)	45-135	170	27
<i>Cladosporium cladosporioides</i>	20	10-24 (10)	40-150	-	30
<i>Cytospora pini</i>	25	36 (10)	100	-	-
<i>Discula pinicola</i>	20	26-35 (10)	45-135	145	28
<i>Hendersonula</i> sp	25	80 (7)	-	130	25
<i>Leptographium lundbergii</i>	22	100-130 (10)	80-130	160	28
<i>Sclerophoma pityophila</i>	22	34 (10)	40-130	-	26

vado na TABELA II, na qual são apresentadas as velocidades obtidas em meio de cultura.

O que se desprende dos dados até agora apresentados é que qualquer medida preventiva deve ser tomada rapidamente. Outro aspecto a considerar é que as hifas dos fungos manchadores são inicialmente hialinas adquirindo a coloração que provocará a mancha após estarem desenvolvidas. Sabe-se que a temperatura e a umidade da madeira interferem na velocidade da pigmentação. Estudos efetuados com *Discula pinicola* mostraram que a pigmentação do micélio é inibida se o teor de umidade da madeira for inferior a 40% ou superior a 120%, sendo que a linhagem utilizada neste estudo apresentava um ótimo crescimento entre 50 e 80% e limites mínimo e máximo de 28 e 160%, respectivamente (34). Depreende-se, então que no intervalo entre 120 e 160% de umidade existe o desenvolvimento do fungo sem que, no entanto, seja detectável macroscopicamente a presença de infecção.

Este fato, aliado ao conhecimento de que existe um gradiente crescente de umidade do exterior para o interior nas toras ou peças desdobradas, traz uma outra importante consequência prática. O crescimento do fungo não se limita à área onde macroscopicamente a mancha é visível. Assim, a remoção das pontas manchadas nem sempre é uma garantia de sanidade das peças, bem como, uma peça que ao final do desdobro não apresente sinais de mancha, não está necessariamente sadia. Este fato explica, porque algumas vezes peças desdobradas e imersas em fungicida apresentam aspecto sadio enquanto brutas e mostram-se manchadas após o aparelhamento: o fungicida mata o micélio superficial porém não afeta as hifas mais internas que continuam se desenvolvendo e posteriormente adquirem pigmentação.

Uma vez que a velocidade de infecção é alta e o desenvolvimento do fungo nem sempre é detectável em seus estágios iniciais, as medidas preventivas devem ser adotadas rapidamente e, conseqüentemente, o fluxograma de operações deve ser racionalizado, especialmente quanto às etapas de extração na mata. É imprescindível adequar as velocidades das diferentes operações de modo a evitar grandes lapsos de tempo entre elas.

Para a manutenção da sanidade biológica das toras, são indicadas, fundamentalmente, quatro tipos de medidas:

- desdobro rápido
- submersão em água
- aspersão de água
- aspersão de fungicida

O desdobro rápido da tora objetiva evitar que haja tempo suficiente para que os fungos se instalem e penetrem na madeira antes do desdobro. Evidentemente após esta operação as peças obtidas devem receber um tratamento fungicida. Es

te procedimento implica a aceleração máxima no fluxo operacional entre o abate e o desdobro. Uma vez que a composição de espécies de fungos depende de vários fatores como localização geográfica, estação do ano, condições macro e microclimáticas e condições da madeira (34), e considerando que a quantidade de espécies de fungos manchadores é muito grande e que estas espécies apresentam velocidades de crescimento diferentes e características fisiológicas diferentes (vide TABELA II) torna-se muito difícil estabelecer genericamente um lapso de tempo entre o abate e desdobro onde não haja necessidade de outra medida preventiva. Entretanto, tem sido observado que toras desdobradas entre 48 e 72 horas após o abate têm apresentado baixa incidência de mancha.

O desdobro rápido da tora não exige qualquer operação adicional na mata, dependendo apenas da racionalização do processo. Porém, somente pode ser adotado em condições particulares onde a serraria esteja localizada próxima ao plantio e este não apresente dificuldades para o arraste e transporte das toras. Além disso, há necessidade de manter um estoque regulador, protegido, a fim de suprir a demanda quando de alguma interrupção temporária no esquema normal.

A manutenção das toras submersas ou submetidas à pulverização de água constituem processos bastante eficientes de proteção de toras. Uma vez que tanto os fungos quanto os insetos não podem se desenvolver na ausência de oxigênio gasoso (24) e que a quantidade de oxigênio nas toras, submetidas a estas condições, é severamente limitada (17) as madeiras assim expostas estão protegidas. Além desta proteção contra a deterioração biológica, estes processos impedem a secagem das toras evitando a formação de rachas e fendas. A manutenção das toras imersas pode ser feita em lagos ou tanques, devendo-se salientar que nas peças que permanecem apenas parcialmente submersas, a proteção restringe-se à parte situada abaixo da linha de flutuação. Além disso, deve-se ressaltar que a madeira possui algumas substâncias solúveis que podem poluir a água utilizada no armazenamento (25), bem como pode ocorrer a infecção por bactérias ou fungos de podridão mole em peças mantidas submersas por vários anos (17). A adoção da proteção das toras através da imersão em água depende da existência, junto à serraria, de um lago ou um tanque suficientemente grande para o armazenamento das toras, bem como implica um desembolso inicial na compra de equipamentos para a movimentação destas toras.

Por outro lado, a manutenção das toras sob pulverização de água depende da instalação, no pátio da serraria de um pulverizador com recirculação de água. Pesquisas efetuadas no Canadá (32) mostraram que não há necessidade de que o fluxo de água, no aspersor, seja contínuo, concluindo que períodos de 6 minutos de aspersão intercalados com intervalos de até 10 minutos com o equipamento desligado apresentam o mesmo efeito que fluxo contínuo. No Brasil, não temos informações de qualquer serraria que utilize este método. Para a implantação deste sistema de controle há necessidade de um investimento inicial na instalação de um sistema automático de pulverização semelhante aos utilizados na agricultura em irrigação mecânica. Apesar do custo inicial, os custos com mão de obra, neste sistema, são praticamente desprezíveis.

A proteção contra o ataque de fungos e insetos através da aplicação de produtos químicos é, sem dúvida, o método mais comumente adotado em todo o mundo. A primeira aplicação do fungicida/inseticida deve ser feita no máximo 24 horas após o abate da árvore (03, 04) utilizando-se para tanto um pulverizador costal. A aplicação deve ser feita em todas as áreas da tora onde a madeira esteja exposta: topos e áreas de desgalhe, resinação e onde a casca tenha sido danificada. Nas regiões de ocorrência de coleópteros que atacam madeira verde, a aplicação do produto deve ser estendida a toda a superfície da tora.

Neste ponto, é importante esclarecer que a idéia de que a aplicação do fungicida apenas nos topos das toras confere à madeira a proteção necessária contra os fungos manchadores não corresponde à verdade. Pesquisa efetuada nos Estados Unidos (04) mostrou que este tratamento apesar de diminuir significativamente a incidência de manchas nos topos, não reduz a incidência geral de mancha nas peças desdobradas. Os autores do estudo atribuíram tal resultado à penetração dos fungos por ferimentos na casca, nós e outros pontos de infecção, não tratados. Pesquisa semelhante efetuada no Brasil, também mostrou a ineficiência deste procedimento (18). Deve-se lembrar, aqui, que a casca, desde que intacta representa um obstáculo absoluto à penetração de fungos, e que em vista disto, as áreas de corte, de desgalhe e onde a casca foi removida ou danificada representam as principais vias de penetração dos fungos (24). Consequentemente é desaconselhável o descascamento das toras, bem como deve-se ter especial cuidado com as regiões de resinação, pois a infecção por fungos manchadores em *Pinus* spp ocorre muito mais rapidamente nas áreas onde a casca foi ferida ou removida do que nas áreas com casca íntegra (34). Alguns autores afirmam até mesmo que as infecções através de ferimentos na casca são mais importantes do que a verificada através dos topos (34).

Antes do empilhamento das toras no pátio da serraria é aconselhável aspergir a solução fungicida/inseticida nas áreas onde as cascas sofreram dano durante o transporte.

A aplicação de fungicida/inseticida exige um investimento inicial relativamente pequeno, porém implica em despesas contínuas com mão de obra e aquisição de produtos químicos. Mesmo assim, representa a opção de controle mais viável para a maioria de nossas serrarias.

3.2. CONTROLE DA DETERIORAÇÃO EM MADEIRA SERRADA

Após o desdobro, grandes superfícies de madeira, com alto teor de umidade, sem proteção, são expostas, e a infecção por organismos xilófagos pode ocorrer com facilidade. Em vista disto, é necessário que se adotem medidas preventivas que evitem a infecção durante o período de secagem.

Uma das medidas preventivas é a secagem rápida em estufas a altas temperaturas (acima de 100°C). Uma vez que a madeira de *Pinus* sp não é susceptível ao colapso (25), é possível utilizar este tipo de secagem. Nestas condições, a madeira além de esterilizada pelo efeito da temperatura, é seca muito rapidamente, atingindo, em questão de horas, teores de umidade dentro dos quais não é possível o desenvolvimento dos organismos xilófagos que normalmente ocorrem durante a secagem. Essa medida, adotada em alguns países, não é ainda aplicada industrialmente no Brasil, porém existem estudos em andamento em Curitiba e Porto Alegre.

No Brasil, a maioria das peças desdobradas são secas ao ar, em estufas convencionais (temperaturas entre 40 e 90°C) ou por desumidificação (temperaturas entre 20 e 40°C). Para que não ocorra a infecção nestas peças é necessária a aplicação de solução fungicida/inseticida. Essa aplicação pode ser efetuada por imersão ou aspersão imediatamente após a saída das peças da serra. É conveniente, entretanto, lembrar que estes tratamentos são bastante superficiais e destinados à proteção da madeira durante o período de secagem, não devendo a madeira assim tratada, nesta etapa do processamento, ser considerada como preservada.

O tratamento por imersão pode ser aplicado manualmente, semi-automatadamente ou automaticamente, dependendo a opção fundamentalmente do porte e da produção de cada serraria. Na imersão manual as peças após saídas das destopadeiras, são introduzidas, manualmente, em um tanque e mantidas submersas durante alguns segundos. A seguir são retiradas, deixando-se escorrer o excesso de solução. Este tipo de imersão é indicado para serrarias de pequeno porte. Estima-

se que um homem possa tratar até 10 metros cúbicos por dia de tábuas de 2,5 cm de espessura (3).

Os banhos semi-automáticos são empregados geralmente em serrarias com grande produção. Após o destopo, as peças delizam sobre roletes móveis e caem no tanque de imersão. A retirada das peças é manual.

O sistema automático é indicado para serrarias que apresentem grande produção diária. Consiste basicamente num sistema de correntes deslizantes sobre roletes e num tanque em forma de "V". Após o destopo, as peças são transportadas pelas correntes até o tanque onde são imersas na solução e a seguir removidas automaticamente.

Uma vez que a maioria dos produtos utilizados neste tratamento é solúvel ou emulsionável em água, obviamente está sujeita à lixiviação. Assim, há necessidade de obter com o tratamento uma retenção de produto capaz de garantir a proteção da madeira durante o período de secagem. Sabe-se que, nessas condições, a retenção de produto depende muito mais da concentração da solução do que do tempo de imersão (25). Observa-se, também, que após 60 segundos de imersão o incremento obtido na absorção de solução é praticamente desprezível. Assim, o controle da eficiência do tratamento depende muito mais do controle da concentração da solução do que do tempo de imersão. É também importante lembrar que a concentração da solução no tanque de imersão modifica-se ao longo do tempo de uso, sendo importante sua correção periódica.

A aplicação do tratamento por pulverização é indicada para serrarias com grande produção ou quando devem ser tratadas peças de grandes dimensões, cujo tratamento por imersão não seja possível. A aplicação pode ser feita através de pulverizadores costais ou em túnel de aspersão. Este último é um sistema automatizado que consiste de bicos de pulverizadores adaptados às paredes de um túnel, através do qual passam as peças de madeira movimentadas sobre roletes ou esteiras. Os bicos pulverizadores devem estar dispostos nas paredes do túnel de modo a garantir que todas as faces da peça sejam atingidas pela solução. O comprimento do túnel e a velocidade de passagem das peças devem ser calculados de modo a garantir que as peças fiquem encharcadas de solução.

É recomendável que as peças tratadas por imersão ou aspersão permaneçam pelo menos 12 horas empilhadas sem tabicamento, antes de serem colocadas para secar, a fim de que ocorra uma melhor fixação dos produtos. Além disso, deve-se salientar que a eficiência da proteção conferida pelo tratamento decresce com o tempo de secagem (33,12,13) e que maiores períodos de secagem exigem retenções maiores de solução (13). Assim sendo, dependendo das condições climáticas das diferentes regiões onde a madeira é explorada pode haver necessidade de utilização de diferentes concentrações de fungicida/inseticida, adaptados ao clima e à fauna e flora xilófaga existente.

3.3. PRODUTOS QUÍMICOS UTILIZADOS

Devido ao grande número de espécies de fungos e insetos capazes de atacar a madeira desde o abate até o final da secagem, há necessidade de que o espectro de atividade dos fungicidas e inseticidas seja bastante largo. A situação torna-se especialmente mais complexa se considerarmos a possibilidade da existência de diferenças entre linhagens diferentes da mesma espécie de organismo, bem como aparecimento de linhagens ou até de espécies resistentes. Vários exemplos de desempenhos distintos para os mesmos produtos testados em locais diferentes já foram relatados em literatura (12).

Ao longo do tempo, várias foram as substâncias químicas utilizadas no controle químico da deterioração de madeiras

verdes. Dentre os fungicidas os compostos de mercúrio foram utilizados por muitos anos, porém devido a sua alta toxicidade ao homem e agressividade ao meio ambiente, há muitos anos foram abandonados. Atualmente, a grande maioria dos produtos existentes é formulada à base de pentaclorofenol, pentaclorofenato de sódio, bórax e ácido bórico. Dentre os inseticidas, os organoclorados ocupam posição de destaque no controle de insetos que ocorrem em madeira verde. Compostos como o isômero gama do BHC, octacloro, heptacloro e ortodiclo benzeno são os principais inseticidas utilizados atualmente na formulação de produtos para o controle químico de insetos em madeira verde.

Uma vez que este trabalho tem até aqui dado ênfase especial ao problema da mancha azul em madeira de *Pinus* spp discutiremos com mais detalhes a questão do pentaclorofenato de sódio, que tem sido até agora o produto mais utilizado no mundo inteiro no controle daquele problema. Este composto apresenta uma alta toxicidade a um largo espectro de fungos, é incolor, tem boa permanência na madeira, e é relativamente barato e de fácil obtenção. Estas características serviram para manter, por muitos anos, sua posição dominante no controle da mancha azul. Entretanto como todos os fenóis clorados, o pentaclorofenato de sódio pode conter impurezas conhecidas genericamente como dioxinas, altamente tóxicas ao homem e lesivas ao meio ambiente. Em vista disto, a utilização dos clorofenóis foi restringida em alguns países como Japão, Indonésia e Canadá, ou banida, como na Suécia (12). Em virtude da crescente pressão contra a utilização destes compostos observa-se uma tendência generalizada pelo mundo no sentido de buscar outros produtos ecologicamente mais seguros (5,7,8,15,23,37,36,6,14,21,22,34,33,12).

Estas pesquisas mostraram vários compostos com grande possibilidade de substituir os fenóis clorados. Entre eles podemos citar, por exemplo, misturas à base de bistiocianato de metileno (14,16), de guazatina (21), de compostos de amônio quaternário e organosulfurados (12), o Captafol e o Folpet, que hoje já são antimanchas comerciais na Nova Zelândia (6).

No Brasil, a par destes problemas, o fechamento da única unidade industrial que produzia o pentaclorofenol, e os crescentes custos com importações tornam imperiosa a realização de pesquisas neste importante setor da utilização da madeira de *Pinus*. Dentro desta linha, o IPT vem desde 1980 estudando novas alternativas tendo testado, até o momento, alguns compostos de amônio quaternário, sais de amina, carbamatos e benzotiazóis, entre outros. Ensaio em campo com estes produtos mostraram que com o Folpet (N-(triclorometiltio)ftalimida), o Captan (N-(triclorometiltio)cicloheptano-4-ene-1,2-dicarboximida) e o Busan 30 (2-(tiocianometiltio)benzotiazol) é possível controlar a mancha azul e o bolor, porém, à exceção do Folpet, estes produtos nas concentrações necessárias para o controle não eram, em 1982, com petitíveis, em termos de preço, com os produtos à base de pentaclorofenato de sódio (30). Observou-se, também, que Bunema (N-hidroximetil-N-metil ditiocarbamato) e o Busan 881 (mistura de cianoditiocimida carbonato dissódico com etilenodiamina com N-metil-ditiocarbamato de potássio) controlam o desenvolvimento de fungos manchadores, porém apresentam desempenho pouco satisfatório contra fungos embotadores (29). Deve-se porém salientar a necessidade da execução de maiores estudos não somente com estes produtos mas também com outras alternativas existentes no mercado nacional e, preferencialmente, fabricadas no Brasil, a fim de que possamos dispor de um elenco de opções economicamente viável e capazes de controlar o ataque de fungos manchadores nas diferentes regiões madeireiras do Brasil.

Faz-se também necessário um melhor conhecimento das espécies de fungos brasileiros responsáveis pelos problemas de mancha e bolor em nossas madeiras, uma vez que experiências com fungicidas (que não os clorofenóis) para uso agrícola ou controle de mancha em vários países, tem sugerido que os

fungos podem se adaptar a certos fungicidas, sendo que esta adaptação pode ocorrer, algumas vezes, num espaço de tempo bastante curto (14).

BIBLIOGRAFIA CITADA

1. BENOIT, J. A conservação das madeiras tropicais em toras. Anuário Brasileiro de Economia Florestal, 10(10), 1958, pp. 181-189.
2. BOOCOOCK, D. Sapstain and its control. London, BWPA, 1963 (BWPA News Sheet, 30).
3. BOSSY, H.C. & SAAVEDRA, H.M. Prevención y control de la mancha azul em la madera. Departamento de Industria y Productos Forestales - Instituto Forestal - Santiago (Chile), 1970 (In forme Técnico 34).
4. BURKHARDT, E.C. & WAGNER, F.C. End treatment of hackberry logs to prevent blue stain. Forest Products Journal, 28(1), 1978, pp.36-38.
5. BUTCHER, J.A. Laboratory screening trials for new prophylactic chemicals against sapstain and decay in sawn timber. Material und Organismen, 8, 1973, pp.51-70.
6. BUTCHER, J.A. Commercial antisapstain chemicals in New Zealand. The International Research Group on Wood Preservation, 1980 (Document nº IRG/WP/3142).
7. BUTCHER, J.A. & DRYSDALE, J. Field trials with captafol - an acceptable antisapstain chemical. Forest Products Journal, 24(11), 1974, pp.28-30.
8. BUTCHER, J.A. & DRYSDALE, J. Laboratory screening trials with chemicals for sawn timber against mould, sapstain and decay. International Biodeterioration Bulletin, 14(1), 1978, pp. 11-19.
9. CARDOSO, L. Causas da coloração anormal da madeira. Anuário Brasileiro de Economia Florestal, 10(10), 1958, 228-242.
10. CARTWRIGHT, K.ST.G. & FINDLAY, W.P.K. Staining and discoloration of timber in Decay of timber and its prevention. 2 ed. London, Her Majesty's Stationery Office, 1958, p.298-320.
11. CAVALCANTE, M.S. Alternativa para combate à mancha azul da madeira. Brasil Madeira, 3(25), 1978, 37-38.
12. COGGINS, C.R. Anti-sapstain treatments for freshly sawn timber: the new chemicals. Record of the 1982 Annual Convention of the British Wood Preserving Association, 1982, pp.65-71.
13. CSERJESI, A.J. Procedure for field testing fungicides on unseasoned lumber. Forintek Canada Corp. - Western Forest Products Laboratory, 1980 (Technical Report Nº 16).
14. CSERJESI, A.J. & JOHNSON, E.L. Mold and sapstain control: laboratory and field tests of 44 fungicidal formulations. Forest Products Journal, 32(10), 1982, pp.59-68.
15. CSERJESI, A.J. & ROFF, J.W. Toxicity tests of some chemicals against certain wood-staining fungi. International Biodeterioration Bulletin, 11(3), 1975, pp.90-96.
16. EDLUND, M.L. & HENNINGSSON, B. Field and laboratory studies on anti-sapstain preservatives. The International Research Group on Wood Preservation, 1982 (Document Nº IRG/WP/3205).
17. ESLYN, W.E. & LAUNDRIE, J.F. How anaerobic storage affects quality of Douglas-Fir pulpwood chips. Tappi, 56(7), 1973, pp.129-131.
18. FERNANDES, P.S. et alii. Um estudo sobre o tratamento preventivo de toretes de Pinus elliottii contra fungos manchadores. Silvicultura, 28, 1983, pp.772-773.
19. GALVÃO, A.P.M. Processos práticos para preservar a madeira. Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1975.
20. GALVÃO, A.P.M. Preservação de manchas de madeira de pinos. Boletim Informativo, IPEF, 3(9), 1976, pp.8-11.
21. HAYWARD, P. et alii. Screening results of fungicides for sapstain control on Pinus radiata. The International Research Group on Wood Preservation, 1983 (Document Nº IRG/WP/3236).
22. HEDLEY, M.E. et alii. Screening of selected agricultural and industrial chemicals as wood preservatives. International Biodeterioration Bulletin, 11(3), 1979, pp.9-18.
23. HULME, M.A. & THOMAS, J.F. Control of fungal sap stain with alkaline solutions of quaternary ammonium compounds and with tertiary amine salts. Forest Products Journal, 29(11), 1979, pp.26-29.
24. JACQUIOT, M.D. La protection des bois abattus. Cahiers du Centre Technique du Bois - Serie II - Exploitations Forestières et Scieries, 1974 (Cahier 66).
25. JANKOWSKY, I.P. & OLIVEIRA, J.C.S. Tratamento preventivo e secagem da madeira de Pinus spp. Palestra proferida no dia 10/03/82 na Associação Brasileira dos Produtores de Madeira, São Paulo.
26. KÄRRIK, A. Fungi causing sapstain in wood. The Swedish University of Agricultural Sciences. Dept. of Forest Products Report Nº R.114 (IRG/WP/199).
27. LEPAGE, E.S. Preservação de Madeiras. Preservação de Madeiras - Boletim Técnico, 2(1), 1974, 37-83.
28. LEPAGE, E.S. Preservação de Madeiras. In: AQUARONE, E. et alii, coord. Biotecnologia; tópicos de microbiologia industrial, Edgard Blücher/EDUSP. v.2, 1975, pp.77-96.
29. MILANO, S. Effectiveness of some microbiocides against the development of mould and sapstain in Pinus elliottii. The International Research Group on Wood Preservation, 1981 (Document Nº IRG/WP/3169).
30. MILANO, S. & VIANNA NETO, J.A.A. Evaluation of the effectiveness of three microbiocides in the control of sapstains. The International Research Group on Wood Preservation, 1982 (Document Nº IRG/WP/3212).
31. MILANO, S. & VIANNA NETO, J.A.A. Considerações sobre a mancha azul e bolor em madeira de Pinus spp. Anais do I Encontro Brasileiro em Preservação de Madeiras, São Paulo, 1982, pp.177-186.
32. MILLER, D.J. & SWAN, S. Blue stain in sprinkled log decks and lumber piles of ponderosa pine. Forest Products Journal, 30(2), 1980, pp.42-48.
33. PLACKETT, D.V. Field evaluation of alternative antisapstain chemicals. The International Research Group on Wood Preservation, 1982 (Document Nº IRG/WP/3198).
34. TAROCIŃSKI, E. & ZIELIŃSKI, M.H. Protection of pine sawn timber against blue stain in Poland. The International Research Group on Wood Preservation, 1982 (Document Nº IRG/WP/3193).
35. TAYLOR, J.A. Pretreatment decay in poles. Proceedings of AWPA, vol.76, 1980, p.227-235.

Utilização de Pinus na produção de laminados e compensados

OSMAR JOSÉ ROMEIRO DE AGUIAR
(EMBRAPA/ESALQ-USP/Piracicaba-SP)

I. INTRODUÇÃO

Quando a indústria de compensado começou a ser implantada no Brasil, houve uma adaptação da tecnologia existente (importada da Europa e dos Estados Unidos), para trabalhar com espécies que possuíam características, apropriada para este tipo de processamento. Algumas dessas espécies constituíam uma fonte de matéria-prima que acreditava-se inesgotável, devido a disponibilidade e fartura, como por exemplo cedro, Pinheiro do Paraná, etc..

Isso contribuiu para que se firmasse, o conceito de espécies tradicionais para a produção de painéis, ocasionando uma estagnação no desenvolvimento de tecnologia, visando a utilização de outras espécies.

Com aumento do consumo, e o distanciamento das reservas naturais das espécies consideradas tradicionais, dos grandes centros consumidores; O abastecimento de matéria-prima para Indústria, passou a ser prejudicado. Para contornar este problema uma das opções é a utilização de madeira de reflorestamento, o que hoje já é praticado pela Indústria de Celulose e Papel, chapas de fibras, e aglomerados, que utilizam basicamente madeira de reflorestamento.

A FAO (1976), durante a consulta mundial, realizada na Índia constatou que um dos principais fatores que contribuiu para o Progresso Tecnológico na manufatura de painéis a base de madeira foi a mudança na matéria-prima utilizada, sobre tudo a necessidade de se empregar madeiras novas e de qualidade considerada inferior.

Com avanço das técnicas silviculturais e com aumento diário das áreas plantadas com *Pinus*, como também, experiência obtidas na manufatura de lâminas e compensados em outros países: A utilização dessas madeiras constituem uma das melhores opções para o fornecimento de matéria-prima.

REVISÃO BIBLIOGRAFICA

Segundo a definição de BALDWIN (1975), o processo de manufatura do compensado é o único através do qual a matéria-prima altamente variável é transformada em um produto mais versátil que a árvore original. A estabilidade dimensional, a resistência, e a durabilidade do compensado tem prevenido a invasão competitiva dos materiais compostos, como o aglomerado e a chapa dura. Como um produto único, a manufatura do compensado é simples.

Embora afirmando que o processo de manufatura do compensado é simples, o referido autor adverte que a dificuldade está em se obter um painel de qualidade, isto é, de

resolver problemas tecnológicos que surgem em diversas fases do processamento de modo que o produto final atenda às exigências do mercado.

A FAO, durante a consulta mundial realizada em 1975, constatou que um dos principais fatores que contribuiu para o progresso tecnológico na manufatura de painéis a base de madeira foi a mudança na matéria-prima utilizada, sobretudo a necessidade de se empregar madeiras novas e de qualidade considerada inferior. Uma das recomendações finais da FAO é o incremento na produção de madeira para a manufatura de chapas em geral, através da implantação de florestas homogêneas com os gêneros *Pinus* e *Eucalyptus*. Essa recomendação baseia-se no amplo conhecimento silvicultural existente sobre essas espécies, aliado ao fato de que a tecnologia industrial para a utilização dessa matéria-prima vem sendo desenvolvida por instituições de pesquisa em diversos países.

De acordo com WALLIS (1970), a indústria de compensados na região da Austrália do Sul utiliza *Pinus radiata* e algumas espécies de *Eucalyptus* como matéria-prima e que o produto final destina-se à utilizações diversas, alguns dos quais com o mais alto padrão de qualidade. Isso somente foi possível com o aperfeiçoamento do maquinário e a introdução de técnicas aprimoradas.

A qualidade do painel compensado pode ser afetada pelas variáveis envolvidas no processamento e também pela qualidade das lâminas utilizadas.

PALKA (1974) define a qualidade das lâminas obtidas em um torno desenrolador como um termo utilizado para descrever ou avaliar o efeito do processo de corte nas propriedades físicas das lâminas obtidas. Essa qualidade pode ser avaliada através dos seguintes parâmetros:

- uniformidade na espessura das lâminas
- rugosidade
- profundidade das fendas de laminação

As fendas de laminação, que são ocasionadas pelas tensões desenvolvidas durante o processo de obtenção das lâminas podem ser também avaliadas medindo-se a resistência da lâmina à tração perpendicular as fibras, como sugerem WANGAARD e SARAOS (1959).

A qualidade das lâminas por sua vez, sofre a influência das características da matéria-prima e do processo para obtenção das lâminas.

A tora considerada ideal para a produção de lâminas deveria estar livre de defeitos, apresentar um crescimento lento e uniforme e com anéis de crescimento perfeitamente concên-

tricos e cilíndricos. A afastamento dessas características afetará a qualidade das lâminas, bem como acarretará uma modificação na regulagem do torno desenrolador a fim de contrabalançar os efeitos negativos da tora.

FEIHL et alii (1977), informam que as principais características das toras, destinadas à produção de lâminas por desenrolamento, que afetam a qualidade das lâminas são o peso específico, o teor de umidade, a direção das fibras, a presença de anéis de crescimento e a excentricidade das toras.

Outro fator importante que prejudica a qualidade das lâminas é a temperatura da tora na ocasião do desenrolamento. Com a exceção de poucas madeiras muito macias quando úmidas, o aquecimento das toras por vaporização ou por imersão em água quente é desejável. (KOLLMANN et alii, 1975)

O aquecimento das toras possibilita a obtenção de lâminas com a superfície lisa, melhora as condições de corte das madeiras duras, amolece os nós e reduz o tempo de secagem. Por outro lado, o aquecimento excessivo pode provocar rachaduras nos extremos das toras, separação dos lenhos inicial e tardio durante a laminação e aumentar o número de toras que são lançadas fora do torno durante a laminação (LUTZ, 1974a).

Segundo FEIHL e GODIN (1970) toras muito frias durante a laminação podem produzir lâminas abertas em demasia, rugosidade excessiva e ondulações. Toras submetidas a aquecimento acima do ideal resultarão em lâminas felpudas, e podem também provocar distorções na faca e na barra de compressão.

Quanto às variáveis do torno desenrolador, KOCH (1964, 1972), HAILEY e HANCOCK (1973), PALKA (1974), dentre outros, informam que, embora elas sejam em número maior do que as variáveis da madeira, são as que menos afetam a qualidade das lâminas, uma vez que as mesmas podem ser alteradas e reguladas a qualquer momento, em função da matéria-prima que se esteja utilizando.

Dentre essas variáveis, podem ser relacionados os fatores da faca (ângulo da faca e ângulo de afiação da faca), as aberturas vertical e horizontal e a velocidade de corte. Deve-se salientar ainda que essas variáveis interagem entre si.

De acordo com FEIHL & GODIN (1970), uma faca corretamente esmerilhada e afiada é o ponto de partida na produção de boas lâminas. O ângulo de afiação da faca geralmente varia de 20° (para folhosas) a 25° (coníferas com nós duros que dificultam o corte). Pode-se também efetuar uma micro-afiação, com um ângulo de 30° para minimizar os efeitos dos nós.

Segundo DOKKEN e GODIN (1975), o ângulo da faca é uma das regulagens mais importantes. Se ele estiver muito aberto, a faca e a tora começam a vibrar rapidamente, e o torno produzirá lâminas corrugadas. Se o ângulo estiver muito fechado, a faca inclina-se acentuadamente em direção da tora, o que resulta em uma movimentação imperceptível na faca e provoca uma variação na espessura da lâmina. Em adição, a inclinação acentuada da faca produz uma fricção excessiva que pode causar rachaduras nos extremos das toras e fazer com que as garras girem em falso. De um modo geral, o ângulo de faca ideal é de 90° 00' a 89° 00' para lâminas grossas, e de 90° 30' a 89° 30' para lâminas finas. É importante também que o fio ou gume da faca esteja alinhado no mesmo plano que corta o centro das garras.

A Figura 1 apresenta as relações geométricas entre a tora, a faca, a barra de compressão e o centro das garras (JANKOWSKY e SUCHSLAND, 1972).

A barra de compressão ou contra-faca, é um elemento semelhante à faca, montado no mesmo carro que porta a faca e ligeiramente acima do gume, de modo que os dois elementos formam uma abertura entre si, através da qual passa a lâmina. A barra de compressão tem suas funções:

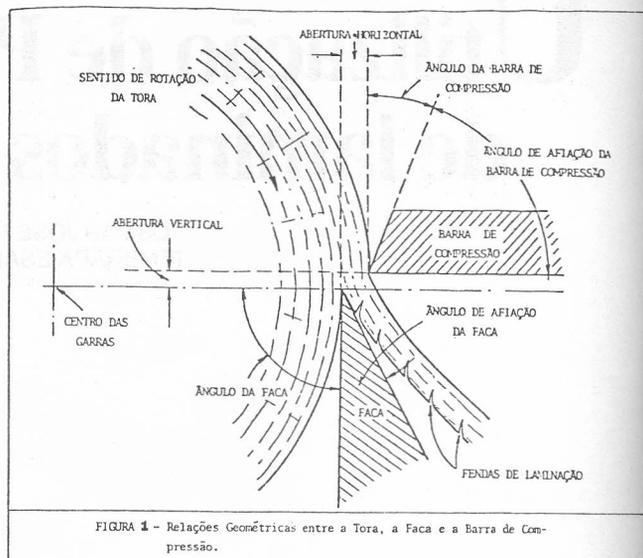


FIGURA 1 - Relações Geométricas entre a Tora, a Faca e a Barra de Compressão.

- comprimir a madeira logo após o corte, de modo a evitar rachaduras
- guiar e apoiar o corte da faca

O posicionamento da barra de compressão em relação à faca irá determinar as aberturas horizontal e vertical, que por sua vez determinam a compressão a que é submetida a lâmina logo após o corte.

CUMMING e COLLETT (1970) definem o nível de compressão como a diferença entre a espessura da lâmina e a abertura horizontal, expressa em porcentagem da espessura nominal da lâmina.

WANGAARD e SARAOS (1959), e posteriormente KOCH (1964), definem a compressão da lâmina de acordo com a fórmula:

$$C = \left[H + V \tan(90^\circ - I) \right] \cos(90^\circ - I)$$

onde
 C = Compressão da lâmina
 H = abertura horizontal
 V = abertura vertical
 I = ângulo de inclinação da faca = $\left[180^\circ - (\text{ângulo da faca} + \text{ângulo de afiação da faca}) \right]$

A porcentagem de compressão da barra poderá então ser calculada através da seguinte equação:

$$CE\% = \frac{100(E-C)}{E}$$

onde
 CE% = porcentagem de compressão da barra
 E = espessura nominal da lâmina
 C = compressão da lâmina

Embora os resultados experimentais obtidos através da utilização de diferentes equações tenham apresentado consequências semelhantes na prática, deve-se preferir a equação citada por KOCH (1964), pois a mesma utiliza os valores das aberturas horizontal e vertical para o cálculo da compressão.

FEIHL e GODIN (1970), apresentam tabelas com valores para as aberturas horizontal e vertical em função da espécie utilizada e da espessura desejada da lâmina. Esses valores podem ser utilizados como ponto de partida na determinação da regulagem ideal para espécies desconhecidas.

Dentre as variáveis do processo de manufatura que afetam a qualidade do compensado, as mais importantes são o teor de umidade nas lâminas, tipo e aplicação dos adesivos, o tempo de secagem, o tempo e a temperatura de prensagem.

O teor de umidade das lâminas deve ser estabelecido a função do adesivo a ser utilizado.

De acordo com CHOW et alli (1973), informa que a secagem insuficiente da lâmina, quando são utilizados adesivos fenólicos, provoca o aparecimento de bolsões ou bolhas de ar entre as lâminas e a posterior relaminação do painel. A secagem excessiva ocorre para a deterioração da linha de colagem, como também pode ocorrer a queima superficial das lâminas.

Uma chapa manufaturada de lâminas com diferentes teores de umidade, empenará quando atingir o equilíbrio com o ambiente (SELBO, 1975).

Os adesivos mais utilizados na produção de compensados, segundo SELBO (1975), são as proteínas de soja, albumina de sangue, caseína, resinas de uréia, resinas fenólicas, melamina e algumas combinações de uréia-melamina. A seleção do adesivo é feita a função da resistência à umidade que se deseja ter no painel, e sempre a melhor formulação para uma espécie apresentará bons resultados em outra espécie diferente.

De acordo com SELBO (1975), a mistura dos vários componentes do adesivo deve ser feita de modo que a mistura fique homogênea, e a aplicação deve ser feita por igual em toda a área da lâmina.

O teor de umidade das lâminas e o adesivo interagem afetando o tempo de montagem, que é o tempo decorrido entre o espalhamento do adesivo e o fechamento da prensa.

Segundo CARROLL e DOKKEN (1970), lâminas com um alto teor de umidade exige um tempo de montagem maior do que o normal, e que lâminas muito secas ou ainda quentes provocam um rápido aumento na viscosidade da cola, prejudicando a qualidade da linha de colagem.

SELBO (1975) afirma que a determinação do tempo de montagem apropriado é muito importante, e que frequentemente tem efeito significativo na qualidade da linha de colagem. Tempo de montagem muito curto resulta em linhas de colagem deficientes, em que a cola é expulsa durante a prensagem, devido a pouca absorção da água do adesivo pela madeira. Tempo de montagem muito longo resulta na formação de uma camada endurecida na superfície do adesivo devida à evaporação do solvente, prejudicando a transferência e a penetração do adesivo na lâmina.

Esclarecimentos sobre a influência da pressão e temperatura durante a prensagem do compensado são fornecidos por CHOW et alli (1973).

A pressão adequada é necessária para assegurar uma boa transferência do adesivo e para manter um bom contato entre as lâminas durante a cura do adesivo. Pressões excessivas podem expulsar a cola, e também provocar uma redução na espessura do painel. Pressões abaixo do ideal não asseguram um bom contato entre as lâminas.

A temperatura está relacionada com a cura do adesivo. Temperaturas baixas podem causar a cura inadequada nas lâminas centrais do painel. Esse problema também pode ser causado por um tempo de prensagem muito pequeno. Contudo, os autores ressaltam as controvérsias existentes quanto às relações entre temperatura, tempo de prensagem e cura do adesivo, demonstrando a necessidade de pesquisas mais aprofundadas nesse sentido.

DEFEITOS DAS LÂMINAS E SUAS CAUSAS

LÂMINA MUITO ABERTA (Fendas de laminação profundas)

Causas: Pressão insuficiente da contra-faca
Tora muito fria.

LÂMINAS RUGOSAS

Causas: Pressão insuficiente da contra-faca
Faca sem fio (cega).

LÂMINAS FELPUDAS (Com desfibramento excessivo)

Causas: Tora muito quente
Faca sem fio
Ângulo da barra de compressão muito grande.

FIBRAS ARRANCADAS OU ESCAMADAS (no lado fechado da lâmina)

Causa: Ângulo da barra de compressão muito grande
Pressão da barra de compressão muito alta
Ângulo da faca muito pequeno.

LÂMINA COM FACE ONDULADA (1 a 2 ondulações por cm)

Quando a lâmina está sendo produzida com ondulações, o torno vibra e emite um som estrondoso.

Causas: Ângulo da faca muito grande
Tora muito fria
O corte da faca está ajustado abaixo do centro das garrafas.

LÂMINA COM ESPESSURA IRREGULAR (Variação na espessura da lâmina na direção da laminação, isto é, em sentido perpendicular às fibras. A distância entre ondulações é de 30,0 cm ou mais).

Causas: Ângulo da faca muito pequeno.

LÂMINA MAIS GROSSA NAS PONTAS DO QUE NO CENTRO

(Isso provoca o curvamento da lâmina).

Causas: Distorção por aquecimento da faca e da barra de compressão, causando uma redução da abertura horizontal no meio da lâmina.

1. ESTUDO Nº 1

1.1. Objetivo = Este estudo desenvolveu-se com o objetivo de verificar a possibilidade da utilização da madeira de *P. strobus* como matéria-prima para produção de lâminas e painéis compensados onde, foram pesquisadas as características das lâminas em função da regulagem do torno desenrolador bem como a resistência da linha de colagem em painéis compensados manufaturados com resina comercial a base de uréia-formaldeído.

1.2. Materiais e Métodos =

- Foram utilizadas 9 toras de 1,30m de comprimento, sorteadas ao acaso entre 15 toras provenientes da parte basal de 5 árvores com 12 anos de idade.
- Para transformar as toras em lâminas e posterior manufatura de compensados utilizou-se o equipamento pertencente ao Departamento de Silvicultura da ESALQ.
- Foram testadas 3 regulagens no torno desenrolador (baseadas nas indicações de FEIHL & GODIM (1970) e LUTZ (1974), para produzir lâminas de 3mm sem aquecimento.
- Para cálculos de rendimentos foram medidos diâmetro na parte média da tora, o seu comprimento e, posteriormente o comprimento total da lâmina, que foi cortadas em lâminas de 90 cm de comprimento, para manufatura de compensados.
- Entre as lâminas de 90 cm, foram retiradas amostras de 30 cm de comprimento, onde foi medido as espessuras do centro e dos extremos, a densidade básica e retiradas corpos de provas para avaliação da rugosidade e da resistência à tração perpendicular às fibras. Figura 1.

OBS: - A espessura das lâminas foi medida com auxílio de um relógio comparador de 0,01 mm de precisão.

- Para avaliar o efeito das fendas de laminação foi utilizado a resistência à tração

utilizando-se uma máquina universal de teste (de acordo com WANGAARD & SARAOS (1959).

- As fendas de laminação e a rugosidade foram avaliadas conforme mostra o Quadro 2.
- As lâminas destinadas à manufatura dos compensados foram secas em estufas até 10,0% de umidade.
- Na manufatura dos compensados foi utilizado adesivo comercial a base de ureia-formaldeído (Cascamite PL 117) Quadro 3.
- O tempo de prensagem foi de 24 minutos, à temperatura de 25°C e sobre pressão de 10,0 kg/cm².
- A resistência de linha de colagem foi testada de acordo com os padrões da norma NBS/PS 51-71 (Sutular, 1972).

1.3. Resultados e discussão =

- Características das toras (valores médios).
diâmetro = 30,60 cm
comprimento = 1,30 m
volume = 0,0965 m³
umidade = 159,0%
T° de corte = 32,4°C (ambiente)
- Rendimento médio do processo.
volume da tora sem casca = 0,0965 m³ (100%)
volume do cilindro central = 0,0131 m³ (13,6%)
volume de lâminas perdidas = 0,0309 m³ (32,0%)
volume de lâminas úteis = 0,0525 m³ (54,4%)
- A classificação em função dos defeitos como nós, buracos de nós e rachaduras, foi apenas pela separação das lâminas isentas de defeitos (limpas), para utilização nas faces do painél, e as defeituosas para composição do miolo.
- A maioria das lâminas obtidas das 9 toras apresentavam nós e buracos, condicionadas a miolo de compensado; Estes defeitos podem ser manejados corretamente em povoamento de árvore para compensado.
- A densidade básica média das lâminas foi de 0,325 g/cm³ (peso seco/ vol. verde), variando entre 299 g/cm³ e 0,341 g/cm³.
- A variação da rugosidade e o efeito das fendas de laminação são apresentadas no Quadro 4.
- No Quadro 4, as lâminas com 2,7 mm de abertura horizontal apresentaram uma maior resistência perpendicular as fibras (comparada com a madeira maciça R max = 35,12 kg/cm²), sendo a diminuição 16,8%, 25,8 e 8,6% p/I III III.
- A regulagem III, proporcionou lâminas com menor rugosidade.
- Fraticamente a variação de espessura foi praticamente iguais, e dentro dos limites preconizados pela literatura.
- Na regulagem I, as toras mostraram tendências de serem lançadas para fora, ou racharam quando as garras externas eram recolhidas (telescópico).
- Na análise geral das características das toras, do comportamento durante a laminação, e da qualidade das lâminas obtidas, conclui-se que a regulagem III apresentou melhores resultados.
- O compensado manufaturado com resina à base de ureia-formaldeído, apresentaram linhas de colagem com alta resistência à umidade (Tipo II segundo norma NSB/PS 51-71).
- A resistência max a flexão paralela às fibras foi de 402,8 kg/cm², 392,5 kg/cm² e 404 kg/cm² p/ I II e III.
- Tanto a flexão paralela (65% da testemunha), como a resistência a colagem não foram afetados pelo tipo de regulagem.

1.4. Conclusões =

- Para as condições do presente estudo conclui-se:
- Dentro das regulagens testadas, a de nº III apresentou melhor qualidade das lâminas. Quadro 1.
- A regulagem não afetou a resistência do painél,

Quadro 1. Regulagens do torno desenrolador testadas na produção de lâminas de madeira de *Pinus strobus* var. *chiapensis*.

Regulagem	Espessura da lâmina (vista da) (mm)	Abertura Horizontal (mm)	Abertura Vertical (mm)	% de compressão	ÂNGULO DA FAÇA		Ângulo de afiação da face	Tora nº
					Quando o diâmetro da tora = 60,0 cm	Quando o diâmetro da tora = 22,0 cm		
I	3,00	2,5	0,5	16,0%	90°00'	89°00'	20°00'	1 2 3
II	3,00	2,6	0,5	13,0%	90°00'	89°00'	20°00'	4 5 6
III	3,00	2,7	0,5	10,0%	90°00'	89°00'	20°00'	7 8 9

Quadro 2. Escala de valores para avaliação subjetiva de rugosidade e das fendas de laminação.

VALOR ATRIBUÍDO	CARACTERÍSTICA DA LÂMINA	
	Fenda de Laminação	Rugosidade
1	aberta	rugosidade acentuada
2	razoavelmente aberta	pouca rugosidade
3	razoavelmente fechada	sem rugosidade
4	fechada	excessivamente lisa

Quadro 3. Formulação do adesivo utilizado na manufatura do compensado (o peso refere-se à quantidade usada em 1,0 m² de linha dupla).

INGREDIENTE	PESO	% TOTAL
Resina (Cascamite)	130,0	37,10
Extensor (Albex-1)	97,0	27,70
Enchedor (Albex-5)	9,7	2,77
Catalizador (m - 8)	6,5	1,85
Catalizador (H-27-L)	3,5	1,00
Água	103,5	29,50
TOTAL	350,0	100,00

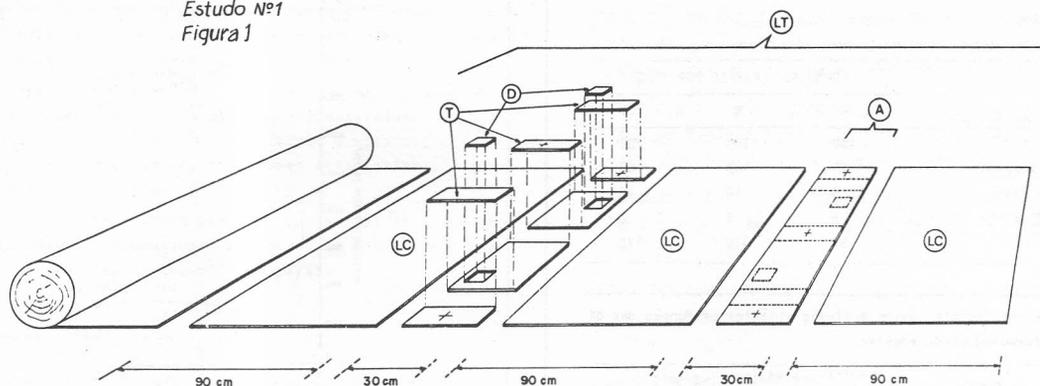
Quadro 4. Variação da rugosidade e efeito das fendas de laminação na resistência das lâminas, quando submetidas à tração perpendicular às fibras.

REGULAGEM	I			II			III		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Tora nº									
Rugosidade	2	2	2	2	2	3	3	3	3
Fendas de laminação	3	3	3	3	3	3	2	2	2
R. máxima (Kg/cm ²)	35,0	24,7	28,0	21,3	31,2	25,8	33,2	29,1	34,0
Média		29,2			26,1			32,1	
Umidade	12,4	13,2	12,1	13,2	14,0	13,2	13,3	11,4	10,6

onde: rugosidade 2 = lâminas com pouca rugosidade.
 rugosidade 3 = lâminas sem rugosidade.
 fendas de laminação 2 = razoavelmente aberta.
 fendas de laminação 3 = razoavelmente fechada.
 R. máxima = resistência máxima à tração perpendicular às fibras.

- tanto quanto afetou a qualidade das lâminas.
- Os compensados de *Pinus strobus*, confeccionado com adesivo ureia-formaldeído apresentou alta resistência à umidade Quadro 3.
- É tecnologicamente viável utilizar madeiras de *Pinus strobus* para produção de lâminas e compensados de boa qualidade.

Estudo Nº1
Figura 1



- LT - Lâmina total retirada de uma tora
 LC - Lâmina destinada a fabricação do compensado
 A - Amostra
 + - Ponto para medição da espessura
 D - Corpo de prova para determinação da densidade básica
 T - Corpo de prova para determinação da resistência à tração perpendicular às fibras

ESTUDO Nº 2

1 - Objetivo

Este trabalho tem como objetivo obter informações preliminares sobre o efeito da variação da quantidade de extensão e do tempo de montagem na resistência a flexão estática de compensado manufaturados de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* com adesivo à base de ureia-formaldeído.

2 - Materiais e Métodos

- | | |
|-----------------------|--|
| Painéis compensados | 6 |
| dimensões | 1,0m x 1,0m x 9,0mm |
| nº de lâminas | 3 unid. |
| espessura das lâminas | 3 mm |
| espécie | <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> |
| idade | 21 anos |
- Regulagem do Torno THOMS e BENATO mod. LHT-14
 - ângulo de afiação de faca 20°00
 - ângulo da faca 90°30 a 89°30
 - ângulo compressão da contra faca 15°00
 - abertura horizontal 2,9 mm
 - abertura vertical 0,7 mm
 - Para o efeito da quantidade do extensor foi avaliado 3 diferentes formulações do adesivo Tabela (1).
 - Foram aplicados 350 gr. de adesivo por m² de linha da cola dupla.
 - Para avaliar o efeito do tempo utilizamos a mesma quantidade de adesivo nos tempos 5, 15, 30 e 45 min.
 - No momento de colagem, as lâminas apresentavam teores de umidade entre 10 e 11%, (recomendados pelo fabricante).
 - A operação de prensagem foi efetuado com 3 painéis por abertura, sob 7 kg/cm² de pressão específica.
 - Temperatura de 95°C durante 40 minutos.
 - Climatização 6 dias.
 - Cada painel forneceu 8 amostras, sendo 4 para o teste no sentido paralelo e 4 no sentido perpendicular, adotando-se a norma Astm D-3043. (Flexão estática).

3 - Resultados e discussões

Observando a Tabela 2 e Figura 1, nota-se que a resistência a flexão no sentido paralelo diminui a medida que aumenta a porcentagem do extensor, sendo que no sentido perpendicular a formulação com 100% de extensão mostrou ser mais resistente. Nota-se também que a diferença entre os 3 tratamentos não é grande em valores absolutos. Fato semelhante foi observado por ARCHER (1971), em que a resistência ao cisalhamento do compensado de *Araucaria angustifolia* não sofreu influência da porcentagem do extensor, quando o teste era realizado, em condições seca. O referido Autor demonstrou que o efeito negativo da extensão acentuava-se quando o painel era testado em condições úmida.

Estes resultados permitem concluir que o aumento da porcentagem do extensor provoca uma diminuição na qualidade de linha de cola, que pode ser verificada através da resistência do painel à flexão estática, principalmente no sentido paralelo.

Com relação ao efeito de tempo de montagem, pode-se verificar na Tabela 3 e Figura 2 que a resistência aumenta, em relação direta, até o tempo de 30 minutos, quando inverte-se o relacionamento. Isto leva a conclusão de que após 30 minutos em montagem, começa a ocorrer a polimerização do adesivo, prejudicando a qualidade da linha de cola. O tempo adequado para a montagem da chapa está em 15 e 30 min. Deve-se levar em consideração que a temperatura ambiental na ocasião do ensaio estava ao redor de 24°C.

Esse resultado à indicação feita por KOCH (1972), para compensados de Pinheiros Sulinos, em que o tempo ótimo de montagem varia de 13 a 24 min. existe uma variação no tempo de montagem considerado ideal, devido a existência dos lenhos inicial e tardio.

Das Tabelas 2 e 3 ressalta a diferença existente entre a resistência no sentido paralelo e no sentido perpendicular. Era esperada uma diferença menor, uma vez que uma das principais características do compensado é a uniformidade das suas características em toda extensão da chapa. Provavelmente a diferença encontra-se devida ao fato do painel do compensado são confeccionado com apenas 3 lâminas de mesma espessura.

Através da Tabela 4 pode-se comparar o compensado feito com madeira de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* com painéis manufa-

TABELA 1- Formulações do adesivo à base de uréia formaldeído utilizadas no experimento.

INGREDIENTES	FÓRMULAS (PARTES POR PESO)		
	A	B	C
Cascamite PL-117	100	100	100
Farinha de trigo (Albex-1)	50	100	150
Albumina de sangue (Albex-5)	5	10	15
Catalizadores (H27L e M8)	8	8	8
Água	50	110	175

TABELA 2- Valores da resistência máxima à flexão estática em função das diferentes formulações do adesivo.

SENTIDO	FORMULAÇÃO	TEMPO DE MONTAGEM	RESISTÊNCIA MÁXIMA (kg/cm ²)				
			CORPOS DE PROVA				MÉDIA
			I	II	III	IV	
Paralelo	A	15 min	954,3	788,0	713,5	788,6	811,1
	B	15 min	780,6	671,9	701,6	807,1	740,3
	C	15 min	693,4	665,7	702,4	703,9	691,4
Perpendicular	A	15 min	132,8	137,5	173,0	124,9	142,1
	B	15 min	136,2	169,4	195,6	187,9	172,3
	C	15 min	183,8	141,2	177,0	164,5	166,6

TABELA 3- Valores da resistência máxima à flexão estática em função dos diferentes tempos de montagem.

SENTIDO	FORMULAÇÃO	TEMPO DE MONTAGEM	RESISTÊNCIA MÁXIMA (kg/cm ²)				
			CORPOS DE PROVA				MÉDIA
			I	II	III	IV	
Paralelo	B	5 min	763,3	537,1	917,2	644,6	715,6
	B	15 min	780,6	671,9	701,6	807,1	740,3
	B	30 min	800,4	680,9	972,4	917,6	842,8
	B	45 min	530,5	486,8	744,3	615,8	594,4
Perpendicular	B	5 min	114,3	133,7	186,2	111,3	136,4
	B	15 min	136,2	169,4	195,6	187,9	172,3
	B	30 min	114,9	191,9	113,0	227,5	161,8
	B	45 min	96,5	105,3	160,8	141,6	126,1

TABELA 4- Comparação entre compensados manufacturados com diferentes espécies, em função da resistência máxima à flexão estática.

ESPÉCIE	RESISTÊNCIA MÁXIMA (kg/cm ²)	
	NO SENTIDO PARALELO	NO SENTIDO PERPENDICULAR
<i>Pinus elliottii</i> (1)	700,0	564,0
<i>Araucaria angustifolia</i> (2)	551,0	497,0
<i>Schlotheimia parahybum</i> (3)	467,0	-
<i>Pinus strobus chiapensis</i> (4)	400,0	-
<i>Pinus caribaea hondurensis</i>	732,6	150,9

(1) Compensado com 8 mm de espessura composto de 5 lâminas (FREITAS & HAYASHIDA, 1972).

(2) Compensado com 12 mm de espessura composto de 5 lâminas (FREITAS & HAYASHIDA, 1972).

(3) Compensado com 9 mm de espessura composto de 3 lâminas (RICHTER, TOMASELLI & MORESCHI, 1975).

(4) Compensado com 15 mm de espessura composto de 5 lâminas (JANKOWSKY, 1978).

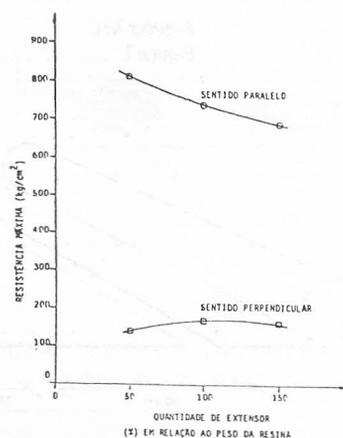


FIGURA 1- Variação da resistência máxima à flexão estática em função da quantidade de extensor utilizado.

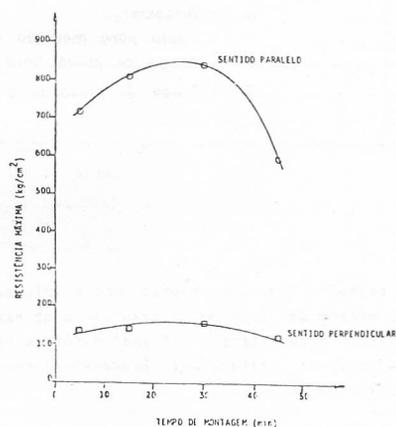


FIGURA 2- Variação da resistência máxima à flexão estática em função do tempo decorrido na montagem.

turados com madeira de outras espécies. Verifica-se que sua resistência à flexão é superior a do tradicional compensado de Pinho. Isso comprova que as espécies de rápido crescimento podem resultar em produtos com características tecnológicas que possibilitem a substituição das espécies nativas e tradicionais.

4 - Conclusões

Com base nos resultados conclui-se que:

- o aumento na quantidade de extensão prejudica a qualidade de linha de cola, ocasionando uma diminuição na resistência à flexão estática no sentido paralelo.
- o tempo de montagem adequado para painéis compensados manufacturados com lâminas de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e adesivo a base de uréia-formaldeído na formulação B esta entre 15 e 30 min.
- em termos de resistência a flexão, o compensado de *Pinus caribaea* poderá substituir o painel de *Araucaria*.

Sugestões

Considerando os conhecimentos adquiridos nas florestas implantadas para o abastecimento, principalmente das indústrias de celulose e papel, sugerimos o seguinte:

- O estabelecimento de parâmetro de qualidade para a utilização de madeira de *Pinus* sp, na manufatura de lâmina e compensado.
- Para cada região fitogeográfica, seja determinada entre

as espécies adaptadas (aspectos florestais), as aptas à produção de lâminas e compensados.

3 - A elaboração de programas de melhoramento florestal para as espécies aptas, como também estabelecer estratégias de produção de sementes.

4 - Cada empresa deverá desenvolver pesquisas de manejo florestal para espécies e local, com objetivo de determinar espaçamento de plantio, ritmo de crescimento e eliminação de nós (através de desbastes e desramas artificiais), como também idade de corte.

5 - Uma interação específica entre as indústrias do setor (equipamentos e produtivas) e centros de pesquisas, visam do o desenvolvimento tecnológico geral.

BIBLIOGRAFIA CITADA

BALDWIN, R.F., 1975. Plywood Manufacturing Practices. Miller Freeman Publications, San Francisco, 260 p.

BLOMQUIST, R.F. e W.Z. OLSON, 1964. Experiments in Gluing Southern Pine Veneer. Forest Products Laboratory, Madison, 34 p. (Research Paper FPL-032).

CARROLL, M.N. e M. DOKKEN, 1970. Veneer Drying Problems in Perspective. Canadian Forestry Service, Ottawa, 14 p. (Information Report OP-X-32).

CHOW, S. ET ALLI, 1973. Quality Control in Veneer Drying and Plywood Gluing. Canadian Forestry Service, Ottawa, 33 p. (Information Report VP-X-113).

CUMMING, J.D. e B.M. COLLETT, 1970. Determining Lathe Setting For Optimum Veneer Quality. Forest Products Journal, Madison, 20(11):20-7.

DOKKEN, M. e V. GODIN, 1975. Veneer Lathe Knife Pitch Gauge. Canadian Forestry Service, Ottawa, Sp. (Report OPX-108-E)

F.A.O., BRUXELAS, 1976. Actas de la Consulta Mundial sobre Paneles a Base de Madera. Miller Freeman Publications, San Francisco, 454p.

FEIHL, O. ET ALLI, 1965. The Rotary Cutting of Douglas-Fir. Department of Forestry, Ottawa, 31p. (Publication nº 1004).

FEIHL, O. E V. GODIN, 1970. Peeling Defects in Veneer, Their Causes and Control. (Canadian Forestry Service, Ottawa, 18p. (Publication nº 1280).

FEIHL, O. E V. GODIN, 1970. Setting Veneer Lathes With Aid of

Instrumentcs. Canadian Forestry Service, Ottawa, 41p. (Publication nº 1206).

FEIHL, O., ET ALLI, 1977. Veneer Peeling and Drying - Part I. Canadian Forestry Service, Ottawa, 38p. (Course prepared by specialists of the Eastern Forest Products Laboratory).

HAILEY, J.R.T. e W.V. HANCOCK, 1973. Methods and Techniques for Veneer Peeling Research. Canadian Forestry Service, Ottawa, 22p. (Information Report VP-X-107).

JANKOWSKY, I.P. e O. SUCHSLAND, 1978. A produção de lâminas de madeira por desenrolamento. Revista da Madeira, São Paulo, 321:7-12.

JANKOWSKY, I.P., 1978. Qualidade das lâminas de P. strobus var. chiapensis obtidas por desenrolamento. IPEF, Piracicaba, (16):

KOCH, P., 1964. Wood machining processes. Ronald Press Company, New York.

KOCH, P. 1972. Utilization of the Southern Pines. U.S. Department of Agriculture, Washington, Vol. II. (Agricultural Handbook nº 420).

KOLLMANN, F.F.P., ET ALLI, 1975. Principles of Wood Science and Technology. Springer-Verlag, Berlin, Vol. II (154-279).

LUTZ, J.F. ET ALLI, 1967. Effect of moisture content and speed of cut on quality of Rotary-Cut-Veneer. Forest Products Laboratory, Madison, 13p. (Research Note FPL-0176).

LUTZ, J.F., 1974a. Techniques for peeling, slicing, and prying veneer. Forest Products Laboratory, Madison, 64p. (Research Paper FPL 228).

LUTZ, J.F. 1974b. Drying veneer to a controlled final moisture content by hot pressing and steaming. Forest Products Laboratory, Madison 9p. (Research Paper FPL 227).

PALKA, L.C., 1974. Veneer cutting review. Canadian Forestry Service, Ottawa, 36p. (Information Report VP-X-135).

SELBO, M.L., 1975. Adhesive bonding of wood. U.S. Department of Agriculture, Washington, 122p. (Technical Bulletin nº 1512).

WALLIS, N.F., 1970. Australian Timber Handbook. 3ª E. Halstead Press, Sidney, 340p.

WANGAARD, F.F. e R.P. SARAOS, 1959. Effect of several variables on quality of Rotary-Cut Veneer. Forest Products Journal, Madison, 9(6):179-87.

Sistema construtivo em construções habitacionais

GILSON LAMEIRA DE LIMA
(IPT/São Paulo-SP)

INTRODUÇÃO

O sistema construtivo que apresentamos a seguir foi desenvolvido por técnicos do Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, por solicitação do Instituto Florestal, órgão da Coordenadoria da Pesquisa dos Recursos Naturais, da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo.

A metodologia adotada para seu desenvolvimento considerou, entre outros, aspectos referentes a origem e características da madeira a ser empregada, ou seja:

- região de origem;
- idade das árvores (desbastes seletivos);
- identificação dos comprimentos e bitolas possíveis de serem obtidos;
- incidência de nós;
- características mecânicas (tração, compressão, flexão).

Por outro lado, o sistema construtivo deveria atender à construção de habitações que seriam utilizadas como alojamento para os técnicos do Instituto contratante.

SISTEMA CONSTRUTIVO

O Sistema Construtivo desenvolvido constitui-se, basicamente, dos seguintes componentes:

- vigas compostas para estrutura de piso e varandas;
- painéis externos, portantes, que recebem diretamente a carga do telhado;
- painéis internos, que além da função de divisória, exercem a função de contraventamento;
- pilares, utilizados somente nas varandas, e
- tesouras, que exercem a função de estrutura da cobertura e travamento dos painéis externos paralelos a linha de cumeeira.

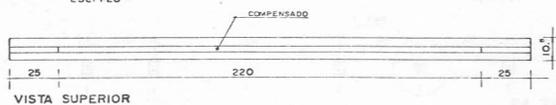
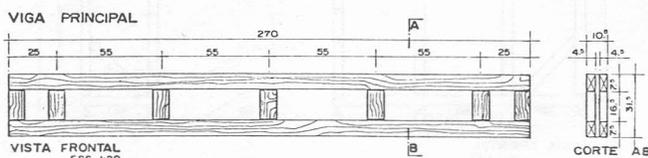
COMPONENTES DO SISTEMA CONSTRUTIVO

Os componentes foram desenvolvidos a partir da modulação definida afim de atender as necessidades a serem cumpridas pelas unidades habitacionais. Tais componentes em função das características da madeira, objeto de estudo e de resultados dos ensaios e análises, foram construídos a partir da decomposição inicial das peças obtidas no desdobro e posteriormente recompostos na forma final dos componentes.

Com o sistema construtivo desenvolvido foi construído, no campus do IPT, um protótipo com os componentes conforme descrevemos a seguir:

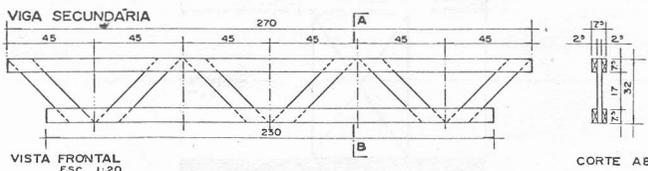
- Vigas principais; compostas por peças de pinus e madeira compensada a prova d'água.

A seção básica das peças de pinus era de 4,5 cm x 7,5 cm e a espessura da madeira compensada de 1,5 cm. As dimensões básicas das vigas foram 10,5 cm x 31,5 cm x 270,0 cm.

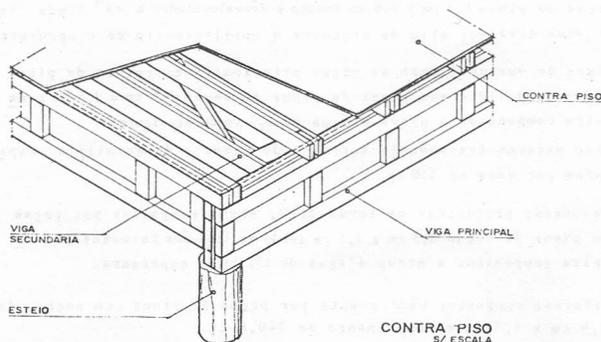


- Vigas secundárias; compostas por peças de pinus. As seções básicas das peças eram de 2,5 cm x 7,5 cm nos banzos superiores e inferiores, e nas diagonais.

As dimensões básicas destas vigas foram 7,5 cm x 32,0 cm x 270,0 cm.

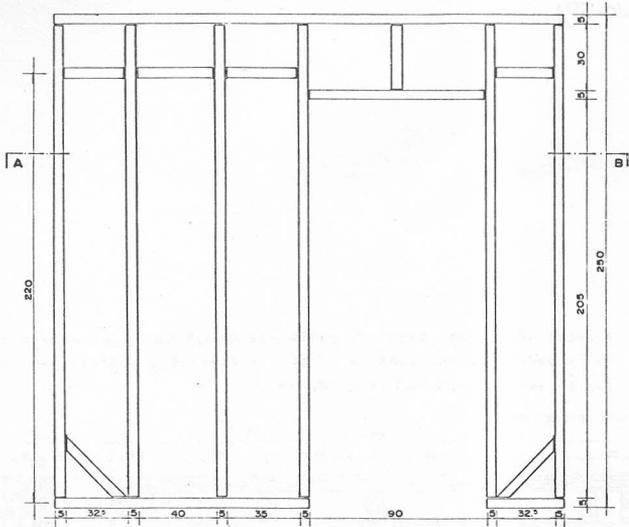


- Contrapiso; executado com madeira compensada a prova d'água e tinha espessura de 2,0 cm. Sobre este contrapiso, no caso do protótipo foi aplicado piso vinílico nas áreas que se destinavam a cozinha e sanitário e nas demais áreas internas, forração 0,6 cm simplesmente colada.

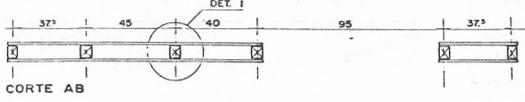


- Painéis externos; composto por estrutura interna em peças de pinus com seção básica de 5,0 cm x 7,5 cm, madeira compensada a prova d'água com 0,6 cm de espessura, revestimento externo em peças de pinus (horizontais, em escamas) com seção de 2,0 cm x 7,5 cm e filme plástico (tipo terreiro) internamente sob o revestimento interno sendo este composto por peças de pinus com 1,2 cm x 7,5 cm (macho e fêmea) montados a 45° a fim de contribuir com o enrijecimento do componente.

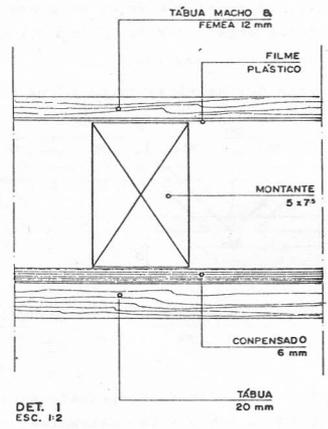
PAINEL EXTERNO



VISTA FRONTAL
ESC. 1:20



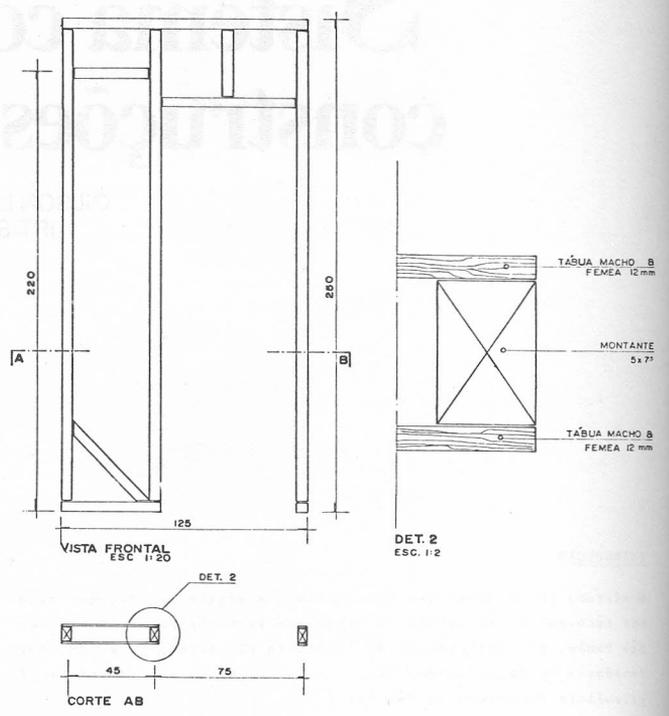
CORTE AB



DET. 1
ESC. 1:2

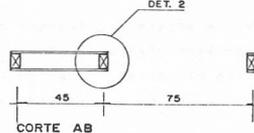
- Painéis internos; compostos por estrutura interna e peças de pinus em seção básica de 5,0 cm x 7,5 cm e revestimentos (duas faces) com peças de pinus 1,2 cm x 7,5 cm (macho e fêmea) montados a 45° (cada face numa direção) a fim de promover o enrijecimento do componente.
- Vigas de varanda; como as vigas principais (estrutura de piso) foram produzidas com peças de pinus de seção 2,5 cm x 7,5 cm e madeira compensada a prova d'água de 1,0 cm de espessura.
- Piso externo (varandas); sarrafos de pinus e de eucalipto separados por vãos de 1,0 cm.
- Tesouras; produzidas na forma de W, eram compostas por peças de pinus de seção 3,5 cm x 7,5 cm tendo as ligações formadas por madeira compensada a prova d'água de 15, cm de espessura.
- Pilares; compostos basicamente por peças de pinus com seção de 3,5 cm x 7,5 cm e comprimento de 240,0 cm.

PAINEL INTERNO



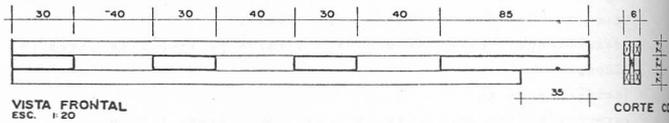
VISTA FRONTAL
ESC. 1:20

DET. 2
ESC. 1:2



CORTE AB

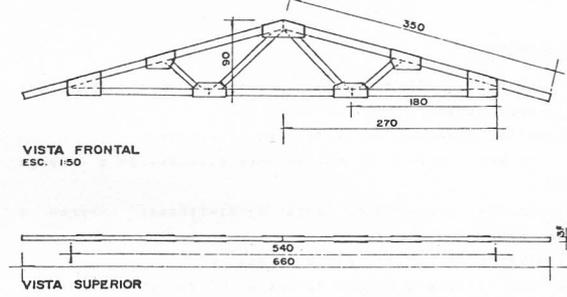
VIGA DA VARANDA



VISTA FRONTAL
ESC. 1:20

CORTE C

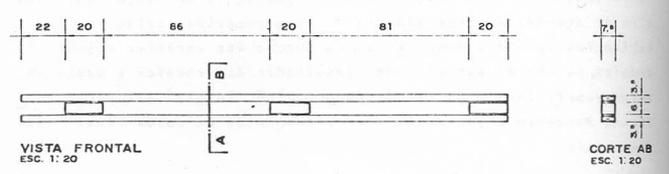
TESOURA



VISTA FRONTAL
ESC. 1:50

VISTA SUPERIOR

PILAR DA VARANDA



VISTA FRONTAL
ESC. 1:20

CORTE AB
ESC. 1:20

Quanto as "ligações" na sua maioria, estas foram executadas com peças de pinus solidarizadas, entre elas ou com componentes, somente com a utilização de pregos.

Todas as superfícies de acabamento em pinus a menos do piso externo, receberam verniz do tipo naval. A caixilharia e os oitões, que não foram executados em pinus, receberam pintura com esmalte sintético.

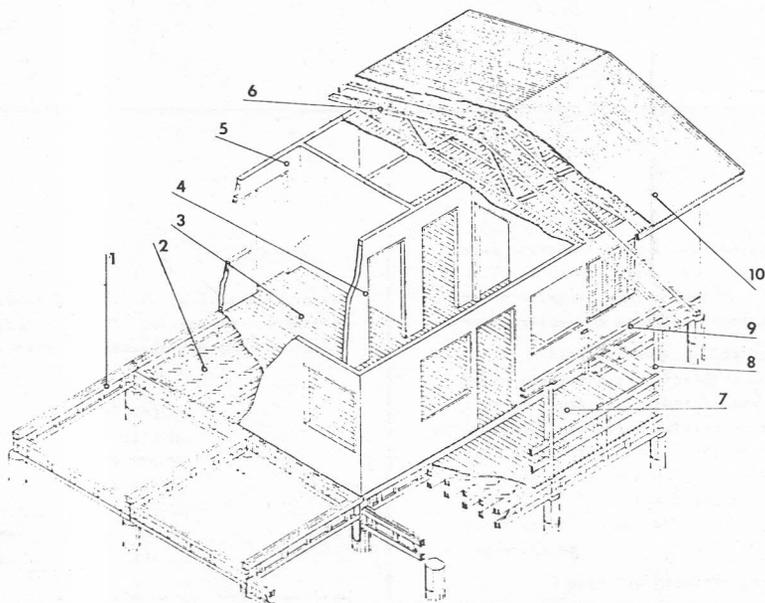
O telhado teve seu ripamento executado em madeira de pinus, 2,0 cm x 5,0 cm e as telhas foram do tipo marselhesa. No que se refere ao tratamento, aplicado aos componentes, utilizou-se creosoto nos es

teios e hidrofugante nas vigas principais de borda, e secundárias da área de varanda.

No restante da estrutura de piso e de cobertura, como já menciono do acima, verniz no revestimento dos painéis (em pinus) e esmalte sintético nas caixilharias e oitões.

A sequência de desenhos apresentada a seguir refere-se a uma unidade de habitacional experimental (protótipo).

SISTEMA CONSTRUTIVO EM MADEIRA.



LEGENDA:

- | | | | |
|---|-----------------|----|--------------|
| 1 | VIGA PRINCIPAL | 6 | TESOURA |
| 2 | VIGA SECUNDÁRIA | 7 | PISO EXTERNO |
| 3 | CONTRA PISO | 8 | PILAR |
| 4 | PAINEL INTERNO | 9 | VIGA |
| 5 | PAINEL EXTERNO | 10 | COBERTURA |

Utilização de madeira de Pinus em habitação rural

RICARDO GAETA MONTAGNA
(IF/São Paulo-SP)

INTRODUÇÃO

De acordo com os dados do I.B.D.F., a área efetivamente plantada com o gênero *Pinus* até 1981, através de incentivos fiscais, na região sul e sudeste totalizavam 786.800 ha assim distribuídos:

Paraná	-	280.700 ha
Santa Catarina	-	187.500 ha
Minas Gerais	-	179.500 ha
São Paulo	-	130.100 ha
Rio Grande do Sul	-	7.900 ha
Rio de Janeiro	-	700 ha
Espírito Santo	-	400 ha

Cabe ainda lembrar que no Estado de São Paulo existem plantios desse gênero efetuados pelo próprio Governo do Estado, pelo Governo Federal e outros plantios que não se beneficiaram de recursos de incentivos fiscais e implantados antes da adoção dessa política. Assim, estima-se que hoje existam no Estado aproximadamente 300.000 ha plantados com o *Pinus*.

Sabemos que os plantios do Governo e de particulares estão sendo manejados de acordo com o regime clássico também adotado em outros países de maior tradição florestal, ou seja, através de desbastes seletivos. Tal método, em síntese, consiste na intervenção periódica no povoamento, quando este atinge a fase de estagnação, para a extração de uma certa porcentagem de indivíduos lenhosos. Esta intervenção permite que o povoamento remanescente continue seu desenvolvimento harmônico até o final da rotação - cerca de 35 anos. Caso não se efetuasse o mencionado desbaste, toda a população ficaria comprometida, correndo o risco de entrar em estagnação biológica irreversível. Os desbastes periódicos, portanto, longe de representarem um dano ao ambiente e que poderia configurar-se como "devastação", possui sólido amparo científico, sendo recomendado pela melhor técnica silvicultural.

O material lenhoso resultante dos primeiros desbastes vem sendo absorvido na forma de matéria prima para papel, celulose, chapas aglomeradas ou transformados em carvão, ou ainda queimados como lenha, destinações essas pouco valorizadas. Por outro lado, a existência de uma enorme discrepância de cotações entre o material serrado sobre o roliço indicam a necessidade de se desenvolver técnica de serradura de material de pequeno diâmetro normalmente destinado a outros fins, visando com isso a valorizar esse material.

O Instituto Florestal, detentor de plantios extensivos mais antigos do Estado, que hoje alcançam 27.000 ha, também foi um dos primeiros a se preocupar com a destinação mais nobre de madeira de pequeno diâmetro. Com relação ao desdobro do material, constatou-se que mediante adaptação de técnica já existente e, desde que não leve em conta o baixo rendimento em mate-

rial serrado, seria viável serrar toretes até o limite mínimo de 13 cm de diâmetro (sem casca). Uma vez solucionado o problema do primeiro beneficiamento, restaria estudar uma destinação mais valiosa do material resultante.

Paralelamente, o Instituto Florestal se defrontava com outro problema, a necessidade de se construir casas para vigias em áreas de Florestas, Reservas e Parques Estaduais, cujo processo de ocupação física só se desencadeia quando ali se constrói a primeira casa, condição básica para se destacar o vigia e marcar a presença efetiva do Instituto Florestal na área. Em 1974, quando a área sob administração do Instituto Florestal era da ordem de 450.000 ha, o déficit estimado dessas casas era de 300 unidades.

O primeiro problema para o qual não se vislumbrava já na época, nenhuma solução era a alocação de recursos orçamentários necessários para essas construções. Outros problemas, de ordem operacional, abaixo enumerados, demonstravam que na prática era inviável a construção dessas casas pelo sistema convencional, seja mediante contratação das obras, seja por administração direta, tendo em vista o seguinte:

- 1) Localização das obras distantes dos centros urbanos e geralmente de difícil acesso.
- 2) Obras pequenas (60 m²) dispersas por todo o Estado.
- 3) Necessidade de se transportarem materiais volumosos e pesados, como tijolos, telhas, cimento, etc. e a dificuldade da sua aquisição nas proximidades da obra.
- 4) Dificuldade de obtenção de mão-de-obra, dada a localização da obra.

Para solucionar este problema seria necessário então desenvolver sistemas de construção que envolvesse reduzida mão-de-obra, reduzido volume de material necessário, rapidez e facilidade na construção e que tudo isso refletisse em custo baixo.

O MATERIAL - MADEIRA

A madeira, matéria celulósica fibrosa e dura, constituinte principal dos vegetais lenhosos, apresenta uma série de vantagens nas construções. Sua estrutura e organização celular lhe conferem certas qualidades. Assim, a madeira pode ser considerada como um isolante, sendo essa uma das razões porque a madeira é utilizada em grande escala na construção de habitações e edifícios nos países frios. Quando seca, seu coeficiente de condutibilidade térmica é fraco se comparado a outros materiais de construção, pois varia de 0,12 a 0,18 de acordo com a espécie.

A madeira é um material renovável e exige baixíssima energia no seu processamento, quando comparada ao aço, alumínio, concreto etc. Outra característica é sua alta resistência em

relação ao peso e a boa trabalhabilidade. Como material temela por desvantagem a higroscopicidade, a combustibilidade a susceptibilidade à deterioração biológica e a limitação quanto à forma e dimensão. Usar a madeira na umidade de equilíbrio com o ambiente em que vai ser exposta, aplicar produtos anti-fogo, impregnação com preservativos e técnicas de laminação com adesivos à prova d'água, para darmos o tamanho e a forma que desejamos às peças de madeira, são alguns dos recursos que podemos utilizar para minimizar essas desvantagens.

Especificamente, em relação ao material resultante do processamento de madeira dos primeiros desbastes de Pinus apresenta as seguintes características restritivas: peças de reduzido comprimento (pois a tortuosidade dos troncos não permite serrar toras longas) e largura, além dos defeitos do lenho juvenil.

A pesquisa exploratória casa de madeira desenvolvida pelo Instituto Florestal permite a aplicação desse material sem maiores limitações, pois somente as peças de sustentação exigem maiores dimensões. Nas paredes, piso e forro podem em princípio ser aproveitadas peças de comprimento acima de 1 m e 10 cm de largura.

COMPONENTES	DIMENSÕES (m)	QUANTIDADE	VOI UME (m ³)
Baldrames	0,075 x 0,075	110,0 m	0,619
Frexal	0,075 x 0,075	27,6 m	0,156
Tesouras	0,075 x 0,075	170,0 m	0,956
Batente porta	0,075 x 0,075	26,0 m	0,146
Batente janela	0,075 x 0,075	32,4 m	0,182
Cantoneiras	0,075 x 0,075	14,0 m	0,078
Pé direito (A)	0,075 x 0,10	79,7 m	0,598
Pé direito (B)	0,10 x 0,10	53,1 m	0,531
Sarrafos	0,04 x 0,08	100,0 m	0,320
Tábuas de parede	0,022 x 0,12	931,0 m	2,457
Tábuas de assoalho	0,022 x 0,10	350,0 m	0,770
Tábuas de forro e do beiral	0,01 x 0,10	750,0 m	0,750
Guarnição de portas e janelas	0,01 x 0,075	60,0 m	0,045
Vista para beiral	0,022 x 0,15	30,0 m	0,099
Acabamento para forro	0,025 x 0,04	82,0 m	0,082
Acabamento para forro	0,04 x 0,04	82,0 m	0,131
Acabamento para assoalho	0,025 x 0,12	112,0 m	0,336
Portas	2,10x 0,03 x 0,75	5	0,236
Janelas	0,90 x 0,03 x 0,75	3	0,061
Caixilhos	0,15 x 0,03 x 3,3	7	0,104
TOTAL			8,657

Equipamento utilizado

O Instituto Florestal dispõe atualmente na Floresta de Manduri dos seguintes equipamentos para processamento, beneficiamento e tratamento da madeira:

- 1 (uma) serra circular dupla (altura do corte 220 mm)
- 2 (duas) serras circulares simples (altura do corte 180 e 80 mm)
- 2 (duas) serras de fita (altura do corte 550 mm)
- 1 (um) equipamento para afiação
- 1 (uma) plaina moldureira 4 faces
- 1 (uma) tupa
- 1 (uma) respigadeira
- 1 (uma) destopadeira de pêndulo
- 1 (uma) furadeira vertical
- 1 (uma) serra circular esquadrejadeira
- 1 (uma) furadeira de veneziana
- 1 (uma) desengrossadeira-desempenadeira
- 1 (uma) furadeira horizontal
- 1 (um) compressor de 150 litros
- 1 (uma) autoclave transportável para tratamento de madeira (8,5 m³ útil).

SISTEMA OPERACIONAL DE PROCESSAMENTO

A madeira vem da floresta com casca com diâmetro de 13 a 23 cm medidos sob a casca e 3,10 m de comprimento. Os toretes são serrados entre 3 a 5 dias após o corte, passando pela serra circular dupla que retira duas costaneiras. Na segunda serradura, retiram-se mais duas costaneiras, obtendo-se uma peça de seção quadrada ou retangular, com seções variáveis, ou seja 8,5 cm x 8,5 cm; 8,5 cm x 11 cm; 11 cm x 11 cm, 11 cm x 13 cm, e 13 cm x 13 cm, de acordo com o diâmetro da

A seguir, parte das peças de seção quadrada ou retangular são desdobradas em tábuas na serra de fita. As costaneiras são resserradas ou destinadas a lenha e após a serradura as peças vão para o pátio de secagem, sobre estaleiros de aproximadamente um metro de altura, aí ficam por aproximadamente 3, 7, 15 e 30 dias, em função das espessuras e das condições climáticas de Manduri.

Esses materiais são virados diariamente e com isso obtém-se uma secagem (+ 20%) uniforme e mais rápida, diminuindo assim problemas com os fungos manchadores.

Da secagem as peças passam pelo processo de beneficiamento, para a obtenção dos componentes, relacionados a seguir, de uma casa padrão de 6 m x 9 m contendo dois quartos, sala, cozinha, banho e duas varandas.

É na fase de beneficiamento, onde as peças são preparadas, recebendo os encaixes, entalhes, rasgos, espigas, furos e cortes pré-determinados e onde, a nosso ver, ocorrem os maiores entres. Ela exige mão-de-obra mais especializada e numerosa, maior investimento em manutenção e onde também se verificam perdas sensíveis de madeira já serrada (+ 30%). Considerando que a madeira de Pinus é susceptível à deterioração biológica, o tratamento preservativo é fundamental para a sua durabilidade. Em nosso caso a preservação é feita com emprego de pressão em autoclave utilizando-se um sal hidrossolúvel na proporção de 5% do produto comercial, o que nos permite ficar acima das retenções recomendadas (6,5 kg/m³ de ingrediente ativo). Após o tratamento as peças vão para um depósito coberto onde em pilhas permanecem por 30 dias para as necessárias reações do produtos com a madeira.

Os componentes de uma casa de madeira padrão e os materiais complementares podem ser transportados por um caminhão (6,5 ton.) até o local de montagem, a qual deverá ser feita sobre uma base previamente preparada. Para a montagem pelo sistema de encaixes e a aplicação dos materiais complementares serão necessárias 65 homens-dias.

Em 1975, montamos a primeira unidade e atualmente contamos com 36 unidades, assim distribuídas, conforme nossas necessidades:

Manduri - Município de Manduri: uma unidade em 1975, uma em 1976, uma em 1977, uma em 1981, oito em 1983.

Ilhabela - Município de Ilhabela: uma unidade em 1977 e em 1982.

Campinas - Município de Campinas: duas unidades em 1980.

Tupi - Município de Piracicaba: uma unidade em 1980, uma em 1981.

Itirapina - Município de Itirapina: duas unidades em 1980, duas em 1981, uma em 1982.

Reserva da Cantareira - Município de São Paulo: duas em 1981

Parque da Água Funda - Município de São Paulo: uma em 1981.

Cunha - Município de Cunha: duas unidades em 1980

Assis - Município de Assis: uma unidade em 1981

Águas de Santa Bárbara - Município de Águas de Santa Bárbara: uma unidade em 1981.

Gália - Município de Gália: duas unidades em 1983

Carlos Botelho - Município de São Miguel Arcanjo: uma em 1983.

Pindamonhangaba - Município de Pindamonhangaba: uma em 1981.

Ilha do Cardoso - Município de Cananéia: uma unidade em 1982.

Em cada unidade construída foram sendo introduzidas no dificações no sentido de eliminar as falhas constatadas nas construções anteriores.

Pinus spp como matéria-prima para produção de chapas de partículas estruturais

SIDON KEINERT JUNIOR
(FUPEF/UFPR/Curitiba-PR)

1. INTRODUÇÃO

Por padrões mundiais o Brasil é favorecido com altos índices de precipitação pluviométrica e bons solos. Nossas florestas nativas eram abundantes, mas a maioria de nossas florestas junto a costa marítima foram pesadamente dizimadas nos séculos iniciais de colonização Européia.

Durante a metade de nosso século as florestas de *Araucaria angustifolia* presentes no sul foram praticamente devastadas para consumo interno e exportação, somente permanecendo as florestas do centro da Amazonia como potenciais reservas de matéria-prima.

O Brasil como país-em desenvolvimento é ideal do ponto de vista econômico para o estabelecimento de uma amplitude bastante grande de investimentos em tecnologia dirigida utilização da madeira.

Indústrias como a de polpa, papel e chapas de partículas demandam grandes quantidades de matéria prima perto das plantas de manufatura e mercados a serem servidos. Os programas de reflorestamentos serão e são os responsáveis em grande parte pela manutenção destas indústrias.

Espécies exóticas como o *Eucalyptus spp* e *Pinus spp* são as preferidas nestes programas, crescimento rápido, curta rotação, e altas taxas de retorno são algumas das razões para o seu largo uso.

A crescente demanda do Brasil para construção civil e indústria de móveis encorajara a adoção de eficientes técnicas de manufatura nestas indústrias. Na indústria de móveis estes desenvolvimentos serão paralelos a aqueles que ocorreram na Europa e Estados Unidos desde a Segunda Guerra, principalmente o que já ocorre que é a introdução da chapa de partículas na construção de nossos móveis. Estas chapas já são manufaturadas em uma grande variedade de tipos e qualidade dependendo da matéria prima usada e tipo de aplicação. Se a indústria de construção civil brasileira seguir ou não o exemplo norte-americano e Europeu não existe qualquer previsão. A preferência em nosso país pela construção em alvenaria e possivelmente mais devido a uma questão de tradição do que o resultado de esforços no sentido de minimizar custos. A grande demanda de painéis industriais como existe na América do Norte o que resultou no desenvolvimento de uma grande capacidade instalada de indústrias de compensados e mais recentemente de chapas de composição estruturais pode não se materializar no Brasil em futuro próximo.

Isto não impede, de qualquer maneira, a viabilidade de uma indústria de chapas de composição estruturais para especificas aplicações de mercado. Estas indústrias terão como base lógica os *Pinus* tanto tropicais como sub-tropicais e *Eucalyptus*.

Neste esforço é que a Escola de Florestas de Curitiba mais especificamente a seção de painéis de madeira vem estudando a matéria prima de *Pinus* da produção de chapas de partículas estruturais ("Waferboards").

2. CHAPAS DE PARTÍCULAS ESTRUTURAIS

A indústria de chapas de composição que por definição são produtos derivados da madeira sólida transformada numa variedade de

diminutas geometrias em conjunto com um adesivo que pode ser adicionado ou gerado no processo de manufatura, desenvolveu-se basicamente por dois fatores:

- 1) Escassez de matéria-prima em grandes diâmetros
- 2) Necessidade econômica de utilização de resíduos florestais

Quando nós discutimos chapas de composição estruturais fala-se basicamente de dois tipos:

- a) "Waferboard" ou a chamada chapa de Wafers traduzindo literalmente para o português, Wafers sendo partículas mais longas e largas usadas para fins estruturais, sendo que na produção das chapas, estas partículas não sofrem orientação pré determinada.
- b) "OSB" ("Oriented structural Board") que são chapas produzidas com partículas similares a wafers, mas na sua produção sofrem um processo de orientação na máquina formadora.

Para os objetivos deste trabalho estaremos tratando de chapas de "Wafers".

Existem tentativas a usar as características de performance de compensados estruturais como padrão para painéis estruturais de partículas. Enquanto a maioria das propriedades de chapas de partículas podem ser variadas por modificações da matéria prima ou processo, parece difícil elevar todas as importantes propriedades aos níveis das propriedades de compensados sem exceder as limitações econômicas ditadas pelos preços dos compensados.

Este problema é ilustrado na figura 1, que mostra somente duas das importantes propriedades de painéis estruturais: O módulo de elasticidade em flexão (MOE) e expansão linear (EL). A maioria das chapas de composição estão no canto mais baixo a direita em termos de comportamento de suas propriedades.

No sentido de mover as chapas de composição para o canto esquerdo mais alto do quadro ou é anti-econômico ou produz severas limitações em tamanho (laminas nas faces).

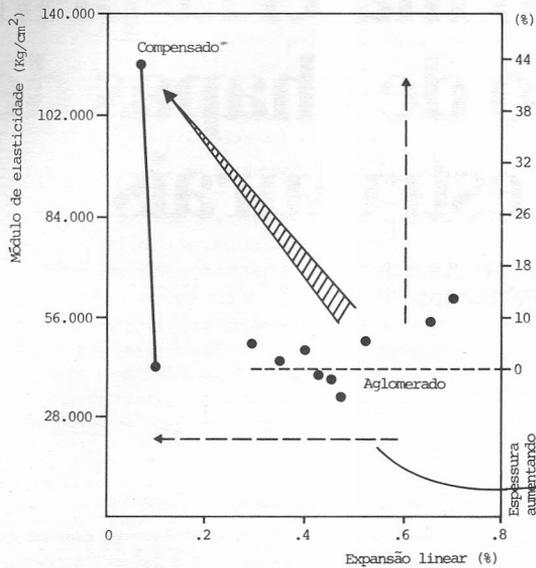
Desde de que rigidez é real importância: $EI = \frac{b \times h^3}{12}$ em vez do módulo de elasticidade, conduz a que uma mudança em espessura seria mais econômico do que melhorar o módulo de elasticidade por outros métodos, aumentando 25% na espessura de chapas de partículas dobra a rigidez de chapas de partículas.

Para reduzir a expansão linear é requerido partículas mais longas e largas ou orientação.

Na Escola de Floresta de Curitiba, três espécies de *Pinus* presentes no sul do Brasil ou sejam, *Pinus elliottii*, *Pinus taeda* e *Pinus patula* provenientes da estação experimental de Rio Negro com 16 anos de idade foram estudadas na viabilidade de produção de chapas estruturais "Waferboards". Cinco árvores de cada espécie foram usadas para este fim. Os pesos específicos médios estudados de forma sistemática nas árvores estudadas foram de 0,44 para *Pinus taeda*, 0,47 para *Pinus elliottii* e 0,42 para *Pinus patula*.

As chapas foram fabricadas em densidades nominais de 0,60 g/cm³ e 0,75g/cm³ em dois diferentes níveis de resina.

Figura 1



MÉTODO	LIMITAÇÃO
Orientação de partículas	Alto custo
Laminas nas faces	Limitação de tamanho
Conteúdo de resina maior	Maior custo
Altas Densidades	Maior custo Instabilidade
Aumento na espessura	Custo moderadamente mais alto
Aumento na razão de Esbeltez	- o -
Partículas mais largas	Baixo rendimento Limitação de matéria prima
Orientação das partículas	Custo maior

Cinco propriedades serão mostradas para os objetivos deste seminário: Módulo de elasticidade, expansão linear, resistência a ligação interna e inchamento em espessura. Estas propriedades são as propriedades básicas mais importantes. Chapas foram produzidas em dimensões nominais de 60 x 60 cm x 0,19 cm a uma pressão de 35 Kg/Km² e temperatura 120°C - tempo fechado - 9 min.

2.1. Módulo de elasticidade

O seguinte quadro mostra a síntese dos resultados:

Densidade nominal	0,60		0,75	
Conteúdo da resina	4%	8%	4%	8%
Taeda Kg/cm ²	55152	65572	68346	79540
Elliottii Kg/cm ²	52016	70668	65272	80735
Patula Kg/cm ²	63422	80111	90735	105503

Foram produzidas cinco chapas por densidade e nível de resina com um mínimo de 10 corpos de prova testados por propriedade. Nota-se pelos resultados que para qualquer das densidades nominais ou níveis de resina todos estão acima da média normal para aglomerados comuns enquanto que a média de aglomerados comuns nas mais altas densidades fica em torno de 30.000 Kg/cm² (Figura 2), a média mais baixa encontrada neste estudo ficou em 52.000 Kg/cm² para Elliottii a 0,60 de densidade nominal e 4% de resina.

Nota-se também que a medida que a densidade de espécie decresce aumenta os valores de MOE para a mesma densidade nominal. Outro fato observado é que à mesma densidade nominal e diferentes níveis de resina, o conteúdo maior tem maiores módulos de elasticidade (Figura 2). Todos os valores de módulo de elasticidade estão em conformidade com o padrão comercial CS-236-66- Mat Formed Particleboard.

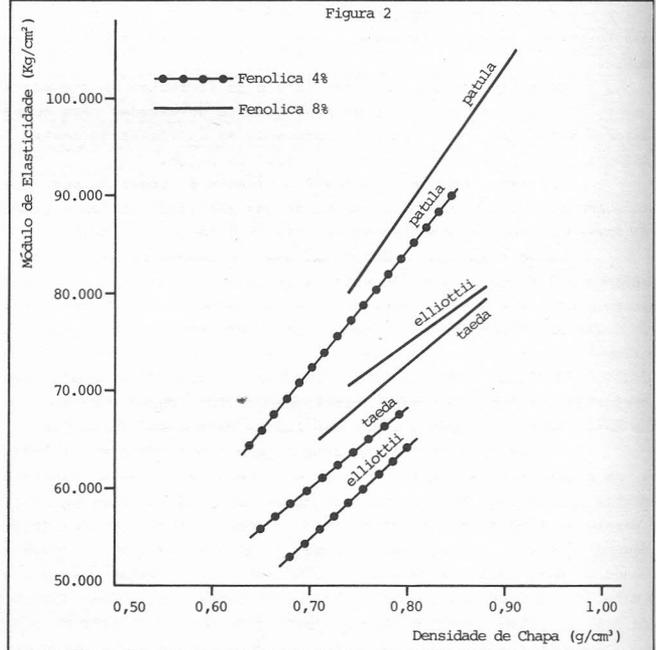
As médias variaram de 52.000 Kg/cm² para Elliottii (0,60 e 4%) até 105.500 Kg/cm² para Patula (0,75, 8%), sendo que Pinus Patula foi o que aparentemente apresentou os melhores resultados.

2.2. Expansão linear (figura 3)

O seguinte quadro mostra a síntese dos resultados:

Densidade nominal	0,60		0,75	
Conteúdo de resina	4%	8%	4%	8%
Taeda (%)	0,069	0,091	0,109	0,086
Elliottii (%)	0,063	0,065	0,054	0,074
Patula (%)	0,036	0,040	0,042	0,065

Figura 2



Expansão linear foi determinada em termos de aumento ao longo da chapa após exposição em 47% de umidade relativa até 96% de umidade relativa.

Nota-se através os resultados que os valores de expansão linear para estas chapas são bastante baixos sendo que estes variaram de 0,036 até 0,109%, sendo que o máximo permitido pelo padrão CS-236-66 é de até 0,55%, portanto todos os valores estão de acordo com o padrão. Com estes valores nós nos aproximamos dos valores médios de compensados. As chapas fabricadas com Pinus Patula tiveram valores menores de expansão com maiores densidades de chapa o que não ocorreu com Pinus Elliottii e Pinus taeda.

Comportamento errático também com relação aos níveis de resina. Novamente o Pinus Patula apresentou os melhores resultados.

2.3. Ligação interna (Figura 4)

O seguinte quadro mostra a síntese dos resultados:

Densidade nominal	0,60		0,75	
Conteúdo de resina	4%	8%	4%	8%
Taeda (Kg/cm ²)	12,69	15,83	17,56	21,24
Elliottii (Kg/cm ²)	16,13	20,70	23,24	24,49
Patula (Kg/cm ²)	9,32	15,95	17,73	21,69

Os testes de ligação interna foram feitos em compressão e alinhamento. Os valores variaram entre 9,32 e 24,49 Kg/cm². Todos estão de acordo com o padrão CS 236-66. Este teste revela a qualidade da colagem, e ao balanço da construção da chapa. Nota-se pelos resultados que a resistência a ligação interna aumenta com o aumento da densidade de chapa. O mesmo nota-se com relação ao aumento do nível de resina - tendo como exceção somente o *Pinus eliottii* a 0,75 e 8% sendo menor que 0,75 e 4%.

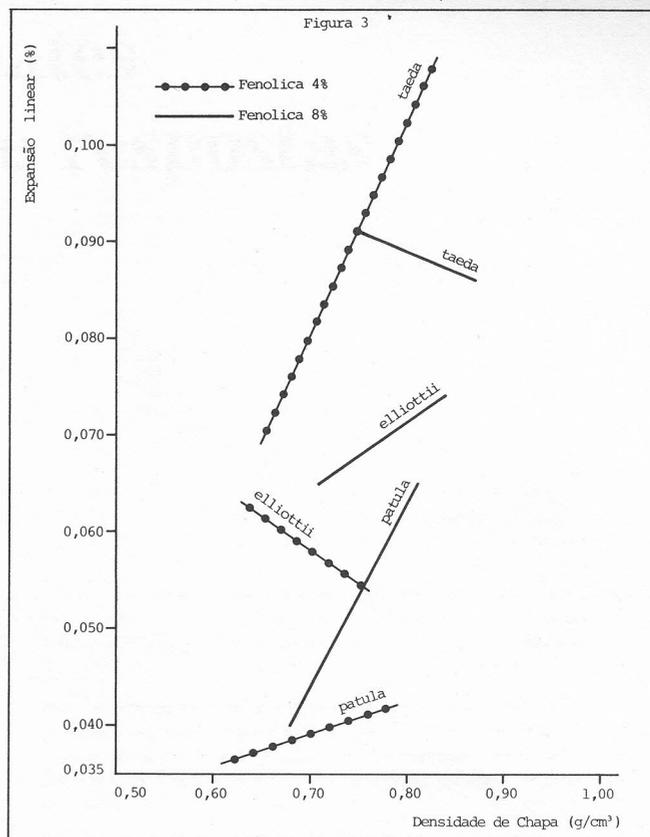
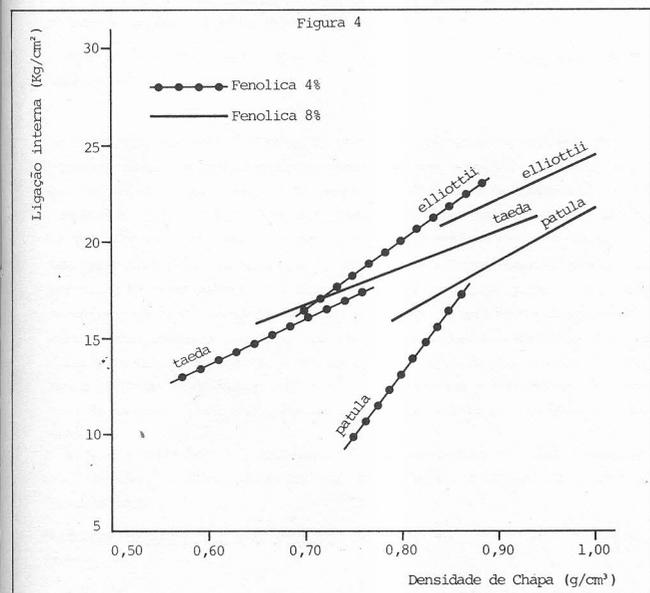
Neste caso *Pinus eliottii* apresentou os melhores resultados.

2.4. Inchamento em espessura (Figura 5)

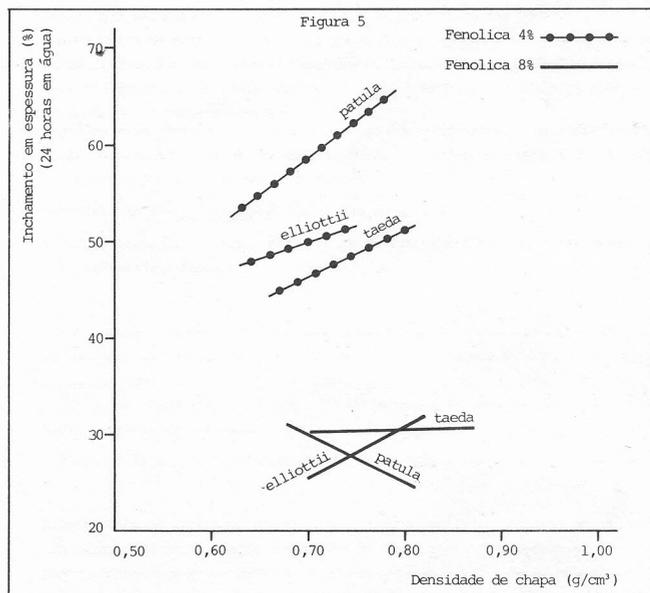
O seguinte quadro mostra a síntese dos resultados: (24 horas em água)

Densidade nominal	0,60		0,75	
Conteúdo de resina	4%	8%	4%	8%
Taeda (%)	41,15	26,68	51,55	30,65
Elliottii (%)	47,43	25,58	51,67	31,98
Patula (%)	52,73	31,19	65,33	24,80

Nota-se pelos resultados que estes valores são bastante altos mas também devemos considerar que a exposição também foi bastante extrema. Os valores variaram entre 30,65 e 65,33 %, sendo que aqui existem valores padrões a serem considerados mas valores médios existentes na literatura ficam em torno de 17% para densidade nominal 0,75 e conteúdo de resina, 12%.



No caso do conteúdo de resina igual a 4% a tendência foi dos valores aumentarem com o aumento da densidade de chapa. No caso do conteúdo igual a 8% o comportamento foi errático o que é claro e que aumentando o conteúdo de resina caem os valores de inchamento. *Pinus taeda* parece apresentar os melhores resultados a 4% de resina, mas o *Patula* parece o melhor a 8%



Debates

Perguntas e respostas

Sessão I - MADEIRA DE REFLORESTAMENTO / SECAGEM

Primeira Parte

Moderador - Amantino Ramos de Freitas

Palestra 1: Produção de Madeira de Qualidade para Processamento Mecânico

Expositor: Reinaldo Herrero Ponce, engenheiro florestal pela Universidade Federal do Paraná (1968), mestre em florestas pelo Instituto Politécnico de Virgínia, USA (1978) e chefe do Agrupamento de Processamento Industrial da Divisão de Madeiras do IPT.

Palestra 2: Considerações Básicas sobre Desdobro de Pinus spp

Expositor: Joaquim Alves de Araújo Vianna Neto, engenheiro florestal pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (1973), com estágio na Alemanha (área de madeira aglomerada), responsável pelo Setor de Serraria da Divisão de Madeiras do IPT.

Perguntas para Reinaldo Herrero Ponce

Perguntas de João Luiz Leão, da Juglans Serviços de Engenharia S/C Ltda

- O desbaste mecânico pode provocar a formação de árvores, nas beiras das fendas, sujeitas à maior contração longitudinal no processamento? A que nível a influência desse tipo de desbaste é significativo?

- Pode-se dizer que a resinagem influencia negativamente a qualidade da madeira a ser processada?

Em princípio, qualquer desbaste vai provocar a formação de madeiras de compressão; sendo lógico que o desbaste mecânico vai ocasionar um pouco mais, por ser muitas vezes feito de um lado só. Isso provoca descompensações de compressão. Quantificar quanto mais madeira de compressão o desbaste mecânico vai provocar, em comparação com o desbaste normal, é muito difícil.

Nas peças resinadas, na área que foi cortada para a resinagem ocorre a interrupção de crescimento, circunscrita ao local resinado. Além disso, apresenta-se esse local bastante embebido em resina. A influência desse embebedimento é mais aparente que real, uma vez que ele aumenta a densidade da madeira pela adição de resinas e não pela modificação da sua estrutura. O aumento ocorrido na densidade básica é muito menor que o aumento da estrutura real da madeira, relacionado com as paredes das fibras ou a alongação das mesmas.

A resinagem interrompe o crescimento no setor trabalhado e influi na aparência, afetando, também, provavelmente, as operações de colagem das peças que foram resinadas.

Perguntas de Juracy Cordeiro da Silva, da Dasoflora - Consultoria Florestal Ltda:

- Qual sua opinião sobre a prática da resinagem em madeiras de serraria destinadas à fabricação de móveis?

A madeira do local que sofreu a resinagem e que foi embebido por resina, não deve ser utilizada em móveis, tendo em conta o fato de que o seu uso compromete a aparência e dificulta a colagem. Assim deve ocorrer o descarte da parte resinada, medindo de um metro a dois metros. De maneira geral, não há o comprometimento da árvore inteira, mas simplesmente do setor que foi resinado.

- No caso de peças obtidas de árvores resinadas, foi dito que ocorrem alterações na aparência dessas peças. Essas alterações devem ser atribuídas ao estimulante químico ou às modificações da própria estrutura da madeira?

Essas alterações decorrem da reação da madeira à injúria química e física, sem alterações de sua estrutura. A resinagem não tem a capacidade de alterar madeira que já foi formada. Simplesmente vai impregná-la no local de exudação, promovendo alterações básicas na aparência, sem afetar suas outras características.

Pergunta de Renato Gomes Napoli, da IBEMA S/A:

- O expositor afirmou que em árvores resinadas existe um aumento de densidade, sem aumento da resistência mecânica. As mudanças citadas ocorrem somente na região da ferida onde se localiza a cuba ou em toda a área resinada?

Localizam-se basicamente em toda a região trabalhada, sem que se notem diferenças significativas nas outras partes da árvore. Possíveis influências sobre o crescimento só poderiam ser definidas pelo Instituto Florestal de São Paulo, que tem estudos a respeito. O que se tem notado nas toras é que só a região resinada sofre defeitos negativos. O lado oposto é de madeira sã e se apresenta com aparência normal sem excentricidade. Outro aspecto diz respeito à tendência para a cicatrização, da área trabalhada, caso não se proceda, de imediato, o corte da árvore.

Trata-se ainda de suposição, mas dentro de uns cinco anos, a cicatriz pode estar completada, deixando de existir parte dos defeitos comuns aos locais do tronco sujeitos ao trabalho de extração.

Perguntas de José Esbri Lluch, da Placas do Paraná:

- Quanto tempo útil temos entre o corte da tora e o início de empenamento da peça resinada, a temperatura ambiente?

O tempo entre o corte da peça e o empenamento está na exclusiva dependência da umidade, que por sua vez depende das condições em que a madeira foi empilhada. Em condições normais, com tempo razoável de sol, as peças bem entabuladas podem apresentar em um mês, 30% de empenamento longitudinal, se contiverem madeira juvenil ou de compressão.

- Travando-se a peça na posição certa, ela volta ao seu alinhamento natural?

A madeira em determinadas temperaturas torna-se plástica. Todavia se houver uma quantidade muito grande de madeira de compressão, contrapondo-se com a madeira normal, o empenamento é permanente. Nesse caso, a menos que haja uma pressão bastante grande, com secagem feita em altas temperaturas, pode haver recuperação da peça empenada. Caso contrário a deformação é permanente.

Perguntas para Joaquim Alves de Araújo Vianna, de João Luiz Leão da Juglans Serviços de Engenharia S/C Ltda:

- Qual ou quais as influências do tipo de desdobro sobre as contrações e empenamentos na madeira processada?

- Qual dos métodos apresentados provoca menores danos nesse sentido?

- O método considerado na resposta à primeira pergunta, corresponde ao do me

Na verdade, o sistema deve ser escolhido não em função do custo ou do rendimento, mas sim em função da somatória desses dois fatores.

Em primeiro lugar, o que mais influi em qualquer opção é a matéria prima. Há necessidade de se ter uma previsão cronológica de abastecimento de madeira não só em função de classes diamétricas como de qualidade do material. Com base nessas previsões podem-se analisar sistemas de processamento e tipos de equipamentos. Na escolha de um sistema, no caso específico do Pinus e das condições brasileiras, deve se levar em consideração que a parte central, a parte correspondente à medula e onde normalmente é localizada a madeira juvenil, não deve ser recomendada para utilização em peças estruturais, em move-laria, ou ainda onde as características de qualidade sejam imprescindíveis. Sobre influência do tipo de desdobra nas contrações, é de se esclarecer que a mesma varia com o tipo da peça desdobrada (radial, tangencial ou mista). Na verdade, esse fenômeno não deve preocupar o produtor, tendo em conta que a partir da escolha do sistema de desdobra, terá ele condições de controlar as contrações que são previsíveis para cada tipo de peça.

Sessão I - MADEIRA DE REFLORRESTAMENTO / SECAGEM

Segunda Parte

Moderador: Amantino Ramos de Freitas

Palestra 3: Programa de Secagem: Fundamentos Teóricos e sua Aplicação para a Madeira de Pinus spp

Expositor: Ivaldo Pontes Jankowsky, engenheiro florestal (ESALQ/1979) curso de doutoramento na Escola Politécnica da USP (engenharia química)

Palestra 4: Novas Técnicas de Secagem de Madeira

Expositor: Ivan Tomaselli, engenheiro florestal (1972) mestre em ciências pela Universidade Federal do Paraná (1974) e PhD pela Universidade de Melbourne Austrália (1974), professor titular da Universidade Federal do Paraná e Diretor da firma STC Engenharia.

Pergunta ao Prof. Ivaldo Pontes Jankowsky

Pergunta de José Roberto de Burgos Rohr, da Depinus Industrial Ltda:

- No caso da secagem da madeira de Pinus ao ar, qual seria a melhor forma de cobertura? tábuas de madeiras, telhas, material plástico, etc?

A cobertura na secagem natural tem por objetivos dar proteção contra a chuva e impedir radiação solar direta sobre as tábuas superiores. Qualquer cobertura que atinja esses objetivos é aceitável. Material plástico de cor escura, entretanto, é o mais recomendável por se tratar de cobertura leve que pode ser retirada com facilidade e posta em uso de novo em outras pilhas. Todavia, mais importante do que a cobertura, é a disposição das pilhas no patio de secagem. Estas devem estar distribuídas de forma a permitir perfeita circulação de ar.

Pergunta de Ivan Ramiro Garay Belmar, da CEAG/PR:

- Qual o tipo de secador convencional existente no mercado, mais apropriado para secar Pinus em termos de ventilação? ventilação superior?, ventilador frontal? ventilador centrífugo?

O ventilador centrífugo é o mais eficiente. Entretanto, um aspecto importante do problema, que nem sempre é levado em consideração, diz respeito ao posicionamento dos direcionadores da circulação de ar, para a evitação de pontos mortos. Por essa razão, a eficiência do ventilador depende essencialmente da boa circulação do ar.

Pergunta de Jan Willen Roorda da Papel e Celulose Catarinense S/A

- A utilização de borax, forçando a abertura dos poros, facilita a retirada da umidade interna por capilaridade?

Em princípio, teoricamente, tudo que aumentar a porosidade, facilita a movimentação da água por capilaridade. Entretanto, no nosso caso, a madeira de Pinus tem uma permeabilidade tão alta que qualquer tratamento para o aumento desta é desnecessário.

Pergunta de Marconi Cruz, do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal-IBDF - SC:

- Até onde o teor da resina influi no tempo e na eficiência da secagem?

O teor de resina, em princípio, não influi na secagem. Em algumas espécies de Pinus, entretanto, o emprego de determinados extrativos causa, durante a

secagem, um escurecimento superficial da madeira.

Concluindo, pode-se dizer que a quantidade normal de resina existente nas espécies de Pinus não afeta a taxa de secagem.

Pergunta para Ivan Tomaselli

Pergunta de Jesuino Almeida de Oliveira da Klabin do Paraná de Celulose S/A:

- No processo de secagem a altas temperaturas, quais os índices médios de desclassificação da madeira?

O processo de secagem a alta temperatura, bem conduzido, deve reduzir o empenamento, quando comparado com o processo de secagem convencional.

Não estão disponíveis no momento dados sobre a percentagem de defeitos que ocorrem no processo. Seguramente, entretanto, essa percentagem é bem menor do que a observada na secagem convencional.

Pergunta de Artur Oscar Bodstein, da Klabin do Paraná de Celulose S/A:

- É fato conhecido que a secagem da madeira de Pinus taeda ocasiona a soltura de nós. Há algum processo de apersão de aglutinante que evite essa inconveniência?

Já existem estudos feitos para solução do problema e que consistem na pintura da região dos nós na madeira verde, visando-se com isso não exatamente fixar o nó à estrutura, mas reduzir a taxa de secagem na região em que ocorrem esses nós de forma a manter o equilíbrio hídrico no local. Mesmo assim, a solução antes de ser tecnológica e levada a efeito na fase de secagem, deve estar baseada no tratamento silvicultural dos maciços através da poda de árvores, feita no seu devido tempo, visando reduzir a incidência de nós mortos no tronco, antes que este chegue à serraria.

Pergunta de Aristides Teixeira de Mendonça, da Klabin do Paraná de Celulose S/A:

- O volume de água capilar retirado é diretamente proporcional à velocidade do ar? se verdadeiro, os secadores poderiam ter seus ventiladores reguláveis?

A transferência de massa de água do interior para a superfície das peças em processo de secagem é feita por pressão hidrodinâmica, resultante do aquecimento das bolhas de ar que existem no interior da madeira.

Essa água trazida à superfície por pressão interna, é em seguida evaporada. A taxa de secagem, no caso, é exatamente proporcional à quantidade de calor que se transfere à superfície. Teoricamente, quanto mais alta for a velocidade do ar, maior será a quantidade de calor que se transfere à superfície e maior, também, deve ser a secagem.

Acontece, porém, que se a transferência de calor for muito acentuada, quebra-se o fluxo de água do interior para superfície, e interrompe-se consequentemente sua evaporação.

Esse fenômeno mostra a necessidade de um balanceamento entre a temperatura de secagem e a velocidade do ar, pondo em destaque a inconveniência tanto de trabalhar com temperaturas muito altas e velocidades baixas, como com velocidades muito altas e temperaturas baixas.

Pergunta de Lugindo Dall'Ásta Júnior, estudante da Universidade Federal do Paraná:

- Na secagem a alta temperatura, ocorrem pressões internas na madeira devido ao fluxo hidro-dinâmico. Essas pressões não acarretariam a ocorrência de colapso?

O colapso é função da pressão capilar, que por sua vez gera pressões sobre as paredes celulares, dando-se com isso um achatamento da célula. Todavia, na secagem a altas temperaturas ocorre uma pressão interna que na realidade opera ou age contra o colapso, pois impede a ocorrência do achatamento da parede celular.

Pergunta de Jan Willen Roorda, da Papel e Celulose Catarinense S/A:

- Onde poderemos ver um processo de secagem contínua com temperatura de 180° e velocidade do ar de 8 metros por segundo?

O processo referido está em desenvolvimento e deve estar em operação na Austrália. Inexiste similar no Brasil.

Pergunta de Clodomir Buch, da Cia Fiat Lux de Fósforos de Segurança:

- Como fica a resistência da madeira no sistema de secagem a alta temperatura?

Na realidade, a secagem a alta temperatura diminui a umidade de equilíbrio final da madeira, compensando reduções que possam ocorrer na resistência des se material. Isso porque existe correlação entre resistência e teor de umi dade, diminuindo-se esta há o aumento correspondente daquela.

Pergunta de Sergio Gonçalves:

- Qual é o tempo médio de secagem de Pinus em estufas a alta temperatura?

A secagem a alta temperatura é muito rápida. Industrialmente, o secador de ve estar programado para operar a 120º e com tempo de secagem de 24 horas.

Isto não impede secagens ainda mais rápidas em até 6 ou 7 horas, com equi pamentos especiais, a 180º.

- Há nesse caso redução no custo de secagem, em comparação com processo con- vencional?

Em princípio existe redução no custo da secagem, nessas condições. O proces so no caso é extremamente fácil de ser controlado quando se opera a tempera- tura acima de 100º, garantido-se um balanço entre a umidade relativa e a tem- peratura, através de equipamento automático de controle.

Pergunta de Algacyr Dreher, da Reflorestadora Sacramento Resa Ltda:

- Qual a percentagem de perda de madeira por deformação no processo de seca gem a alta temperatura?

Inexistem dados disponíveis no momento que indiquem a percentagem de perda por empenamento no processo de secagem a alta temperatura.

Entretanto é de se enfatizar que o grande desenvolvimento desse processo nes tes últimos anos, ocorreu justamente pelo fato de haver redução no empenam^{en}to durante a secagem em temperaturas elevadas.

Sessão II - PRESERVAÇÃO E UTILIZAÇÃO

Primeira Parte

Moderador: Nodário Raimundo Santos Azeredo

Palestra 1: Controle Preventivo de Deterioração em Toras de Madeira Serrada durante a Secagem

Expositor: Sidney Milano, biólogo, pelo Instituto de Biociências da USP (1979) Assistente II do Laboratório de Biodeterioração de Materiais do Agrupamento de Preservação de Madeiras da Divisão de Madeiras do IPT.

Palestra 2: Utilização de Pinus na Produção de Laminados e Compensados

Expositor: Osmar José Romero de Aguiar, engenheiro florestal pela Faculdade de Ciências Agrárias do Pará (1976), professor pesquisador da EMBRAPA/USP/ - ESALQ.

Perguntas ao Dr. Sidney Milano

Pergunta de Walmor Prandi, da Seiva S/A - Florestas e Indústrias

- Temos observado maior susceptibilidade do Pinus elliottii que do Pinus taeda com relação ao ataque de fungos manchadores. Tratando-se de espécies de mes mo gênero, com densidades semelhantes, seria o fenômeno atribuível a maior concentração de resinas no elliottii?

O problema não está na resina em sí. Tratando-se de duas espécies diferentes, ainda que do mesmo gênero há a considerar reações desiguais para estímulos se melhantes. Esse tipo de comportamento ocorre mesmo em outras circunstâncias, onde a presença ou não de resinas é fator sabidamente inócua.

Pergunta de Gilberto Rimbault, da Montana Química S/A:

- Um problema que tem se agravado recentemente, é a do ataque por algas em madeiras verdes, principalmente nas regiões de altas precipitações pluviomê- tricas. Sabemos que o desenvolvimento dessas algas é superficial e que podem ser removidas por processo mecânico. Como essa técnica é inviável economicamente, pergunta-se: existe (1) solução prática e viável para se prevenir ou curar esse ataque? (2) há pesquisas concluídas ou em andamento sobre esse as unto?

O problema da ocorrência de algas em madeira de Pinus é raro. As observações já feitas mostram a ocorrência de algas azuis e algas verdes unicelulares que se desenvolvem na superfície da madeira e se distribuem de forma muito super ficial, sem ação parasitária. O aparecimento de algas relaciona-se com pro- blemas de ventilação, de sombreamento, e de condições de armazenamento da ma deira durante a secagem. É possível combater essas infestações com a aplica- ção de produtos algicidas. Entretanto, não estão disponíveis no momento in- formações sobre a economicidade e a eficiência desse produto.

Pergunta de Fausto Cândido B. Prates, da Agro Territorial da Cidreira:

- Existem estudos sobre mistura de cal, ou de hipoclorito de sódio ao fungí cida pentaclorofenol, para melhor proteção das madeiras? Se existem, quais os percentuais dessa mistura?

Desconhecem-se estudos referentes à mistura de sódio hipoclorito ao pentaclo rofenol para aumentar a ação fungicida deste produto.

O que se usa muitas vezes associado ao pentaclorofenato de sódio, que é o mais utilizado no controle de manchas, é o borax. Verifica-se que a associa- ção de pentaclorofenato de sódio com borax apresenta um efeito que nós chama mos de cinérgico, ou seja, o comportamento da mistura é melhor que o compor- tamento individual de cada um dos seus componentes. Consequentemente, com is so, é possível usar menores concentrações de pentaclorofenol.

Pergunta de Mancel Antonio Hofmann Gomes, da Emilio B. Gomes & Filhos S/A:

- É verdadeira ou falsa a afirmação de que a utilização de secadores-estufa, inibe o desenvolvimento de fungos na madeira e consequentemente torna desnec- sário o uso de preservativos fungicidas?

Só a secagem com temperaturas acima de 100º dispensa o tratamento preservati vo da madeira, após sua saída da destapadeira. Todos os outros processos que não atingem temperaturas suficientemente altas, não eliminam os fungos que, consequentemente, continuam se desenvolvendo mesmo depois da secagem.

Pergunta de Aristides Teixeira de Mendonça, da Klabin do Paraná de Celulose:

- Qual o tempo mínimo que decorre entre o abate da árvore e o aparecimento de manchas azuis provocadas por fungos?

O tempo, no caso, depende fundamentalmente da espécie de fungo que possa es- tar ocorrendo na madeira. Há casos em que toretes ou toras se tornam total- mente azuis após uma semana.

Podem haver maior demora no aparecimento desses efeitos visíveis mas sempre a infecção é muito rápida, pois ocorre invariavelmente nas primeiras 48 ou 72 horas após o abate.

Perguntas para o Dr. Osmar J. Romero de Aguiar

Pergunta de Ivan Ramiro Garay Belmar da CEAG/PR:

- (1) Qual é o ângulo de fio e ângulo de ataque da faca, para tornear Pinus? (2) Qual é o ângulo de fio da contra-faca? (3) O aparecimento de fungos nas lâminas de Pinus influi na colagem do compensado?

O ângulo de fio ou de afiação, deve ser de 20º. Já o ângulo de ataque varia entre 89º e 90º, dependendo do diâmetro da tora. Por sua vez, o ângulo de afiação da contra-faca, estabelecido com base em resultados constatados, de- ve ser de 15º. O aparecimento de fungos na lâmina, traz problemas na cola- gem do compensado, uma vez que nos locais de infestação, a cola não consegue penetrar, afetando com isso a uniformidade da colagem. Assim, nesses casos, para garantir a qualidade final do produto deve-se proceder à remoção anteci- pada de toda a esporulação dos fungos.

Pergunta do Dr. José Nivaldo Garcia, do Instituto de Pesquisas e Estudos Flo restais-IPEF:

- Considerando que as nossas florestas já estão implantadas e as árvores já estão aí, boas ou más, o que poderia ser feito para melhorar a qualidade das lâminas?

Temos nas florestas árvores dominadas e dominantes, com diâmetros variáveis. A experiência tem nos mostrado que as árvores dominantes com diâmetros pequ- nos, fornecem excelentes lâminas para capa, ao passo que as de mesmo tipo com diâmetros maiores, produzem lâminas de melhor aproveitamento como miolo.

Sessão II - PRESERVAÇÃO E UTILIZAÇÃO

Segunda Parte

Moderador: Nodário Raimundo dos Santos Azeredo

Palestra 3: Sistema Construtivo em Construções Habitacionais

Expositor: Gilson Lameira de Lima, arquiteto, técnico da Divisão de Edifica- ções do IPT.

Palestra 4: Utilização de Madeira de Pinus em Habitação Rural

Expositor: Ricardo Gaeta Montagna, engenheiro agrônomo pela ESALQ/USP (es- pecialidade Silvicultura), com estágio no Japão, em utilizações de madeiras de pequenas dimensões. Assistente Técnico de Programação, no Instituto Flo- restal de São Paulo.

Perguntas ao Dr. Gilson Lameira de Lima

Pergunta do Dr. Evaristo Francisco de Moura Terezo, do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal-IBDF:

- Quantos metros quadrados tem o protótipo? quantos metros cúbicos de madeira e quantos metros quadrados de compensados foram utilizados? mesmo se tratando de um protótipo, qual o custo da sua construção?

A parte útil do protótipo tem 50 metros quadrados, aos quais devem ser acrescidos mais 20 correspondentes à varanda. Para essa área foram utilizados 10 metros cúbicos de madeira. Com relação aos compensados, registrou-se a utilização de 50 m² no piso, sem que se disponham dos dados correspondentes ao uso dos mesmos como painéis divisórios da casa.

Com relação à parte final da pergunta, é de se esclarecer não ter sido possível chegar ao custoso protótipo, por se tratar de trabalho inserido em pesquisa de características puramente experimentais.

Pergunta de Lilian Cristine Pita, estudante da Universidade Federal do Paraná:

- Foi utilizado algum método preservativo para os esteios de eucalipto? Há alguma restrição na utilização dessas casas quanto ao local de instalação das mesmas?

No caso do protótipo, onde a durabilidade dos esteios não constitui dado a ser pesquisado, não houve a preocupação de dar tratamento com muito rigor técnico. Mesmo assim, tanto os esteios após a montagem da casa, como as vigas principais periféricas, mais suscetíveis à deterioração em função da umidade, receberam impregnação asfáltica, que está dando bons resultados, pelo menos nestes quatro anos de observação. Por outro lado, com os recursos atuais de tratamento, não há qualquer problema do ponto de vista ambiental que possa afetar a localização dessas construções.

Pergunta de Eliane Pereira dos Santos e de Isaias Gonçalves da Silva, estudantes da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro:

- Qual o custo de produção em escala semi-industrial de cada unidade? qual o custo de construção das casas feitas com madeira juvenil de Pinus, com relação ao custo das casas de alvenaria?

Com relação a custos, não se dispõem de respostas razoáveis a partir das experiências realizadas até o momento. Comparando com a alvenaria é possível dizer que a construção de madeira é mais econômica, por unidade de área. Todavia, o custo, no caso, sofre os efeitos da economia de escala, assim como é afetado pela racionalização dos esquemas de construção.

Pergunta-sugestão de Bernardo Jazenuch da Anflo Agropastoril Ltda:

- Diante da atual conjuntura sugere-se: 1º) integração iniciativa privada-governo, no sentido de melhor difundir as vantagens da utilização do Pinus, - 2º) estudo visando adequar o Pinus a todas as condições climáticas e geográficas brasileiras, com rigoroso levantamento de custos em escala industrial de produção, 3º) realização de seminário específico com vistas à exportação da madeira de Pinus, em todos os graus de beneficiamento e em todos os tipos de utilização.

Pergunta de Aristides Teixeira de Mendonça, da Klabin do Paraná de Celulose:

- Qual o tempo estimado de durabilidade da madeira tratada?

Resposta de Amantino Ramos de Freitas:

A madeira tem durabilidade praticamente ilimitada, desde que usada convenientemente. Para isso o processo de tratamento deve garantir uma retenção de 4 Kg/m³, para uso acima de solo e de 9,6 Kg/m³ quando em contato com o solo. Obedecidas essas condições de retenção e de penetração, pode-se garantir que a durabilidade é superior aos prazos de financiamento e superior mesmo a da vida média normal das casas de alvenaria.

Perguntas para o Dr. Ricardo Gaeta Montagna, do Instituto Florestal:

Pergunta de Jan Peter Paul Wehr da ESAIQ/USP:

- Na preservação da madeira de Pinus para habitação, qual foi o preservativo utilizado e qual o grau de retenção exigido?

O Instituto Florestal optou pelo uso de um sal preservativo CCA, com retenção sempre acima de 100,0 Kg de ingrediente ativo por m³ de madeira. O grau dessa retenção está em torno de 7 a 7,5, situando-se pouco acima das recomendações oficiais.

Pergunta de Luiz Claudio Lazzarini, da PLANAC

- Qual a percentagem de perdas de peças pré-fabricadas?

As perdas observadas, muito poucas, ocorrem após o processo de serragem, quando são feitas as respigas. Os descartes nessa fase situam-se mais ou menos em torno de 30%.

Pergunta de Amantino Ramos de Freitas, do IPT:

- Qual a estimativa de custo global para uma casa de 54 metros quadrados, incluindo material e mão-de-obra?

Pode-se tomar como base, com boa margem de acerto, o custo de Cr\$ 35.000,00 por metro quadrado (material e mão-de-obra).