

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

OSMAR ANDREI LIEBL

AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DA PRÉ-SECAGEM NA
QUALIDADE E RENDIMENTO DA MADEIRA DE
EUCALYPTUS GRANDIS NA PRODUÇÃO DE MÓVEIS

CURITIBA

2011

OSMAR ANDREI LIEBL

AVALIAÇÃO DA APLICAÇÃO DA PRÉ-SECAGEM NA
QUALIDADE E RENDIMENTO DA MADEIRA DE
EUCALYPTUS GRANDIS NA PRODUÇÃO DE MÓVEIS

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à disciplina de Estágio
Obrigatório em Engenharia Industrial
Madeireira (AT063), como requisito parcial
à conclusão do Curso de Engenharia
Industrial Madeireira do Setor de Ciências
Agrárias da Universidade Federal do
Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Jorge Klitzke

CURITIBA

2011

DEDICO

Primeiramente a Deus, pois sem Ele, nada seria possível.
Aos meus pais, Osmar e Marilda, pelo esforço, dedicação e compreensão, em todos os momentos desta e de outras caminhadas.

Ao meu irmão, Anderson.

A todos os amigos e colegas.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Ricardo J. Klitzke, do Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, do Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná, que se dispôs a orientar-me neste trabalho de conclusão de curso.

A toda equipe da Artsoli Móveis Ltda, pela ajuda na realização deste trabalho e estágio curricular.

E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A secagem é o primeiro e um dos mais importantes passos no preparo da madeira para a produção de móveis. Esta operação precisa ser bem planejada e conduzida, pois dela depende a qualidade final do produto, bem como o rendimento da transformação da matéria prima (madeira) em produtos acabados (móveis). O objetivo do presente trabalho foi propor melhorias no setor de secagem de madeira de uma empresa, principalmente para a secagem de *Eucalyptus grandis*, visando diminuir o tempo de secagem, à obtenção de material com menos rachaduras e/ou empenamentos, bem como melhorar a eficiência do setor. Outros objetivos eram avaliar o rendimento da madeira desta espécie e os custos do seu processamento no setor de Preparação de Madeira. Os resultados do trabalho revelaram a necessidade de se alterar as dimensões, o empilhamento e a organização das pilhas no pátio de pré-secagem, e também o programa de secagem. Observou-se também que o *Eucalyptus grandis* apresenta menor rendimento se comparado com outras espécies utilizadas pela empresa, e maiores custos de produção, devido a necessidade de se realizar mais processos e se utilizar equipamentos mais simples para se obter madeira livre de defeitos.

Palavras chaves: Secagem de *Eucalyptus grandis*, Pré-secagem, Secagem de madeira.

ABSTRACT

Drying is the first and the most important step in the preparation of the wood for the production of furniture. This operation needs to be well planned and conducted, because on it depends the final quality of the product, as well the yield of the raw material (wood) into finished products (furniture). The objective of this work is to propose improvements for the sector of wood drying of the factory, mainly for the *Eucalyptus grandis* drying, to decrease the drying time, to obtain material with less cleavages and/or warps, as well as improving the efficiency of the sector. Other objectives were to demonstrate the yield of wood of this species and the costs of the processing in the sector of wood preparation. The results revealed the necessity to change the dimensions, the stacking and the organization of the piles in the courtyard of pre-drying, and also the drying program. It was observed that the *Eucalyptus grandis* presents lower yield compared with other species used by the factory, and higher costs of production, because of the requirement to carry out more procedures and to use simple equipments to obtain wood free from defects.

Key Words: *Eucalyptus grandis* drying, pre-drying, wood drying.

SUMARIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1 OBJETIVO GERAL	12
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
2. REVISÃO DE BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 <i>EUCALYPTUS GRANDIS</i> PARA PRODUÇÃO DE MÓVEIS.....	13
2.2 CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA.....	13
2.3 A SECAGEM DE <i>EUCALYPTUS GRANDIS</i>	14
2.4 PROGRAMAS DE SECAGEM	18
2.5 DEFEITOS DE SECAGEM.....	21
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
3.1 MATERIAL DE ESTUDO.....	25
3.2 AMOSTRAGEM E PREPARAÇÃO DO MATERIAL.....	25
3.2.1 FORMAÇÃO DAS PILHAS	26
3.2.2 PESAGEM DAS TÁBUAS.....	27
3.3 DEFEITOS DE SECAGEM.....	28
3.4 SETOR DE SECAGEM CONVENCIONAL	29
3.5 SETOR DE PREPARAÇÃO DA MADEIRA	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
4.1 TEOR DE UMIDADE INICIAL.....	33
4.2 TEMPO DE SECAGEM.....	33
4.3 CUSTOS DO SETOR DE SECAGEM	37
4.4 CUSTOS DO SETOR DE PREPARAÇÃO	38
4.5 AVALIAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS DEFEITOS NA PRÉ-SECAGEM	39
4.6 RENDIMENTO DA MADEIRA	40
5. CONCLUSÕES.....	43
6. SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES	44
7. BIBLIOGRAFIA.....	46

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

GRÁFICO 1 - CURVA CARACTERISITCA DE SECAGEM PARA MATERIAIS (ROSEN, 1983).....	16
FIGURA 1 - PRINCIPAIS DEFEITOS DE SECAGEM FONTE: SANTOS(2002).....	24
FIGURA 2 - RETIRADA DE AMOSTRAS PARA DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE INICIAL.....	26
FIGURA 3 - PILHAS COM 1,80M (ESQUERDA) E 0,90M (DIREITA) DE LARGURA.....	27
FIGURA 4 - BALANÇA DIGITAL UTILIZADA NAS PESAGENS.....	28
FIGURA 5 – CÂMARAS DE SECAGEM CONVENCIONAL.....	30
FIGURA 6 - EQUIPAMENTOS DO SETOR DE PREPARAÇÃO.....	31
FIGURA 7 – CINÉTICA DE SECAGEM PARA PILHA COM 1,80M DE LARGURA E TABIQUES DE 20MM.....	34
FIGURA 8 - CINÉTICA DE SECAGEM PARA PILHA COM 1,80M DE LARGURA E TABIQUES DE 25MM.....	34
FIGURA 9 - CINÉTICA DE SECAGEM PARA PILHA COM 0,90M DE LARGURA E TABIQUES DE 20MM.....	35
FIGURA 10 - CINÉTICA DE SECAGEM PARA PILHA COM 0,90M DE LARGURA E TABIQUES DE 25MM.....	35
FIGURA 11 – CINÉTICA DE SECAGEM MÉDIA PARA CADA CONFIGURAÇÃO DE PILHA.....	36
FIGURA 12 – CUSTOS DO SETOR DE SECAGEM DE MADEIRA.....	37
FIGURA 13 – CUSTOS DO SETOR DE PREPARAÇÃO COM A UTILIZAÇÃO DE <i>EUCALYPTUS GRANDIS</i>	38
FIGURA 14 – AVALIAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS DEFEITOS ANTES DA PRÉ-SECAGEM.....	39
FIGURA 15 – AVALIAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS DEFEITOS APÓS PRÉ-SECAGEM.....	39
FIGURA 16 - PRINCIPAIS DEFEITOS DE SECAGEM.....	40
FIGURA 17 - RENDIMENTO DA MATÉRIA-PRIMA.....	41
FIGURA 18 - RENDIMENTO MÉDIO DA MADEIRA DE ESPÉCIES UTILIZADAS.....	42

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO DOS EMPENAMENTOS.....	29
TABELA 2 - CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO DAS RACHADURAS APÓS PRÉ-SECAGEM.....	29
TABELA 3 - TEORES DE UMIDADE NO CENTRO E TOPOS DAS AMOSTRAS.....	33
TABELA 4 – PROGRAMA DE SECAGEM SUGERIDO PARA ESPESSURAS DE 35 A 40MM.....	44
TABELA 5 - PESO DAS TÁBUAS DURANTE A PRÉ-SECAGEM.....	49
TABELA 6 - DIMENSÕES DOS EMPENAMENTOS ANTES DA PRÉ-SECAGEM.....	49
TABELA 7 - DIMENSÕES DOS EMPENAMENTOS APÓS A PRE-SECAGEM.....	50
TABELA 8 - COMPRIMENTO DAS RACHADURAS DE TOPO NO INÍCIO DA PRÉ-SECAGEM.....	51
TABELA 9 - COMPRIMENTO DAS RACHADURAS TOPO NO FINAL DA PRE-SECAGEM.....	51

LISTA DE FÓRMULAS

FÓRMULA 1 – CÁLCULO DO POTENCIAL DE SECAGEM.....	19
FÓRMULA 2 – CÁLCULO DO TEOR DE UMIDADE INICIAL DA MADEIRA.....	26
FÓRMULA 3 – EQUAÇÃO DO RENDIMENTO.....	31
FÓRMULA 4 – EQUAÇÃO DO CUSTO DE PRODUÇÃO.....	32
FÓRMULA 5 – EQUAÇÃO DO CUSTO DE MAO-DE-OBRA.....	32
FÓRMULA 6 – EQUAÇÃO DO CUSTO COM ENERGIA ELÉTRICA.....	32
FÓRMULA 7 – EQUAÇÃO DO CUSTO DE OPORTUNIDADE.....	32

1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui uma vasta área reflorestada com o gênero *Eucalyptus*, cerca de 3,5 milhões de hectares (Embrapa, 2007). A eucaliptocultura brasileira é uma das mais desenvolvidas do mundo, no que se refere aos aspectos silviculturais. Contudo, o país ainda é carente de tecnologias adequadas para a utilização da madeira deste gênero para uso na indústria moveleira e produtos manufaturados.

No Brasil, as florestas de eucalipto foram implantadas com o objetivo de atender, principalmente, as indústrias siderúrgicas, e as de celulose e papel. Portanto estas florestas possuem madeiras com características específicas para satisfazer as exigências dessas indústrias. A utilização deste material genético na construção civil, na indústria moveleira e de chapas apresenta vários inconvenientes. Estes inconvenientes estão relacionados com a perda e depreciação da madeira, que vão desde a operação de abate das árvores até a fase final de processamento, incluindo as fases de usinagem e acabamentos superficiais. Porém a fase mais importante é a secagem que se mal executada pode provocar rachaduras, empenamentos das peças e colapso das células. Estes fenômenos ocorrem por causa das tensões originadas na estrutura anatômica provocadas pela rápida perda de água (Skaar,1972). Os defeitos da madeira estão, também, associados a outros fenômenos que ocorrem na fase de crescimento das árvores, como: tensões de crescimento, madeira juvenil, cerne quebradiço e coeficiente de anisotropia (Hillis, 1978).

Atualmente, a utilização do eucalipto deixou de ser uma matéria-prima alternativa para a indústria madeireira; e é uma realidade a sua transformação em produtos a base de madeira maciça. Entretanto, existe a necessidade de adequação dos processos de beneficiamento da madeira, pois a utilização do eucalipto implica no processamento de árvores jovens e com diâmetros reduzidos. O grande desafio é buscar alternativas de processos, técnicas e que sejam economicamente viáveis, que permitam a obtenção de madeira seca com as características exigidas pelo setor moveleiro no menor tempo possível, bem como a redução nos custos de beneficiamento.

Tendo-se em vista a necessidade de se melhorar o processo de produção da empresa, os objetivos do presente trabalho são:

1.1 OBJETIVO GERAL

O trabalho tem como objetivo geral avaliar a aplicação da pré-secagem na qualidade e demonstrar o rendimento da madeira *Eucalyptus grandis* na produção de móveis.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a influência da largura das pilhas e da espessura dos separadores na velocidade da pré-secagem de *Eucalyptus grandis*;
- Demonstrar os principais defeitos na pré-secagem de *Eucalyptus grandis* e sugerir formas de minimizá-los;
- Avaliar o rendimento da madeira e demonstrar simplificadaamente os custos do processamento de *Eucalyptus grandis* no setor de Beneficiamento de Madeira.
- Demonstrar simplificadaamente os custos do setor de secagem convencional de madeira.

2. REVISÃO DE BIBLIOGRÁFICA

2.1 *EUCALYPTUS GRANDIS* PARA PRODUÇÃO DE MÓVEIS

O *Eucalyptus grandis*, dentre as 600 espécies existentes do gênero, é a que se apresenta com maior potencial de utilização no setor moveleiro, devido as suas características físico-químicas, anatômicas e organolépticas.

A industrialização da madeira de eucalipto para produção de móveis gera grande volume de perdas, durante as operações de processamento, reduzindo os rendimentos em madeira serrada e produtos derivados. As maiores perdas ocorrem durante a secagem da madeira, que se não for conduzida de maneira controlada e correta, pode causar a perda total da matéria-prima. Sem dúvida, a secagem correta é passo obrigatório para a obtenção de madeira com boas características de utilização. Segundo Gomide (1974), a madeira necessita estar seca para receber acabamentos superficiais como pintura ou envernizamento, pois poucas tintas e vernizes aderem convenientemente à superfície úmida da madeira. Além disto, a umidade exerce pressão ao evaporar e pode causar bolhas e rachaduras na superfície acabada.

2.2 CARACTERÍSTICAS DA MADEIRA

Segundo o LPF/IBAMA, a espécie de *Eucalyptus grandis W.Hill ex Maiden* tem as seguintes características: possui o cerne distinto do alburno, a coloração do cerne é rosa(classificado pela escala Munsell como 10 R 5/4), o alburno é cinza-rosado(10 YR 7/2). As camadas de crescimento são distintas, a grã é direita e a textura é média, apresentando figura tangencial em linhas vasculares pouco destacadas, com brilho moderado e cheiro imperceptível. Apresenta massa específica básica de 420 kg/m³, e massa específica aparente, a 15 % de umidade, de 500 kg/m³.

A madeira de *Eucalyptus grandis W.Hill ex Maiden*, seca ao ar, depois de cortadas tangencialmente apresentaram algumas tábuas com rachaduras de topo, de superfície e leves empenos. Esses pequenos defeitos não inviabilizam a utilização. De uma forma geral, a qualidade aparente apresentada pela madeira é

boa, não havendo comprometimento no desempenho na fabricação dos móveis. (Gonçales et al, 2006)

Apresenta-se bem perante as máquinas e ferramentas. É uma madeira macia que não oferece resistência às serras e equipamentos de trabalho manuais. Sua grã direita certamente é uma característica positiva quanto à facilidade de trabalhabilidade da espécie. A cor rosa e o brilho moderado da madeira levaram a apresentação de um móvel esteticamente agradável. A superfície de acabamento é muito boa quando aplainada corretamente. A serragem produzida por essa madeira não causa nenhum tipo de irritação aos operadores. Essa madeira recebe bem todas as lixas, da granulometria mais grossa (grã 60) até a mais fina (grã 280). A espécie também se comporta bem quanto ao uso de parafusos, pregos e na confecção de encaixes.

2.3 A SECAGEM DE *EUCALYPTUS GRANDIS*

A secagem da madeira é a evaporação da umidade superficial, que é absorvida pela atmosfera local e, ao mesmo tempo, a movimentação da umidade interior para as zonas superficiais. A ineficácia do processo se deve à rápida perda da umidade superficial e a lenta translocação da umidade interna para a superfície. A velocidade da secagem está diretamente relacionada ao tipo de madeira, dimensões e arranjo das pilhas no pátio de secagem. Gomide (1974) afirmou que a largura da pilha, o espaçamento lateral entre as pilhas, a área da chaminé deixada no seu interior e a altura da primeira camada de tábuas com relação ao solo afetam o grau e a velocidade da secagem.

Na secagem natural de tábuas, na maioria das espécies, ocorre perda da metade do teor de sua umidade entre 15 e 30 dias; o restante é eliminado num tempo de 3 a 5 vezes maior, permanecendo as tábuas sob as mesmas condições de exposição. Isto é consequência do estado da umidade da madeira, visto que a água livre, que corresponde ao estado acima do ponto de saturação das fibras, é evaporada facilmente. O mesmo, entretanto, não se dá com a água de adesão que se apresenta em combinação coloidal com a própria substância madeira, sendo portanto mais fortemente retida que a água livre, Gomide (1974).

Segundo Silva & Wenzel (1995) e Gomide (1974), o processo de secagem começa, ainda, dentro da floresta, imediatamente após o abate. As condições de

secagem existentes nestes ambientes podem ser muito drásticas, fazendo com que umidades de equilíbrio da ordem de 15,8% nos períodos chuvosos a 11,5% nos períodos secos sejam atingidas muito rapidamente. É aconselhável que as toras recém abatidas sejam levadas imediatamente às serrarias para se processar o desdobro e empilhamento. Caso tal procedimento não seja possível, deve-se usar técnicas que possibilitem a manutenção da umidade do material, por exemplo a imersão ou a aspersão de água sobre as mesmas (Silva & Wenzel, 1995).

O principal objetivo da secagem da madeira ao ar livre é fazer com que a maior quantidade possível de água evapore utilizando-se das forças da natureza. A secagem natural muitas vezes é usada como pré-secagem ou secagem parcial sendo a fase final feita em estufas, como também, para secagem completa, dependendo do seu uso, Ponce & Watai (1985).

Na secagem ao ar livre a madeira atinge a umidade de equilíbrio lenta e suavemente. O tempo de secagem varia em função das condições climáticas de cada região. Caso haja necessidade de umidade da madeira abaixo deste ponto, deve-se proceder a secagem em estufas (Mendes et al., 1996).

Segundo Santos (2002), a secagem convencional possui inúmeras vantagens em relação a secagem natural, mas representa também uma parcela significativa do custo de produção, devido principalmente a amortização dos investimentos nos secadores e demanda de energia do processo. Uma vez que a madeira de eucalipto requer uma secagem lenta, devido a tendência ao desenvolvimento de defeitos, como rachaduras e colapso, principalmente nos estágios iniciais da secagem, tem-se um aumento no custo do processo proporcional ao tempo de permanência da madeira no secador.

Uma das alternativas que tem sido recomendadas para contornar este inconveniente, ainda segundo Santos (2002), é a remoção da maior parte possível de água livre, antes de se iniciar a secagem convencional. Pressupõem-se que a pré-secagem ao ar, além de reduzir o tempo necessário para a posterior secagem artificial, também pode reduzir a incidência de defeitos normalmente observados nas fases iniciais do processo.

Durante a secagem da madeira a água se movimenta de zonas de alta umidade para zonas de baixa umidade, significando que a parte externa deve estar mais seca que o interior da madeira (Ponce e Watai, 1985). Embora não explicado

pelos autores, esse conceito é válido para os processos de secagem por convecção, independente do material a ser seco.

De acordo com Kollmann e Cotê (1968); Rosen (1983) e Jankowsky (1995), durante o processo de secagem por convecção ocorrem três fases ou estágios distintos (Gráfico 1), caracterizados pela variação na taxa da perda de umidade e que determinam a curva característica de secagem do material.

Segundo Santos (2002), no primeiro estágio ocorre taxa de secagem

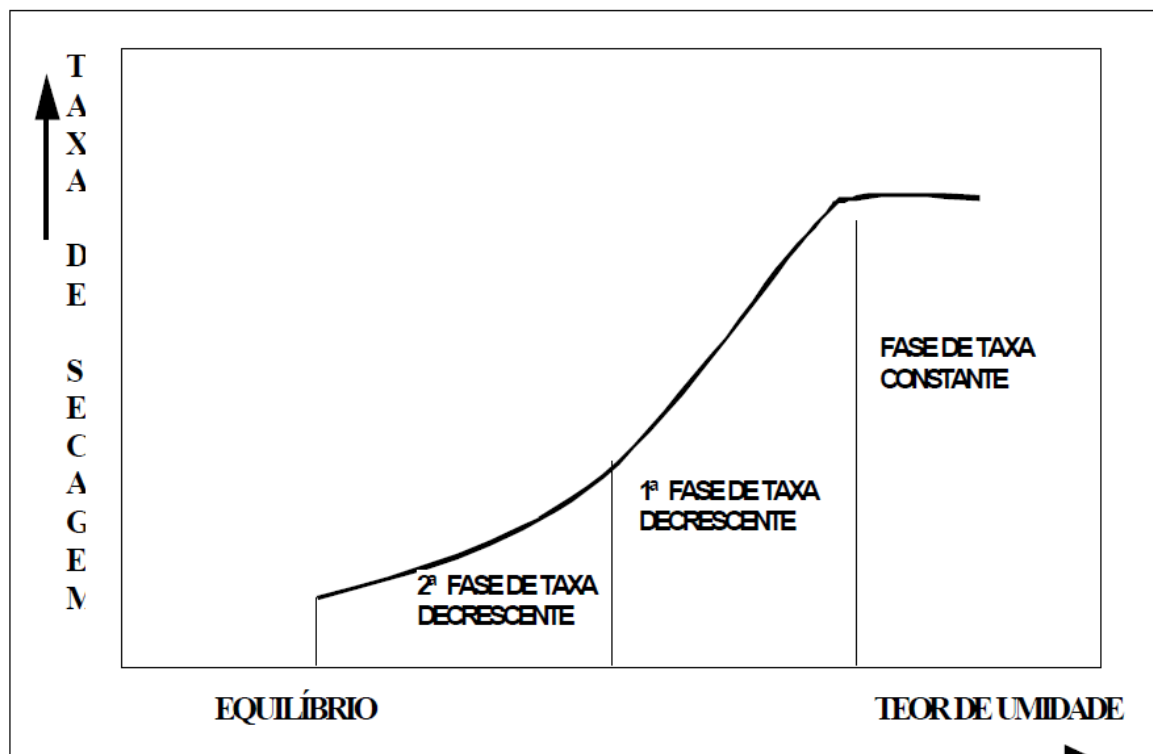


GRÁFICO 1 - CURVA CARACTERISITCA DE SECAGEM PARA MATERIAIS (FONTE: ROSEN(1983))

constante, com movimentação da água livre ou capilar até a superfície, provocada pelas forças de capilaridade. Pela superfície ocorre o deslocamento de uma corrente de ar, caracterizando uma secagem por convecção. A energia (calor sensível) da corrente de ar é transferida para a superfície da madeira, promovendo a vaporização da água ali existente e que, no estado de vapor, é transferida para a corrente de ar.

As condições externas exercem um grande efeito sobre o processo nessa fase, regulando a taxa de secagem desse período. Parte da energia recebida pela superfície provocará o aumento da temperatura nessa região, iniciando a transferência de calor para o centro da peça.

No momento em que restrições ao fluxo capilar impedem que a água livre alcance a superfície da madeira, o teor de umidade nessa região atinge o Ponto de Saturação das Fibras (PSF), caracterizando o início da primeira fase de taxa decrescente.

A madeira atinge um teor de umidade no qual a linha de evaporação da água se desloca em direção ao centro da peça. A vaporização da água presente na superfície gerará um gradiente de umidade, principalmente no sentido da espessura, dando início à movimentação da água do interior até a superfície por difusão, a qual também é influenciada pelo fluxo de calor que ocorre no sentido inverso.

A movimentação interna da água ocorre nas fases de líquido, de vapor e como água higroscópica (quimicamente ligada aos componentes da parede celular). A movimentação na fase líquida é fundamentalmente um fenômeno de capilaridade, sendo afetado pela estrutura anatômica da madeira. A movimentação nas outras fases é basicamente um fenômeno difusivo, afetado não só pelas condições termodinâmicas da corrente de ar como também por características da própria madeira, tornando-se, esta última, significativa no controle da taxa de secagem.

No estágio final (segunda fase de taxa decrescente), iniciado quando a linha de evaporação de água se restringe ao centro da peça, não há mais água livre no material e a taxa de secagem é regulada pelas características do material, até que o teor de umidade de equilíbrio seja alcançado.

A secagem artificial, quando executada em secadores convencionais e seguindo um programa de secagem, busca compensar a redução na taxa de secagem do material com alterações contínuas no meio de secagem (corrente de ar). Porém, para várias espécies do gênero *Eucalyptus*, dentre elas o *Eucalyptus grandis*, a capacidade de secagem do secador não pode ser utilizada devido à possibilidade de desenvolvimento de colapso e rachaduras na madeira. (Santos, 2002)

Para estas espécies é recomendável o uso de um baixo potencial de secagem e de temperaturas iniciais que não excedam a 45°C, conforme preconizam autores como Pratt (1974); Northway (1996); Ciniglio (1998); Martins et al. (1999) e Andrade (2000). Portanto, a secagem convencional seria um método eficaz, desde que seja adotado um programa suave e que resulte em uma secagem lenta. Esta

limitação implica em tempos de secagem (permanência da madeira no secador) que tornam o processo anti-econômico, principalmente quando há necessidade de secar grandes volumes de madeira.

Como alternativa para reduzir o tempo de permanência da madeira no secador, diversos autores (Stöhr, 1977; Campbell e Hartley, 1988; Northway, 1996; Ciniglio, 1998 e Franzoni, 2001), têm sugerido, como métodos aplicáveis a madeira de *Eucalyptus grandis*, o uso da pré-secagem ou a combinação da secagem ao ar com posterior secagem convencional. Esta combinação proporcionaria redução de custos e otimização do processo, através da maior operacionalidade dos secadores.

Apesar da aceitação generalizada que a literatura registra sobre os efeitos positivos da pré-secagem na qualidade da madeira serrada, não há concordância entre os autores sobre o teor de umidade a partir do qual a madeira deveria ser submetida à secagem convencional. Stöhr (1977), considera que esse teor estaria entre 20% e 25% de umidade; Campbell e Hartley (1988), relatando trabalhos de vários autores, consideram que a madeira deveria secar ao ar até atingir uma umidade em torno de 30%; enquanto que Northway (1996), recomenda umidades entre 40% e 50%; e Franzoni (2001), entre 30% e 40%.

2.4 PROGRAMAS DE SECAGEM

Para GALVÃO (1976), os programas de secagem constituem uma seqüência estudada de temperaturas de termômetro seco e úmido, visando à rápida redução da umidade da madeira a um teor pré-determinado, com o menor número possível de defeitos. Nos programas tradicionais do tipo umidade/temperatura passa-se de uma etapa à outra dentro da seqüência, em função do teor de umidade da madeira em secagem. As alterações de temperatura e umidade relativa são relativamente suaves.

Segundo MENDES (1998), um programa de secagem pode ser definido como um plano preestabelecido, contendo as alterações adequadas de temperatura e umidade relativa do ar que devem ser aplicadas à carga de madeira ao longo da secagem. Um programa adequado, quando corretamente utilizado, deve possibilitar a obtenção de madeira seca no teor de umidade final desejado, com o mínimo de defeitos e no menor tempo possível.

Quando regidos pelo teor de umidade tomam como base o potencial de secagem (P_s), que é a relação entre o teor de umidade médio da carga (TU) e o teor de umidade de equilíbrio (T U_{eq}) num dado instante:

FÓRMULA 2 – CALCULO DO POTENCIAL DE SECAGEM

$$\left(P_s = \frac{TU}{T_{Ueq}} \right)$$

Em última análise, o potencial de secagem expressa a severidade ou a suavidade das condições de secagem às quais a madeira esta sujeita num determinado momento. Pode-se estabelecer um potencial de secagem fixo para todo o programa ou variáveis, dependendo de como este é desenvolvido. HILDERBRAND (1970) apresenta programas baseados em potenciais diferenciados para cada faixa de temperatura. Às vezes, o potencial de secagem não esta explícito, sendo apresentados apenas teores de umidade médios da madeira e de equilíbrio, temperaturas de bulbo seco e do bulbo úmido e, umidades relativas do ar.

Os programas de intervalo de tempo são utilizados quando as mudanças das condições de secagem regidas por um programa baseado no teor de umidade médio da carga, passam a ser bem conhecidas em decorrência da realização de várias secagens no mesmo equipamento, com madeiras da mesma espécie, de igual procedência e espessura para um mesmo uso final. Neste caso, as mudanças das condições de secagem estabelecidas podem ser feitas em intervalos de tempo conhecidos previamente pelo operador.

Os programas baseados no teor de umidade médio da madeira têm tendência natural a evoluírem para programas de tempo, uma vez que é muito mais prático fazer modificações necessárias em intervalos de tempo previamente definidos com base no teor de umidade médio da carga.

FASES DE UM PROGRAMA DE SECAGEM

De acordo com ARGANBRIGHT (1981), um programa típico de secagem apresenta três fases distintas:

- **Aquecimento Inicial** : Nesta fase objetiva-se que a temperatura da pilha de madeira atinja a temperatura desejada no inicio do programa. É desejável que a

madeira não perca umidade durante este período, para que não ocorra de defeitos provocados por altos gradientes de secagem. Por este motivo, utilizam-se elevadas umidades relativas (acima de 85%) e recomenda-se que a diferença higrométrica não exceda 20C, principalmente se a espécie for susceptível a defeitos. Portanto, é desejável que a temperatura de bulbo seco seja atingida por meio da liberação de vapor saturado e aquecido dentro da estufa. O aquecimento inicial é realizado para melhorar a permeabilidade da madeira agilizando a secagem, e reduzir os gradientes de umidades das peças diminuindo a incidência de defeitos.

- **Secagem Propriamente Dita** : Procede-se a retirada de umidade da madeira até atingir o teor de umidade final desejado, o qual dependerá do uso que lhe será dado. Para isso, recomenda-se que no início do processo as diferenças higrométricas ou taxas de secagem sejam aumentadas gradativamente até a retirada da água livre da madeira. Apesar das condições suaves de temperatura e umidade relativa no início da secagem, a remoção da água livre processa-se de forma relativamente rápida, principalmente se a espécie for permeável. Deve-se ter cautela também na remoção da água capilar da madeira (aproximadamente pouco acima de 30%) utilizando também taxas de secagem moderadas, pois é comum o surgimento de defeitos nesta fase. Abaixo do ponto de saturação das fibras (PSF) que é de aproximadamente 28%, podem e devem ser utilizadas condições mais severas, uma vez que a fase mais crítica do processo sob o ponto de vista da qualidade do material, ocorre durante a remoção da água capilar. Todavia, GALVÃO & JANKOWSKI (1985) ressaltam que temperaturas muito elevadas podem causar uma redução permanente e significativa da resistência natural da madeira.

- **Uniformização e Condicionamento** : Na uniformização espera-se diminuir as diferenças entre as peças de madeiras. Para isso, a umidade de equilíbrio do secador pode ser elevada até o teor de umidade obtido pela amostra mais seca. Tais condições são mantidas até que o teor de umidade da amostra mais úmida alcance o teor de umidade final médio desejado.

Já o condicionamento visa diminuir as diferenças de teor de umidade dentro de cada peça, para que sejam eliminadas tensões internas e conseqüentemente defeitos potenciais. Neste caso a umidade que equilíbrio do secador deve ser elevada ao valor igual ao teor de umidade final desejado, e permanecer desta forma

até que diferenças dentro das peças sejam suavizadas. O controle deste processo deve ser realizado pelo teste do garfo.

2.5 DEFEITOS DE SECAGEM

Segundo Santos (2002), os defeitos que geralmente aparecem durante a secagem da madeira, podem ser em conseqüência do processo de secagem ou decorrentes das características da madeira.

De acordo com Vermaas (1998a), a estrutura anatômica da madeira limita a movimentação interna de água, e isto, adicionado a tendência do material para o desenvolvimento de tensões durante o processo, pode ocasionar vários defeitos. A maioria desses defeitos aparece durante ou após a secagem, podendo ser classificados como defeitos devido a retração diferencial entre a superfície e o centro da peça ou defeitos decorrentes da retração anisotrópica do material madeira.

Brandão (1989), salienta que, geralmente, a diferença entre a velocidade de evaporação da umidade superficial e a velocidade de translocação da umidade interna para as zonas superficiais, resulta no aparecimento da grande maioria dos defeitos da madeira durante o processo de secagem.

Segundo Martins (1988), os defeitos causam significativos prejuízos para quem seca madeira, levando a desestimular a utilização de determinadas espécies susceptíveis, contribuindo para a exploração seletiva e o reduzido número de espécies atualmente comercializadas.

Os mais importantes defeitos de secagem, de acordo com Santos (2002), podem ser agrupados em quatro categorias: o colapso, as rachaduras, o endurecimento superficial, e os empenamentos.

O colapso ocorre acima do PSF, durante a movimentação da água capilar. É caracterizado por uma contração anormal e desuniforme, com ondulações nas superfícies da peça, as quais podem apresentar-se bastante distorcidas. É diretamente proporcional à temperatura utilizada no início do processo, cujo aumento torna o material mais plástico, diminui sua resistência a compressão e possibilita o esmagamento interno das células (Kollmann & Cotê, 1968).

Como o colapso é causado por tensões capilares, a incidência desse defeito está vinculada a existência de água livre na madeira. Portanto, abaixo do PSF é nula a possibilidade de ocorrência deste tipo de problema.

Cavalcante (1991), explica que o colapso não ocorre dentro de uma mesma condição morfológica que a retração. Segundo o autor, a retração considerada normal da madeira é baseada na combinação das contrações lineares manifestadas nas direções tangencial, longitudinal e radial; não envolvendo a deformação das células e sempre ocorrendo abaixo do Ponto de Saturação das Fibras (PSF). O colapso caracteriza -se por uma retração anormal da madeira, e ocorre mais em função das características físicas e anatômicas da própria madeira do que em função do processo de secagem.

Para Galvão & Jankowsky (1985), os fatores que influem no colapso são:

- pequeno diâmetro dos capilares
- altas temperaturas no início da secagem
- baixa densidade da madeira;
- alta tensão superficial do líquido que é removido da madeira.

De acordo com Blumhm & Kaumann (1965), citado por Santos (2002), o colapso se apresenta com maior intensidade no cerne, devido a obstrução dos vasos por tilose. Essa obstrução limita o fluxo capilar e as pequenas pontoações das fibras geram altas tensões capilares, capazes de superar a resistência da parede celular a compressão e ocasionando o colapso na madeira. Este defeito é maior na direção tangencial que na direção radial, da mesma forma que o colapso é mais forte no lenho inicial do que no lenho tardio, pois as fibras do lenho inicial são mais finas e de menor resistência a compressão.

Segundo considerações feitas por Vermaas (1998a), o colapso ocorre primordialmente devido à rápida remoção da água capilar a altas temperaturas nos estágios iniciais de secagem, estando associado a endurecimento superficial e a rachaduras. A localização das rachaduras é basicamente no topo e na superfície das peças, cuja incidência verifica-se principalmente durante as primeiras fases da secagem. Posteriormente, podem surgir as rachaduras internas ou favos de mel, que só podem ser vistas no interior das peças mediante o seccionamento transversal das mesmas.

De acordo com Galvão & Jankowsky (1985), as rachaduras aparecem como consequência da diferença de retração nas direções radial e tangencial da madeira, e de diferenças de umidade entre regiões contíguas da mesma peça, durante o processo de secagem. Essa diferença leva ao aparecimento de tensões que tornam-

se superiores a resistência dos tecidos lenhosos, provocando a ruptura da madeira.

Rachaduras superficiais são falhas que usualmente ocorrem nos raios da madeira, por toda a face lateral da peça, podendo ocorrer, também, nos dutos resiníferos. Ocorrem geralmente nos estágios iniciais da secagem, sendo neste caso associadas com a umidade relativa, mas situações em que a incidência do defeito prolonga-se ao longo do processo indicam severas condições de secagem (Rasmussen, 1968).

De acordo com Galvão & Jankowsky(1985), nos primeiros estágios da secagem as camadas superficiais secam mais rapidamente, atingindo níveis de umidade abaixo do PSF, enquanto que as camadas internas secam mais lentamente. Como consequência, as camadas superficiais tendem a se retrair, porém essa retração está limitada pela parte interna que se mantém acima do PSF. Nesse momento, células da superfície estão sujeitas a tensão de tração, enquanto que no interior das peças está ocorrendo a tensão de compressão.

Nos estágios posteriores da secagem, quando o centro vai secando abaixo do PSF, ocorre a reversão das tensões, que é caracterizado por tração no centro e compressão nas camadas mais externas.

As rachaduras internas ocorrem quase que exclusivamente na secagem artificial, podendo ser também resultado de rachaduras que fecharam na superfície. Uma vez desenvolvidas não podem ser eliminadas e na grande maioria dos casos, a madeira não poderá ser utilizada.

As tensões de secagem, que são tensões internas decorrentes da contração diferenciada dentro de uma mesma peça, causam não apenas as rachaduras como também o endurecimento superficial; que é caracterizado pela deformação permanente (não elástica) das fibras superficiais por tensão de compressão.

Os empenamentos, por sua vez, são definidos como qualquer distorção da peça de madeira em relação aos planos originais de sua superfície (Galvão & Jankowsky, 1985).

Os empenamentos estão relacionados com as características anatômicas da madeira, tais como grã espiralada, diferença entre a variação dimensional nos sentidos radial e tangencial, diferenças entre madeira juvenil e adulta, bem como diferenças entre lenho inicial e tardio (Brandão, 1989).

A FIGURA 1 ilustra os tipos de empenamentos e outros defeitos que ocorrem

durante a secagem.

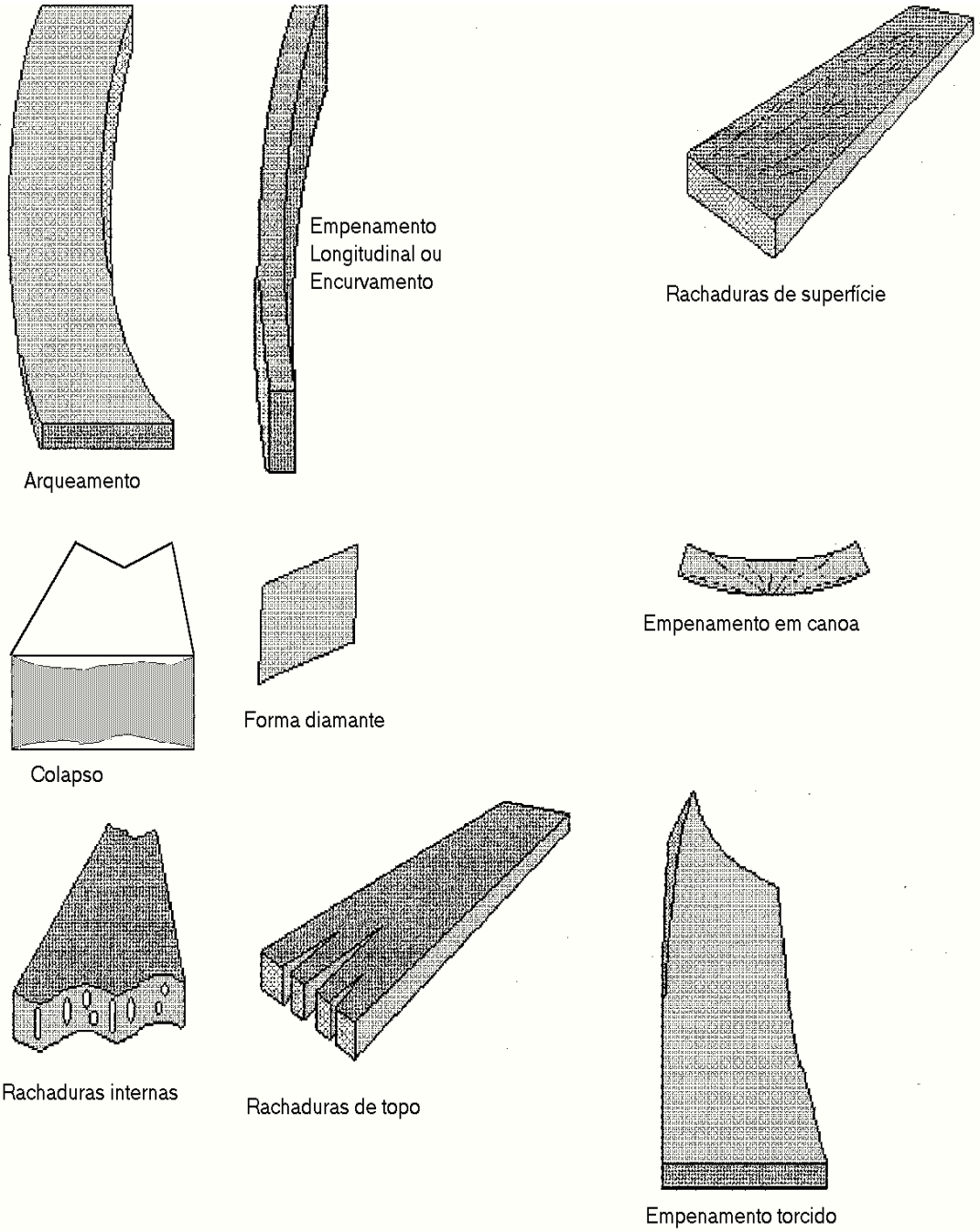


FIGURA 1 – PRINCIPAIS DEFEITOS DE SECAGEM FONTE: SANTOS(2002)

3. MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado na empresa Artsoli Móveis Ltda, no município de Mafra-SC. A empresa é especializada há duas décadas na produção de salas de jantar para o mercado interno, além de mesas, cadeiras e outros produtos para exportação.

3.1 MATERIAL DE ESTUDO

Neste trabalho foi utilizada madeira serrada de *Eucalyptus grandis* de 35mm de espessura, 3 metros de comprimento e larguras variadas, proveniente do município de Massaranduba-SC, de florestas com 18 anos de idade.

Para se avaliar a influência dos fatores largura das pilhas e espessura dos tabiques na velocidade da pré-secagem, foram montadas 4 pilhas: 1 com 1,80m de largura e tabiques de 20mm de espessura, 1 com 1,80m de largura e tabiques de 25mm de espessura, 1 com 0,90 m de largura e tabiques de 20mm de espessura e 1 com 0,90 m de largura e tabiques de 25mm de espessura. As larguras da pilhas foram escolhidas em função da largura dos vagonetes das câmaras de secagem da empresa, que é de 1,80m. Assim, pode-se obter a melhor configuração que maximize a velocidade de secagem na pré-secagem.

Foram utilizados tabiques de *Pinus taeda*. As pilhas foram empilhadas e pesadas inicialmente em 13 de Novembro de 2010 e foram repesadas a cada 20 dias aproximadamente, durante 3 meses no pátio da empresa.

3.2 AMOSTRAGEM E PREPARAÇÃO DO MATERIAL

Para se determinar o teor de umidade das tábuas ao longo do tempo na pré-secagem da madeira ao tempo, foi necessário conhecer o teor de umidade inicial das tábuas ao se iniciar a pré-secagem. A determinação foi feita através da retirada de amostras, de aproximadamente 5 cm de largura e comprimento na largura da tábua, do centro e topos de 5 tábuas, do mesmo lote utilizado para as 4 pilhas do estudo, conforme a FIGURA 2 mostrada a seguir.

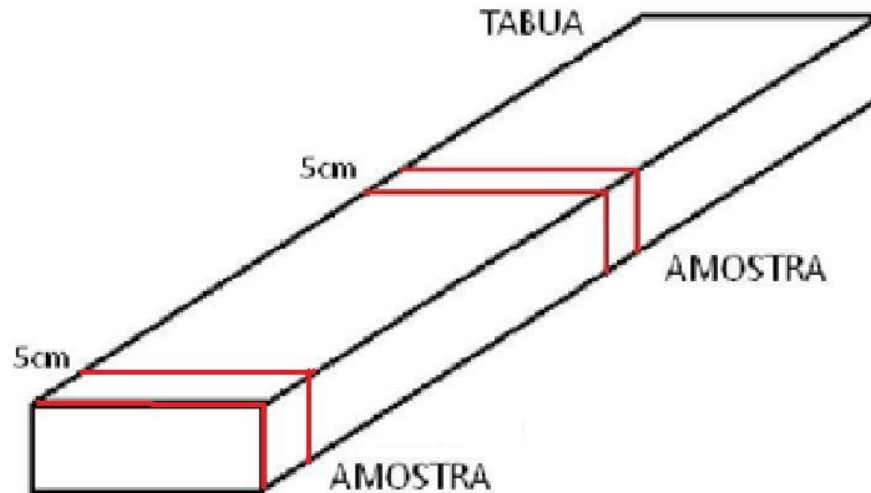


FIGURA 2 – RETIRADA DE AMOSTRAS PARA DETERMINAÇÃO DO TEOR DE UMIDADE INICIAL

Foi utilizado o método gravimétrico, pois apresenta o teor de umidade considerado real das amostras. As amostras foram lixadas para se retirar as rebarbas, identificadas, pesadas (P_u) em balança digital e colocadas em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$ até atingir peso constante (P_s), ou seja, até estar seca. Utilizando-se a fórmula 02, calcula-se o teor de umidade inicial das amostras.

FÓRMULA 02 – CÁLCULO DO TEOR DE UMIDADE INICIAL DA MADEIRA

$$TU = \frac{P_u - P_s}{P_s} \times 100$$

Tu = Teor de Umidade Inicial da Madeira Estudada (%);

P_u = Massa da Madeira em seu Estado Verde (kg);

P_s = Massa da Madeira com 0% de Umidade (kg).

3.2.1 FORMAÇÃO DAS PILHAS

As pilhas foram montadas da seguinte forma: a pilha de 1,80 m de largura com tabique de 25mm foi empilhada com 63,5 cm de altura (11 camadas de tabuas), e a outra com tabique de 20mm de espessura, com 64 cm de altura (12 camadas de tábuas); a pilha com 0,90cm de largura com tabique de 25mm de espessura foi empilhada com 1,055m (18 camadas de tábuas), e a com tabique de 20mm com altura de 1,025m (19 camadas de tábuas).



FIGURA 3 – PILHAS COM 1,80M (ESQUERDA) E 0,90M (DIREITA) DE LARGURA

Os tabiques tem área da seção de 20 mm x 25mm, assim escolhe-se a altura que se deseja, e foram posicionados a cada 60 cm um do outro. A altura dos piquetes de concreto é de aproximadamente 20 cm do solo. A cobertura foi feita com telha de zinco ou plástica.

As tabuas escolhidas para se pesar foram numeradas, identificadas e posicionadas na 3ª camada de cima para baixo das pilhas para se evitar o efeito de bordadura. A disposição no pátio seguiu o procedimento padrão da empresa, com distancias entre pilhas de 60 cm nas laterais e cerca de 20 mm nos extremos, sendo posicionadas na parte frontal do pátio para que fossem de fácil acesso para se realizar as medições.

Inicialmente as pilhas com tabiques de 25mm de espessura ficaram sobrepostas pelas pilhas com tabiques de 20mm, havendo a inversão da ordem das pilhas após aproximadamente 45 dias.

Anteriormente a este trabalho, a empresa utilizava separadores de 20mm de espessura e largura das pilhas de 1,80 metros, com tempo médio de pré-secagem de 5 meses.

3.2.2 PESAGEM DAS TÁBUAS

As tábuas foram pesadas com balança digital, aproximadamente a cada 20 dias a partir de data inicial, para se obter a curva de secagem das tábuas.



FIGURA 4 – BALANÇA DIGITAL UTILIZADA NAS PESAGENS

3.3 DEFEITOS DE SECAGEM

Para se descobrir se os defeitos ocorrem na pré-secagem ou na secagem em câmara ou a evolução dos defeitos, foram avaliados se os seguintes defeitos estão presentes na tábuas estudadas: rachaduras de topo e empenamento. Estes defeitos são os que acarretam maior trabalho, menor rendimento da madeira, e assim maiores custos para a empresa.

A quantificação dos defeitos (rachaduras e empenamentos), foi realizada nas mesmas peças que foram pesadas, cerca de 5% do total de peças, (denominadas amostras de qualidade), que totalizaram 17 peças com 3000 mm de comprimento, 35 mm de espessura e largura variável de 130 a 300 mm. As amostras foram quantificadas quanto aos tipos de defeitos existentes antes e após o encerramento da pré-secagem, a qual foi encerrada após 90 dias.

Os empenamentos foram quantificados e classificados utilizando-se os valores da TABELA 1 como critérios de classificação para madeira pré-seca. Os critérios de classificação foram criados em função de perdas e também do retrabalho que geram no processo de produção, já que posteriormente, quando a madeira é seca em estufa, esses defeitos tendem em aumentar.

TABELA 1 - CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO DOS EMPENAMENTOS

EMPENAMENTO	MAGNITUDE		
	LEVE	MÉDIO	FORTE
arqueamento (mm)	$a \leq 3$	$3 < a \leq 10$	$a > 10$
encanoamento(mm)	$c \leq 2$	$2 < c \leq 4$	$c > 4$
encurvamento (mm)	$e \leq 10$	$10 < e \leq 20$	$e > 20$
torcimento (mm)	$t \leq 3$	$3 < t \leq 8$	$t > 8$

Onde: a = arqueamento ; c = encanoamento ; e = encurvamento ; t = torcimento

As rachaduras foram quantificadas e classificadas em função do comprimento da rachadura (TABELA 2), sendo considerada a soma das maiores rachaduras e o comprimento total das rachaduras de superfície nos extremos (rachaduras de topo).

TABELA 2 – CRITÉRIOS DE CLASSIFICAÇÃO DAS RACHADURAS APÓS PRÉ-SECAGEM

CLASSIFICAÇÃO DAS RACHADURAS	MAGNITUDE
$CR \leq 50$ mm	PEQUENA
50 mm < $CR \leq 300$ mm	MÉDIA
$CR > 300$ mm	FORTE

Onde: CR = Comprimento da rachadura

3.4 SETOR DE SECAGEM CONVENCIONAL

O setor de secagem de madeira da empresa conta com 4 câmaras de alvenaria com capacidade de aproximadamente 40m^3 cada, gerador de vapor com capacidade de produção de vapor de 2 toneladas por hora e pressão de trabalho de 10kgf/cm^2 . O carregamento é feito com vagonetes e o controle do processo de secagem é automatizado. A biomassa utilizada para geração do vapor são os próprios sub-produtos da empresa como serragem e cavacos.



FIGURA 5 – CÂMARAS DE SECAGEM CONVENCIONAL

Para se melhorar a eficiência do setor, várias medidas foram tomadas em várias áreas, desde o empilhamento até levantamentos de custos e defeitos. Algumas dessas medidas serão apresentadas no próximo capítulo deste trabalho.

3.5 SETOR DE PREPARAÇÃO DA MADEIRA

Após a secagem da madeira, inicia-se o processo de preparação da madeira para a produção de móveis. O setor de preparação engloba os procedimentos anteriores à usinagem e corresponde aos seguintes equipamentos:

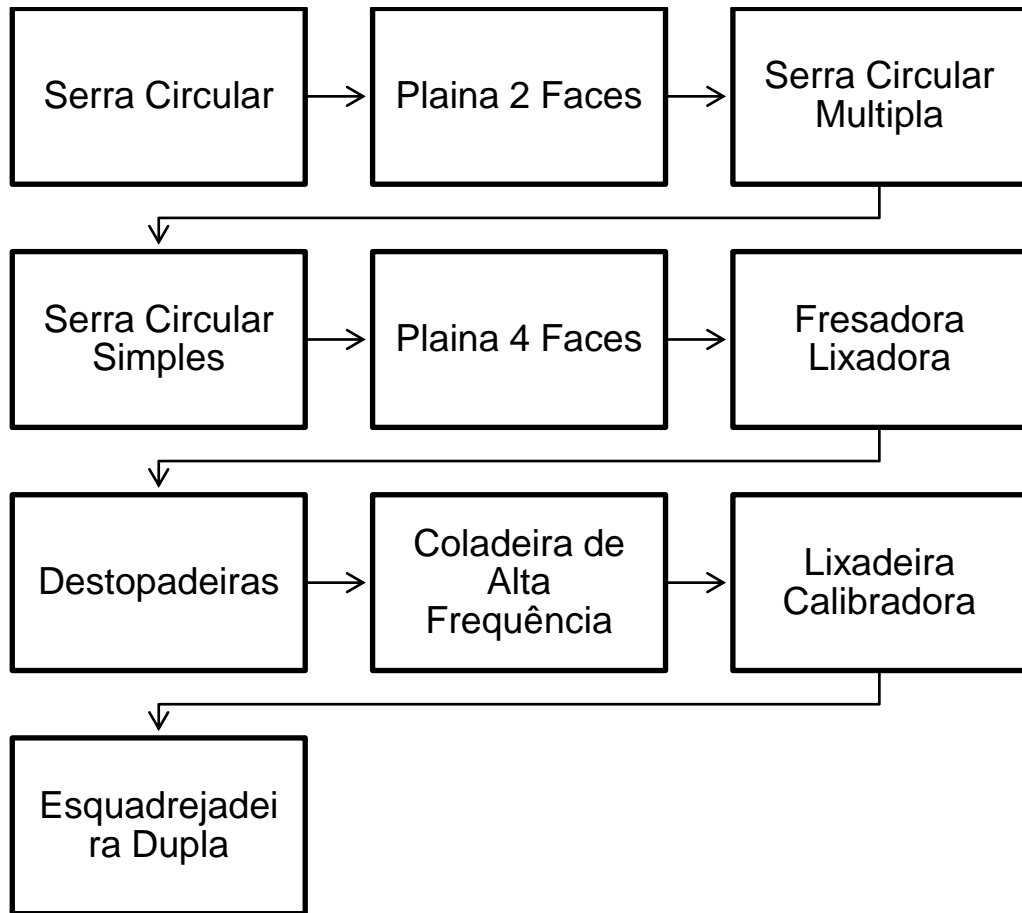


FIGURA 6 – EQUIPAMENTOS DO SETOR DE PREPARAÇÃO

Evidentemente que a seqüência dos equipamentos utilizados depende da peça a ser produzida, ou seja, para cada tipo de peça a ser produzida, diferentes equipamentos são utilizados.

Com a finalidade de se comparar o rendimento da madeira e custos de produção da utilização da madeira de *Eucalyptus grandis* no processo produtivo em relação a outras espécies utilizadas pela empresa, lotes de produção foram acompanhados no setor de preparação de madeira da empresa, através da marcação dos volumes de entrada e saída de cada lote, do tempo de realização de cada processo de produção e dos custos com manutenção dos equipamentos.

O rendimento, também conhecido como produtividade de matéria-prima, foi obtido conforme a FÓRMULA 3 :

FORMULA 3 – EQUAÇÃO DO RENDIMENTO

$$R = \frac{\text{Volume Produzido (m}^3\text{)}}{\text{Volume Consumido (m}^3\text{)}} \times 100(\%)$$

Nesta equação, o volume produzido (volume de saída) representa a o volume de material produzido no final do processo de produção do setor, e volume consumido (volume de entrada) é a quantidade de material utilizada para o produto ser produzido.

Os custos do produção foram obtidos em relação ao tempo de realização de cada processo, tempo de set-up, número de funcionários em cada equipamento, consumo de energia elétrica de cada equipamento em função do tempo de utilização do equipamento, manutenção, entre outros. Com a soma de todos estes fatores de cada processo, se obtém o custo de produção, conforme a FÓRMULA 4.

FÓRMULA 4 – EQUAÇÃO DO CUSTO DE PRODUÇÃO

$$CP = \text{Mão obra} + \text{Energia Elétrica} + \text{Manutenção} + \text{Outros}$$

O custo com mão de obra foi calculado em função do tempo de realização e do número de funcionários de cada processo, e da média do valor da hora dos funcionários com encargos.

FORMULA 5 – EQUAÇÃO DO CUSTO DE MAO-DE-OBRA

$$\text{Custo MO} = \text{N}^\circ \text{ de funcionários} \cdot \text{tempo processo(h)} \cdot \text{valor hora MO} \left(\frac{\text{R\$}}{\text{h}} \right)$$

O custo da energia elétrica foi calculado em função da potência de cada equipamento, do tempo de utilização do equipamento em cada processo e do valor do kWh.

FORMULA 6 – EQUAÇÃO DO CUSTO COM ENERGIA ELÉTRICA

$$\text{Custo EL} = \text{Pot. Equipamento(kW)} \cdot \text{Tempo(h)} \cdot \text{Valor kWh(R\$/kWh)}$$

O custo de manutenção dos equipamentos inclui a afiação de serra, e foi considerado em função do valor médio mensal gasto.

O custo de oportunidade em relação ao capital imobilizado de madeira em pré-secagem foi calculado em função do volume de madeira no pátio de secagem, do valor da madeira e da taxa, que se este capital não estivesse sendo gasto com madeira, poderia estar rendendo mensalmente se aplicado em outra oportunidade.

FORMULA 7 – EQUAÇÃO DO CUSTO DE OPORTUNIDADE

$$\text{Custo Oportunidade} = \text{Volume madeira(m}^3\text{)} \cdot \text{Valor madeira(R\$/m}^3\text{)} \cdot \text{Taxa(\%)}$$

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 TEOR DE UMIDADE INICIAL

Os valores dos teores de umidade inicial das amostras encontram-se na TABELA 3. Com base nesses valores, foi adotado como teor de umidade inicial das tábuas no início da pré secagem de 130%, valor acima da média dos valores encontrados pelo método gravimétrico. Isso se deve ao fato das amostras de qualidade terem sido secas em estufa alguns dias após a sua retirada, o que possivelmente fez as amostras perderem umidade.

TABELA 3 - TEORES DE UMIDADE NO CENTRO E TOPOS DAS AMOSTRAS

Amostra	Posição na Tábua	Teor de Umidade(%)
1	Centro	98,79
2	Centro	96,51
3	Centro	97,93
4	Centro	98,30
5	Centro	95,71
6	Topo	68,34
7	Topo	75,13
8	Topo	74,80
9	Topo	73,20
10	Topo	77,43

4.2 TEMPO DE SECAGEM

Após 90 dias de pré-secagem, o teor de umidade das amostras varioaram bastante, conforme a configuração das pilhas e a posição das tábuas no interior das pilhas. Os valores são teóricos, pois foi considerado como teor de umidade inicial 130% para todas as amostras. As FIGURAS 7, 8, 9 e 10 apresentam a cinética de secagem das tábuas para cada configuração utilizada.

O fator largura da pilha apresentou maior influência no tempo de secagem do que a espessura do tabique. As amostras posicionadas nas pilhas com 90cm de

largura perderam umidade muito mais rápido e com menor variação de umidade entre elas do que as posicionadas nas pilhas de 1,80m de largura.

Entre as pilhas de 90 cm de largura, o tabique que apresentou maior influência na redução do tempo de secagem foi o de 20 mm e para as pilhas de 1,80 metros, o de 25mm se mostrou ligeiramente mais eficiente.

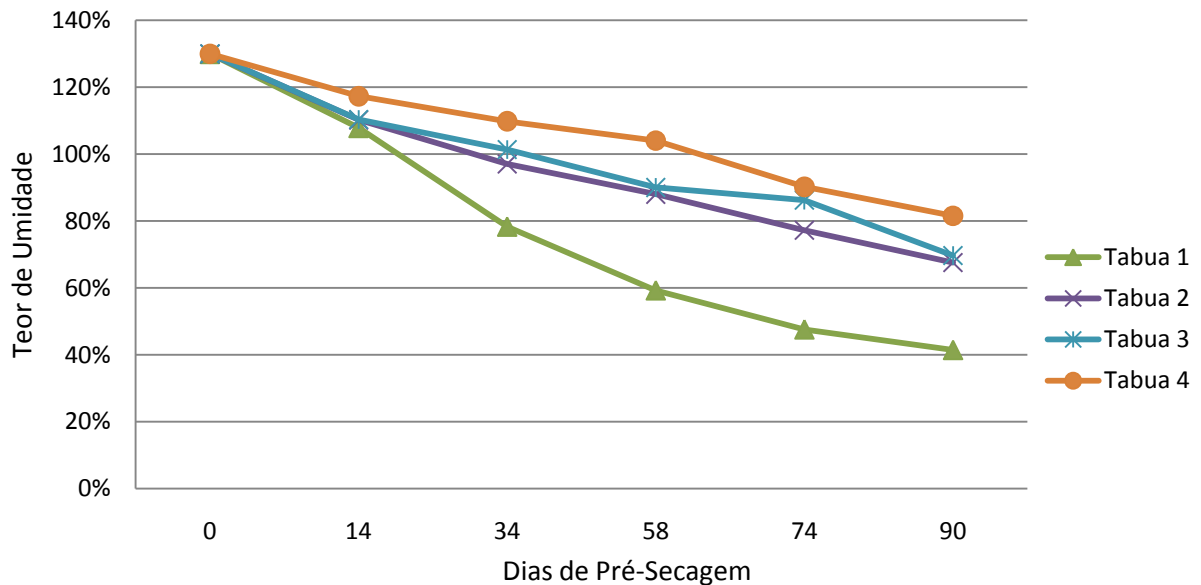


FIGURA 7 – CINÉTICA DE SECAGEM PARA PILHA COM 1,80M DE LARGURA E TABIQUES DE 20MM

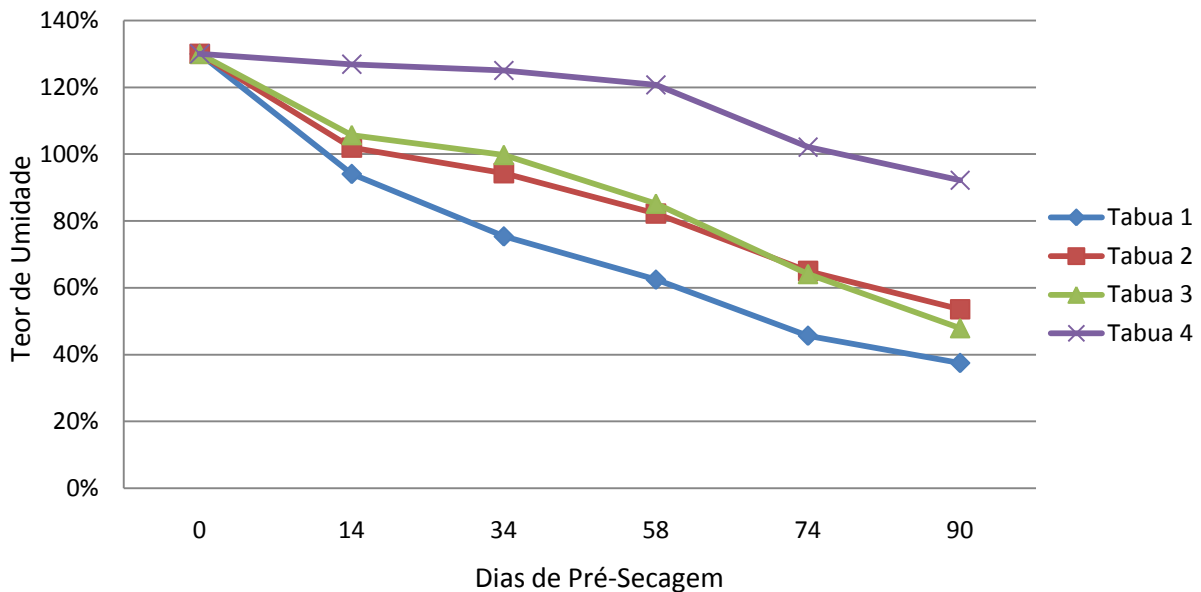


FIGURA 8 - CINÉTICA DE SECAGEM PARA PILHA COM 1,80M DE LARGURA E TABIQUES DE 25MM

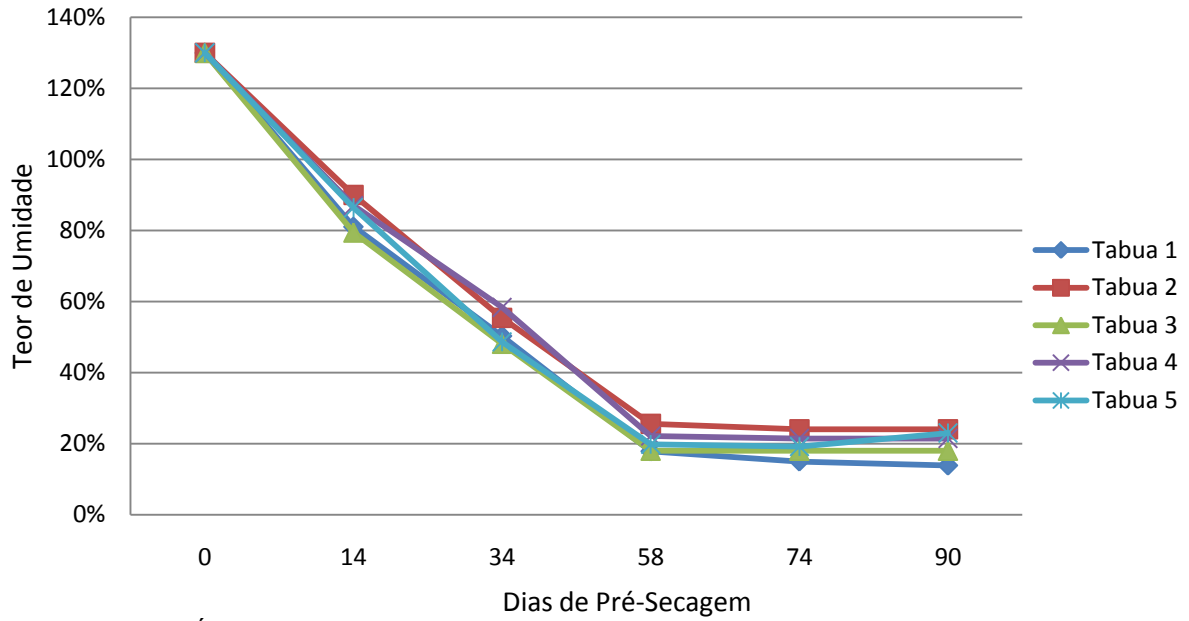


FIGURA 9 - CINÉTICA DE SECAGEM PARA PILHA COM 0,90M DE LARGURA E TABIQUES DE 20MM

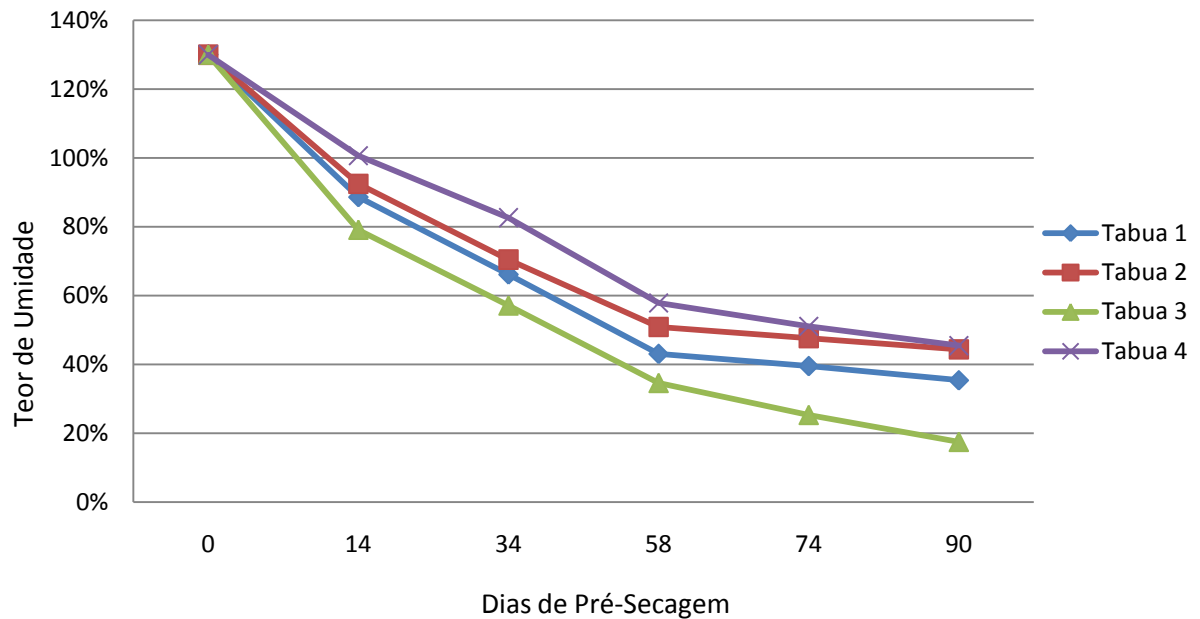


FIGURA 10 - CINÉTICA DE SECAGEM PARA PILHA COM 0,90M DE LARGURA E TABIQUES DE 25MM

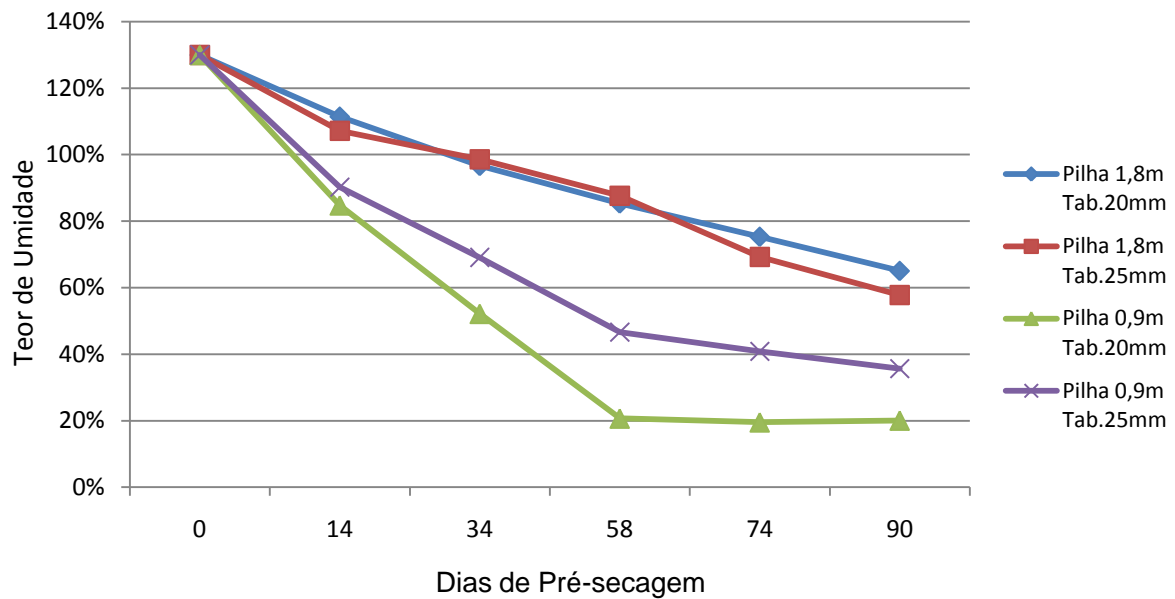


FIGURA 11 - CINÉTICA DE SECAGEM MÉDIA PARA CADA CONFIGURAÇÃO DE PILHA

A duração da secagem ao ar apresentou resultados além do esperado, como o baixo tempo de secagem apresentado pela configuração com pilha de 90cm de largura e tabiques de 20mm de espessura, bem como a uniformidade dos teores de umidade das amostras nesta configuração.

Pode-se notar a grande diferença no teor de umidade das tábuas em função da sua posição na pilha, onde as que estão posicionadas no centro das pilhas apresentam, em alguns casos, teores de umidade muito acima das que estão nas bordas. Essa diferença se deve provavelmente a maior ventilação das bordas em relação ao interior das pilhas, e possivelmente a maior luminosidade que as tábuas da parte externa das pilhas ficam submetidas.

Quanto ao menor tempo de secagem das pilhas com separadores de 20mm de espessura, isso ocorre possivelmente devido ao aumento da velocidade do ar ao passar entre as tabuas com separadores de 20mm, o que provavelmente retira mais moléculas de água que estão na superfície da madeira do que quando se utiliza separadores de 25mm.

O tempo de secagem depende basicamente das condições ambientais do local onde foi realizada. Segundo Eleotério (2008), como, de uma forma geral, a umidade relativa no Estado de Santa Catarina varia ao longo do ano ao redor de 80%, as variações no tempo estimado de secagem são relacionadas à variação na temperatura do ar. Portanto, para que se atinja determinado teor de umidade durante períodos mais frios (inverno), espera-se que haja um aumento no tempo de

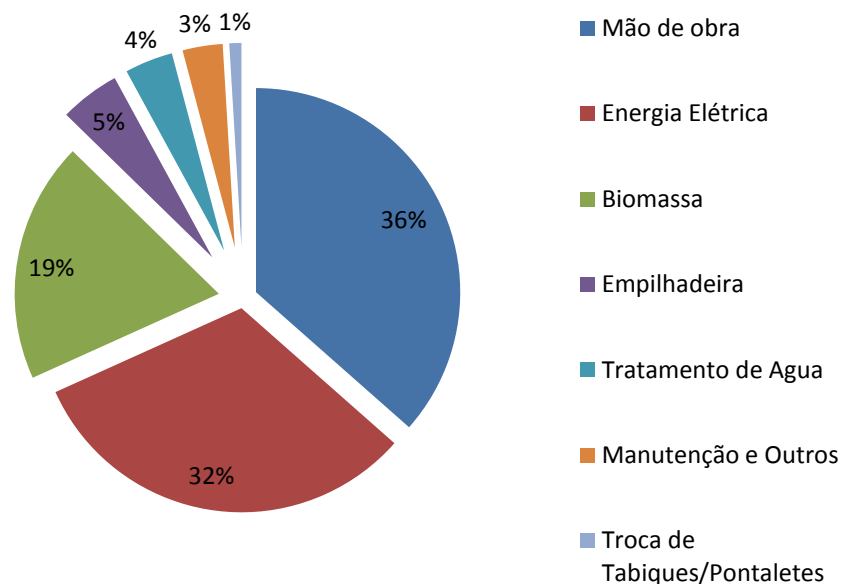
pré-secagem. Assim, considerando as variações ao longo do ano do tempo de pré-secagem, o volume imobilizado de madeira também sofrerá variações.

Essas estimativas de tempo de secagem servem como base para um melhor planejamento da secagem ao ar livre e é útil para mostrar as alternativas da secagem combinada. Se o objetivo for o aumento na produtividade do secador, seria recomendável aumentar o tempo de pré-secagem, reduzindo o tempo de permanência da madeira no secador. Quando a necessidade fosse reduzir o capital representado pela madeira estocada em pré-secagem, a alternativa seria o procedimento oposto (menor tempo ao ar e secagem convencional mais longa). Essa considerações evidenciam a flexibilidade da secagem combinada.

4.3 CUSTOS DO SETOR DE SECAGEM

O setor de secagem de madeira tem grande representatibilidade em termos de imobilização de matéria-prima e capital, além dos custos do processo. A análise dos custos permite ajudar na tomada de decisões, fixação de preços e na determinação de escolhas referentes ao setor. A FIGURA 12 apresenta os custos do setor de secagem de madeira da empresa.

FIGURA 12 - CUSTOS DO SETOR DE SECAGEM DE MADEIRA



Os dados revelaram que os custos relativos a mão de obra e energia elétrica correspondem a grande parte dos custos deste setor. Isso demonstra a grande

dependência em relação a mão de obra deste setor, pois todo o serviço de gradeação/desgradeação é feito manualmente.

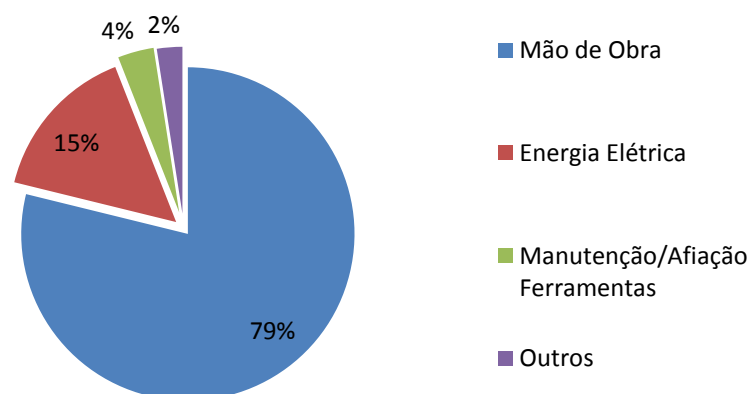
Devido a necessidade da pré-secagem, grande volume de madeira fica secando no pátio por alguns meses, o que faz com que haja grande capital imobilizado. Este capital imobilizado gera atualmente um custo de oportunidade que representa cerca de 12% do custo total mensal do setor de secagem de madeira da empresa.

4.4 CUSTOS DO SETOR DE PREPARAÇÃO

Os custos de produção neste setor da utilização de *Eucalyptus grandis* no processo produtivo se revelaram maiores do que de outras espécies utilizadas pela empresa. O custo é em torno de 20% superior ao da utilização de Jequitibá/Tauari e de aproximadamente 25% superior ao da utilização de *Pinus spp.*

O levantamento dos custos revelaram que grande parte dos custos diretos do setor de preparação de madeira são referentes a mão-de-obra. Isso se deve, em parte, a necessidade de se realizar mais processos e em equipamentos manuais e de baixa produção para se obter madeira livre de defeitos, o que acarreta em alto custo com mão-de-obra. A FIGURA 13 apresenta os custos diretos do setor.

FIGURA 13 – CUSTOS DO SETOR DE PREPARAÇÃO COM A UTILIZAÇÃO DE *EUCALYPTUS GRANDIS*



Nos custos de manutenção, foram incluídos, além dos custos com a manutenção dos equipamentos, os custos com afiação das ferramentas cortantes. No custo da mão de obra, foram incluídos os custos relativos ao tempo gasto de mão de obra de cada processo e de set up.

4.5 AVALIAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS DEFEITOS NA PRÉ-SECAGEM

A incidência de empenamentos e rachaduras de topo verificados antes e após a pré-secagem podem ser visualizados na Figura 14 e 15. Verifica-se que as rachaduras de topo foram os defeitos mais graves, seguida pelo encurvamento e o encanoamento.

FIGURA 14 – AVALIAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS DEFEITOS ANTES DA PRÉ-SECAGEM

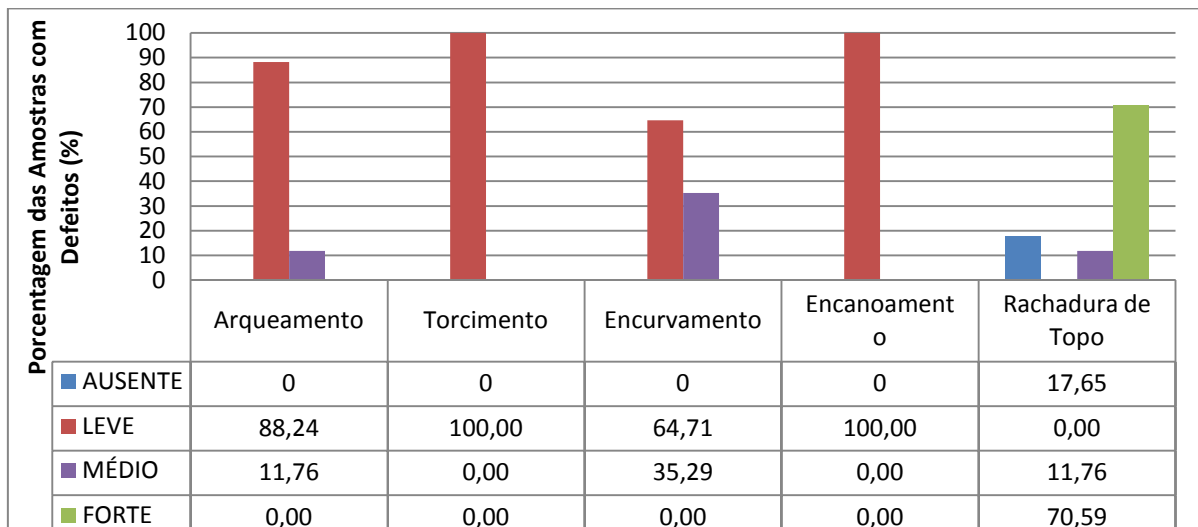
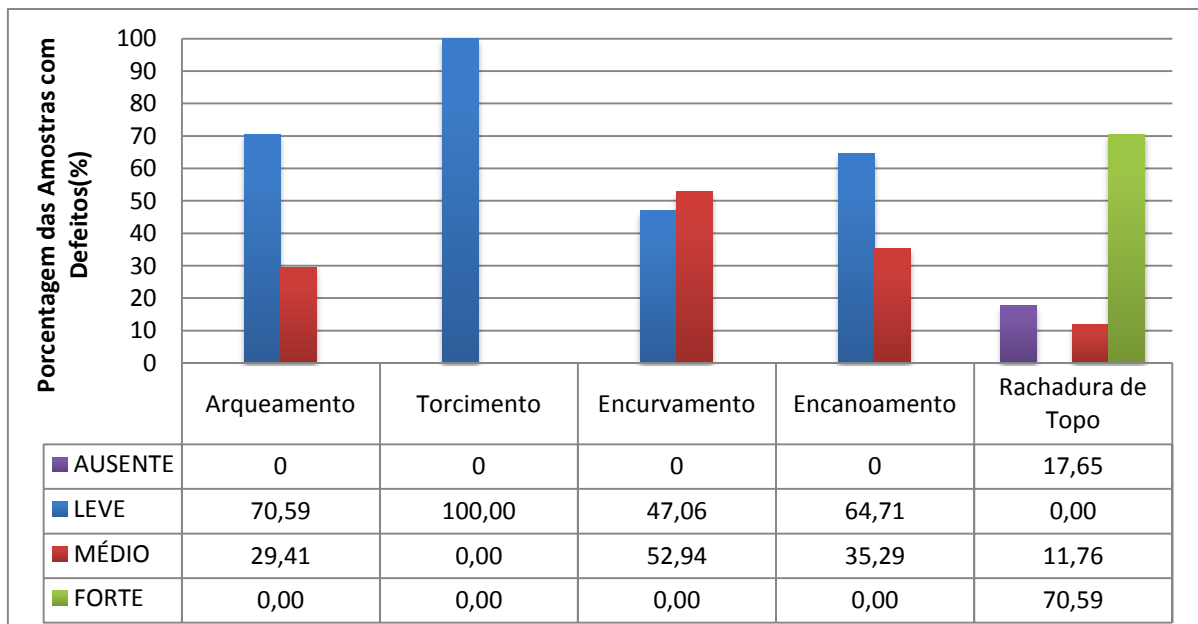


FIGURA 15 – AVALIAÇÃO E QUANTIFICAÇÃO DOS DEFEITOS APÓS PRÉ-SECAGEM



Avaliando-se a tendência da madeira apresentar um determinado tipo de defeito e a intensidade na qual ocorreu o defeito, adotando os critérios descritos na Tabela 1, conclui-se que o material em estudo apresentou, após a pré-secagem,

tendência para o encanoamento e encurvamento leve a médio, e tendência predominantemente de rachaduras de topo fortes. Em relação as rachaduras de topo, que foi o tipo de defeitos mais acentuado, é importante ressaltar que antes da pré-secagem a madeira já apresentava grandes rachaduras possivelmente causadas por tensões de crescimento e que durante a pré-secagem elas aumentaram poucos centímetros de comprimento.

Nenhuma das amostras apresentou todos os valores para se enquadrar como de magnitude leve ou ausente de empenamentos e rachaduras. Devido a problemas técnicos, as amostras não puderam ser secas em estufa em tempo para este trabalho para se avaliar os defeitos após a secagem.



FIGURA 16 – PRINCIPAIS DEFEITOS DE SECAGEM

4.6 RENDIMENTO DA MADEIRA

O rendimento, ou produtividade de matéria-prima, variou bastante em função do produto a ser produzido, havendo variações de até 14% no aproveitamento. O rendimento variou entre 45% e 59%, obtendo rendimento médio de 54%. Esses rendimentos foram obtidos no setor de preparação de madeira da empresa, após a secagem convencional das tábuas. A FIGURA 17 apresenta os rendimentos de 11 lotes de produção.

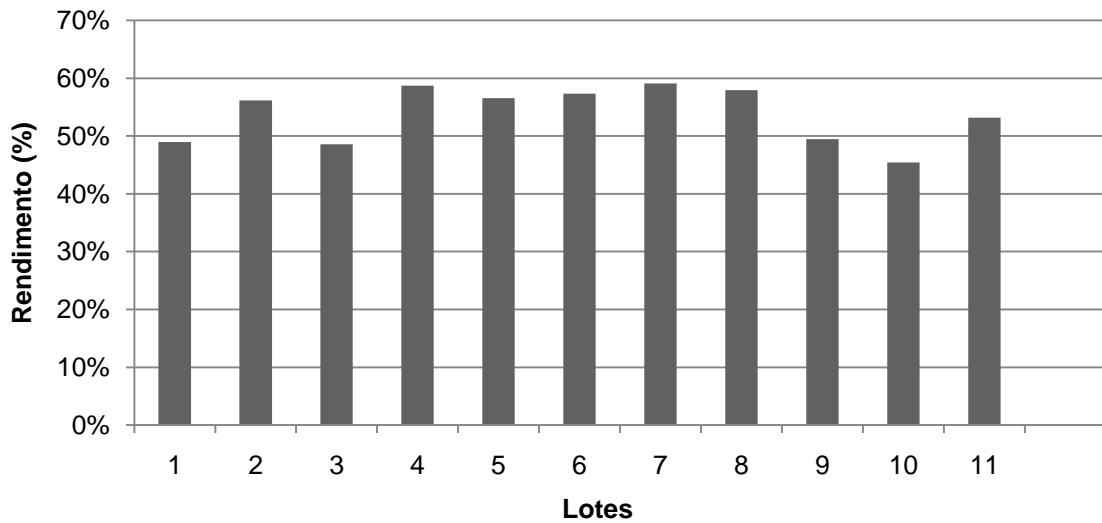
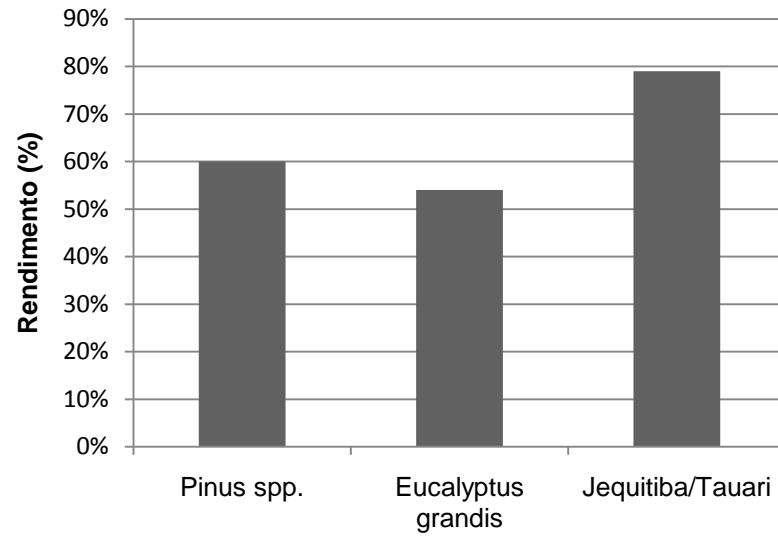


FIGURA 17 - RENDIMENTO DA MATÉRIA-PRIMA

Os lotes para se produzir EGP(Edge Glued Panel), são os que apresentam os menores rendimentos, abaixo de 50%, devido a necessidade de se utilizar peças mais compridas e sem defeitos, como empenamentos e nós. O processo onde há maior perda de madeira é na classificação, onde as peças são cortadas conforme o possível aproveitamento para a produção do lote e depende muito do operador que está classificando.

Se comparada com outras espécies utilizadas pela empresa, a madeira de *Eucalyptus grandis* apresentou o menor rendimento. Os baixos rendimentos se devem principalmente as rachaduras de topo, e ao retrabalho gerado pela madeira, onde vários processos se fazem necessários para se obter madeira livre de defeitos. A FIGURA 18 apresenta os rendimentos médios de outras espécies utilizadas pela empresa. Os dados referentes ao rendimento de *Pinus* spp. e Jequitibá/Tauari foram obtidos com a empresa.

FIGURA 18 - RENDIMENTO MÉDIO DA MADEIRA DE ESPÉCIES UTILIZADAS



5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados apresentados, pode-se concluir que:

- 1) a largura das pilhas apresentou maior influência no tempo de pré-secagem do que a espessura dos tabiques.
- 2) a largura das pilhas esta diretamente relacionada com o tempo de secagem, onde quanto menor a largura, menor é o tempo da pré-secagem.
- 3) a pilha com 0,90m de largura e tabiques de 20mm foi a configuração que apresentou menor tempo de pré-secagem.
- 4) a espessura do tabique teve maior influência no tempo de pré-secagem nas pilhas de 0,90m de largura, onde o tabique de 20mm se mostrou mais eficiente.
- 5) com este novo dimensionamento das pilhas, o tempo de pré-secagem caiu pela metade e o teor de umidade das tabuas é mais homogêneo.
- 6) as rachaduras de topo são os defeitos mais graves, e pouco aumentaram durante a pré-secagem.
- 7) nenhuma das amostras apresentaram todos os valores para se enquadrar com magnitude leve ou ausente de empenamentos e rachaduras de topo.
- 8) o rendimento da madeira desta espécie ficou abaixo do de outras espécies utilizadas pela empresa.
- 9) os custos de produção no setor de preparação de madeira foram maiores para o *Eucalyptus grandis* do que para outras espécies utilizadas pela empresa.
- 10) apesar do menor rendimento e dos custos de produção mais altos, o *Eucalyptus grandis* apresenta um custo final menor, devido ao menor valor da madeira do que as outras espécies mais densas utilizadas.

6. SUGESTÕES E RECOMENDAÇÕES

Como forma de melhorar o processo de produção, recomenda-se:

1) Alterar a forma das pilhas para se diminuir o tempo de pré-secagem. Deve-se utilizar o seguinte modelo: pilhas com largura de 90cm, 18 camadas de tábuas com tabiques de 20mm de espessura para madeira de 35mm de espessura. Para outras espessuras, deve-se manter pilhas com 90cm de largura e a quantidade de camadas necessárias para que a altura da pilha fique o mais próximo de 1,04 metros, não podendo se ultrapassar esse valor. Assim, em cada vagonete haverá 4 pilhas, 2 sobrepostas sobre as outras.

2) Deixar as pilhas com madeira de 35mm de espessura em pré-secagem por cerca de 70 dias em períodos quentes (verão), e em períodos mais frios (inverno), deve-se realizar medições nos teores de umidade de tábuas expostas ao ar antes de colocá-las nas câmaras para se saber qual o tempo de pré-secagem ideal nesta situação.

3) Se o objetivo for o aumento na produtividade das câmaras, seria recomendável aumentar o tempo de pré-secagem, reduzindo o tempo de permanência da madeira no secador. Quando a necessidade for reduzir o capital representado pela madeira estocada em pré-secagem, a alternativa é o procedimento oposto (menor tempo ao ar e secagem convencional mais longa).

4) Recomenda-se alterar o programa de secagem devido a problemas nos programas de secagem utilizados e ao número de defeitos existentes nas peças após a secagem em estufa. Um programa sugerido para teste se encontra na TABELA 4.

TABELA 4 – PROGRAMA DE SECAGEM SUGERIDO PARA ESPESSURAS DE 35 A 40MM

Fase	Faixa U(%)	TBS(°C)	TBU(°C)	UR(%)	UE(%)	PS	Tempo(h)
Aquecimento	-	38	38	100	-	-	5
	1 verde - 35	40	38	88	18,5	1,89	-
	2 35-30	42	38	77	14	2,14	-
	3 30-25	44	38	69	11,5	2,17	-
Secagem	4 25-20	48	40	62	10	2,00	-
	5 20-15	52	40	48	7,5	2,00	-
	6 15 a 8	58	40	33	5	1,60	-
Unif/Acond.	8	58	47	54	8	1,00	10
Resfriamento	-	40	30	48	8	-	5

Este novo programa se baseia no programa utilizado pela empresa, sendo corrigido algumas falhas existentes. Sugere-se testar este programa, e fazer alterações conforme os resultados encontrados.

5) Recomenda-se separar as pilhas de madeira que durante a pré-secagem permaneceram próximas ao solo, devido ao maior teor de umidade que estas pilhas apresentam em relação as pilhas que ficaram acima destas. Essa diferença de umidade é causada pela baixa ventilação e a proximidade com o solo, que retém umidade. Assim, para se diminuir o tempo de secagem, deve-se colocar nas câmaras pilhas com teores de umidade próximos, evitando assim que a madeira seca permaneça mais tempo do que o necessário dentro da câmara. Poderia-se também utilizar piquetes mais altos ou ainda, de modo mais oneroso, fazer a pavimentação do pátio de secagem ao ar livre.

6) Recomenda-se utilizar maior quantidade de pinos sensores nas câmaras para se obter melhor controle do processo de secagem, já que atualmente são utilizados apenas 4 ou 5 pinos por câmara.

7) Exigir de fornecedores madeira de melhor qualidade, com menos defeitos, principalmente rachaduras de topo, para se obter melhor rendimento da madeira.

8) Para se evitar o aumento das rachaduras de topo na pré-secagem, de forma pratica, recomenda-se:

- posicionar os tabiques o mais para fora possível nos extremos das pilhas;
- evitar a radiação solar nos topos, através da organização das pilhas no pátio de secagem e de forma com que os topos das pilhas fiquem o mais próximo possível.

9) Para se evitar empenamentos, recomenda-se fazer o correto empilhamento, com o melhor alinhamento possível dos tabiques, todos de faces paralelas. A base da pilha deve ser feita com piquetes de concreto, bem alinhados, para se evitar que as pilhas fiquem tortas. Para se evitar que as pilhas tombem (pilhas muito estreitas), deve-se utilizar escoras para apoiar as pilhas, umas nas outras.

7. BIBLIOGRAFIA

- ANDRADE, A. Indicação de programas para secagem convencional de madeiras. Piracicaba, 2000. 72p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- ARGANBRICHT, D.G. Post drying operations: defect analysis and schedule adjustment : keys to quality control. In: Proceedings western dry kiln clubs. Oregon: Oregon State University, 1981. 1981. p.48-55.
- BRANDÃO, A.T.O. Determinação de metodologia para a indicação de programas de secagem de madeiras. Piracicaba, 1989. 100p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- CAMPBELL, G.S.; HARTLEY, J. Drying and dried wood. In: HILLIS, W.E.; BROWN, A.G. Eucalyptus for wood production. Melbourne: **Academic Press**, 1988. cap. 16, p.328-336.
- CAVALCANTE, A. A. Ocorrência do colapso na secagem da madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*. Piracicaba, 1991. 76p. Dissertação (Mestrado)- Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- CINIGLIO, G. Avaliação da secagem de madeira serrada de *E. grandis* e *E. urophylla*. Piracicaba, 1998. 69p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- ELEOTERIO, J.K. Estimativa do tempo de secagem ao ar para madeira de *Eucalyptus Grandis* em municípios catarinenses. In: XI Encontro Brasileiro em Madeira e Estruturas de Madeira. Londrina, 2008.
- FRANZONI, J.A. Utilização da madeira de eucalipto na indústria de móveis e padrões de qualidade de madeira para móveis de exportação. In: SEMINÁRIO MADEIRA DE EUCALIPTO: TENDÊNCIAS E USOS, Curitiba, 2001. **Anais**. Curitiba: FUPEF, 2001. p.50-52.
- GOMIDE, J. L. *Secagem da madeira*. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG. 76p. 1974.
- GONÇALES, J.C., BREDÁ, L.C., BARROS, J.F.M., *Características tecnológicas das Madeiras de Eucalyptus Grandis W. Hill Ex Maiden e Eucalyptus Cloenziana F.Muell visando ao seu aproveitamento na industria moveleira*. Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria-RS. 2006. p.329-341.
- GALVÃO, A.P.M. Secagem acelerada: programa para a madeira de jatobá (*Hymenaea stilbocarpa hayne*). **IPEF**, n.12, p.151-161, 1976.

- GALVAO, A.P.M.; JANKOWSKY, I.P. **Secagem racional da madeira**. São Paulo, Nobel, 1985. 112p.
- HILDEBRAND, R. **Kiln drying of sawn timber**. Berlin: Maschinenbau GmbH, 1970. 198p.
- HILLIS, W.E.; BROWN;A.G. (editores). *Eucalyptus for wood production*. CSIRO, Austrália, 1978. 434 p.
- JANKOWSKY, I. P. Equipamentos e processos para a secagem de madeiras. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, São Paulo, 1995. Anais. Piracicaba: IPEF, 1995. p.109-118.
- KOLLMANN, F.F.P.; COTÊ, W.A. **Principles of wood science and technology** . Berlin: Springer-Verlag, 1968. v.1, 592p.MENDES, A.S.;
- LPF/IBAMA. Relatório. *Descrição anatômica de seis espécies de eucalipto*. Brasília:IBAMA, 1998. 13p.
- MARTINS, V.A. Secagem de madeira ao ar livre na região do Distrito Federal. Brasília: IBDF, 1986. 18p. (IBDF. Série Técnica, 14).
- MARTINS, V.A; GOUVEIA,F.N.; MARTINEZ,S. Secagem convencional de madeira de Eucalipto. In: CONGRESSO INTERNACIONAL SOBRE ECOSSISTEMAS FLORESTAIS, 5., Curitiba, 1999. **Anais**. Curitiba: Biosfera, 1999 (Poster).
- MARTINS, V.A.; MARQUES, M.H.B. **Programas de secagem para madeiras brasileiras**. Brasília: IBAMA, 1998. 114p
- MENDES,L.M.;LIMA,J.T. & CALEGÁRIO,N. *Umidades de equilíbrio médias de madeiras para 206 cidades Brasileiras calculadas pela fórmula de Simpson*. **Revista da madeira**,Caxias do Sul, v. 26,p. 18,1996
- NORTHWAY, R.L. Drying strategies for plantation-grown eucalypts **In: INTERNATIONAL IUFRO WOOD DRYING CONFERENCE**, 5., Quebec, 1996. Proceedings. Quebec: IUFRO, 1996. p.289-296.
- PONCE, R. H. & WATAI, L. T. **Secagem da madeira**. Instituto de Pesquisa Tecnológica. Brasília. D.F. 72p. 1985
- PRATT, G.H. Timber drying manual . London: Department of the Environment, Building Research Establishment, 1974. 152p.
- RASMUSSEN, E.F. **Drying kiln operator's manual**. Madison: USDA, Forest

Service, Forest Products Laboratory, 1968. 197p.

ROSEN, H.N. Recent advances in the theory of drying lumber. In: IUFRO DIVISION V CONFERENCE, Madison, 1983. **Proceedings** : wood drying working party. Carbondale: Southern Illinois University; USDA, 1983. p.32-62.

SANTOS, G.R.V., *Otimização da secagem da madeira de Eucalyptus grandis*. Piracicaba-SP. 2002.81p.

SILVA, J.R.M; MENDES, L.M; TRUGILHO, P.F. Secagem ao ar livre da madeira de Eucalyptus grandis para a produção de móveis. **Cerne**, v.3, n.1, p.170-186. 1997.

SILVA, J. R. M. & WENZEL, M. K. *Utilização da madeira de eucalipto da produção de móveis - obtenção da matéria prima*. In: **SEMINÁRIO EUCALIPTO UMA VISÃO GLOBAL**. Minascentro. Belo Horizonte. M.G., p.190-201. 1995.

SKAAR,C. **Water in wood**. Syracuse University Press,1972. 218p.

STÖHR, H.P. *The seasoning of South African grown Eucalyptus grandis and E. saligna*. **South African Forestry Journal** , n.102, p.61-66, Sept. 1977.

VERMAAS, H.F. Interaction of wood, water and stresses during drying: a review. **Southern African Forestry Journal**, n.181, p.25-32, Mar. 1998a.

8. ANEXOS

8.1 PESO DAS TABUAS AO LONGO DA PRÉ-SECAGEM

TABELA 5 - PESO DAS TÁBUAS DURANTE A PRÉ-SECAGEM

Data	13/11/2010	27/11/2011	17/12/2010	10/01/2011	27/01/2011	11/02/2011
Dias em Pré-secagem	0	14	34	58	74	90
Pilha 1,80m - Tab. 20mm	Peso(kg)	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)	Peso (kg)
Tabua 1	18,7	16,9	14,5	12,95	12	11,5
Tabua 2	33,15	30,3	28,4	27,1	25,55	24,15
Tabua 3	15,25	13,95	13,35	12,6	12,35	11,25
Tabua 4	19,95	18,85	18,2	17,7	16,5	15,75

Pilha 1,80m - Tab. 25mm						
Tabua 1	24	20,25	18,3	16,95	15,2	14,35
Tabua 2	18,05	15,85	15,25	14,3	12,95	12,05
Tabua 3	21,3	19,05	18,5	17,15	15,2	13,7
Tabua 4	18,55	18,3	18,15	17,8	16,3	15,5

Pilha 0,90m - Tab. 20mm						
Tabua 1	20,2	15,9	13,2	10,35	10,1	10
Tabua 2	14,65	12,1	9,9	8	7,9	7,9
Tabua 3	19,1	14,9	12,3	9,8	9,8	9,8
Tabua 4	16,85	13,7	11,6	8,95	8,9	8,9
Tabua 5	17,95	14,55	11,6	9,35	9,3	9,6

Pilha 0,90m - Tab. 25mm						
Tabua 1	19,45	15,95	14,05	12,1	11,8	11,45
Tabua 2	28,2	23,6	20,9	18,5	18,1	17,7
Tabua 3	23,5	18,3	16,05	13,75	12,8	12
Tabua 4	20,4	17,8	16,2	14	13,4	12,9

8.2 VALORES DOS EMPENAMENTOS ENCONTRADOS ANTES E APÓS A PRÉ-SECAGEM

TABELA 6 – DIMENSÕES DOS EMPENAMENTOS ANTES DA PRÉ-SECAGEM

Dimensões dos Empenamentos Antes da Pré-Secagem (mm)				
Pilha 1,80m - T. 20mm	Arqueamento	Torcimento	Encurvamento	Encanoamento
Tábua 1	2	0	7	0

Tábua 2	2	2	4	1
Tábua 3	1	0	2	0
Tábua 4	2	1	5	0

Pilha 1,80m - T. 25mm

Tábua 1	3	2	4	1
Tábua 2	1	1	5	0
Tábua 3	2	0	10	0
Tábua 4	2	0	15	0

Pilha 0,90m - T.20mm

Tábua 1	2	3	4	1
Tábua 2	3	1	5	0
Tábua 3	3	0	12	0
Tábua 4	2	1	10	0
Tábua 5	3	2	11	0

Pilha 0,90m - T. 25mm

Tábua 1	4	3	12	0
Tábua 2	3	0	5	0
Tábua 3	4	2	10	1
Tábua 4	2	1	8	0

TABELA 7 - DIMENSÕES DOS EMPENAMENTOS APÓS A PRÉ-SECAGEM

Dimensões dos Empenamentos após a Pré-Secagem (mm)				
Pilha 1,80m -T. 20mm	Arqueamento	Torcimento	Encurvamento	Encanoamento
Tábua 1	3	2	9	2
Tábua 2	5	2	8	3
Tábua 3	3	2	5	2
Tábua 4	3	1	13	1

Pilha 1,80m - T. 25mm

Tábua 1	6	2	10	2
Tábua 2	3	2	15	1
Tábua 3	2	1	17	1
Tábua 4	3	1	16	1

Pilha 0,90m - T. 20mm

Tábua 1	3	3	9	3
Tábua 2	4	2	6	2
Tábua 3	3	2	18	2
Tábua 4	2	2	15	2
Tábua 5	3	2	12	3

Pilha 0,90m - T. 25mm				
Tábua 1	6	3	18	2
Tábua 2	3	2	5	3
Tábua 3	5	2	15	3
Tábua 4	2	2	7	3

8.3 VALORES ENCONTRADOS PARA AS RACHADURAS DE TOPO ANTES E APÓS A PRÉ-SECAGEM

TABELA 8 - COMPRIMENTO DAS RACHADURAS DE TOPO NO INÍCIO DA PRÉ-SECAGEM

COMPRIMENTO DAS RACHADURAS DE TOPO NO INICIO DA PRÉ-SECAGEM				
Pilha 1,80m - 20mm	Rach. Topo Total(cm)	Lado 1	Lado 2	Largura tábua(cm)
Tábua 1	77	0	77	17,5
Tábua 2	69	52	17	30
Tábua 3	52	28	24	13,5
Tábua 4	51	19	32	18,5

Pilha 1,80m - 25mm				
Tábua 1	19	0	19	20
Tábua 2	46	17	29	22
Tábua 3	36	23	13	18
Tábua 4	18	0	18	16,5

Pilha 0,90m - 20mm				
Tábua 1	39	17	22	18
Tábua 2	120	102	18	18
Tábua 3	0	0	0	17
Tábua 4	0	0	0	16
Tábua 5	0	0	0	17

Pilha 0,90m - 25mm				
Tábua 1	67	30	37	18,5
Tábua 2	36	15	21	27
Tábua 3	63	18	45	22
Tábua 4	33	8	25	23

TABELA 9 - COMPRIMENTO DAS RACHADURAS DE TOPO NO FINAL DA PRÉ-SECAGEM

COMPRIMENTO DAS RACHADURAS TOPO NO FINAL DA PRÉ-SECAGEM				
Pilha 1,80m - 20mm	Rach. Topo Total(cm)	Lado 1	Lado 2	Largura tábua(cm)
Tábua 1	82	0	82	17,5
Tábua 2	75	55	20	30

Tábua 3	56	31	25	13,5
Tábua 4	53	21	32	18,5

Pilha 1,80m - 25mm

Tábua 1	22	0	22	20
Tábua 2	49	18	31	22
Tábua 3	39	25	14	18
Tábua 4	18	0	18	16,5

Pilha 0,90m - 20mm

Tábua 1	42	19	23	18
Tábua 2	130	110	20	18
Tábua 3	0	0	0	17
Tábua 4	0	0	0	16
Tábua 5	0	0	0	17

Pilha 0,90m - 25mm

Tábua 1	73	32	41	18,5
Tábua 2	40	17	23	27
Tábua 3	70	21	49	22
Tábua 4	37	9	28	23