

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

BRUNA VEREDIANA MÜLLER

EFEITO DE SISTEMAS DE DESDOBRIO NA QUALIDADE E RENDIMENTO DE
MADEIRA SERRADA DE *Eucalyptus benthamii* MAIDEN ET CABBAGE

CURITIBA

2013



BRUNA VEREDIANA MÜLLER

EFEITO DE SISTEMAS DE DESDOBRO NA QUALIDADE E RENDIMENTO DE
MADEIRA SERRADA DE *Eucalyptus benthamii* MAIDEN ET CABBAGE

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Florestal, Área de Concentração em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais, Departamento de Ciências Florestais, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Engenharia Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Pereira da Rocha.

Coorientador: Prof. Dr. Alexsandro Bayestorff da
Cunha.

Coorientado: Prof. Dr. Ricardo Jorge Klitzke.

CURITIBA

2013

Ficha catalográfica elaborada por Denis Uezu – CRB 1720/PR

Müller, Bruna Verediana

Efeito de sistemas de desdobro na qualidade e rendimento de madeira serrada de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage / Bruna Verediana Müller. – 2013

119 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Márcio Pereira da Rocha

Coorientadores: Prof. Dr. Alexsandro Bayestorff da Cunha

Prof. Dr. Ricardo Jorge Klitzke

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Defesa: Curitiba, 12/04/2013.

Área de concentração: Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais.

1. Madeira serrada – Controle de qualidade. 2. Toras de madeira – Medição. 3. Indústria madeireira. 4. Eucalipto. 5. Teses. I. Rocha, Márcio Pereira da. II. Cunha, Alexsandro Bayestorff da. III. Klitzke, Ricardo Jorge. IV. Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias. V. Título.

CDD – 634.98

CDU – 634.0.526

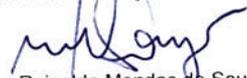


Universidade Federal do Paraná
Setor de Ciências Agrárias - Centro de Ciências Florestais e da Madeira
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal

ATA SESSÃO DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO
Defesa nº. 972

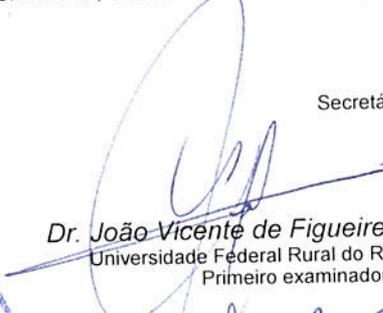
Ata da Sessão Pública, de exame de dissertação
para obtenção do grau de **mestre** em Engenharia
Florestal, área de concentração em **TECNOLOGIA E
UTILIZAÇÃO DE PRODUTOS FLORESTAIS**

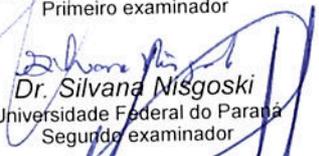
Ao(s) doze dia(s) do mês de abril de dois mil e treze, às oito horas e trinta minutos, nas dependências do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, reuniu-se a banca examinadora designada pelo Colegiado do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal, composta pelo Dr. João Vicente de Figueiredo Latorraca, primeiro examinador, pelo Dr. Silvana Nisgoski, segundo examinador, e pelo Dr. Márcio Pereira da Rocha, orientador e presidente da banca examinadora, com a finalidade de julgar a dissertação do(a) candidato(a) Bruna Verediana Müller, intitulada "**EFEITO DE SISTEMAS DE DESDOBRAMENTO NA QUALIDADE E RENDIMENTO DA MADEIRA SERRADA DE *Eucalyptus benthamii* MAIDEN ET CANNING**", para obtenção do grau de mestre em Engenharia Florestal. O desenvolvimento dos trabalhos seguiu o roteiro de sessão de defesa estabelecido pela coordenação do curso, com abertura, condução e encerramento da sessão solene de defesa feitos pelo orientador Dr. Márcio Pereira da Rocha. Após haver analisado o referido trabalho e argüido o(a) candidato(a), os membros da banca examinadora deliberaram pela "**APROVAÇÃO**" do(a) acadêmico(a), habilitando-o ao título de Mestre em Engenharia Florestal, na área de concentração em **TECNOLOGIA E UTILIZAÇÃO DE PRODUTOS FLORESTAIS**. Curitiba, 12 de abril de 2013, desde que apresente a versão definitiva da dissertação conforme regimento interno do programa.

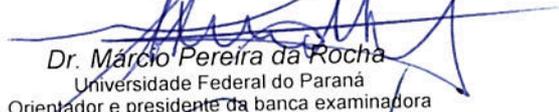

Reinaldo Mendes de Souza

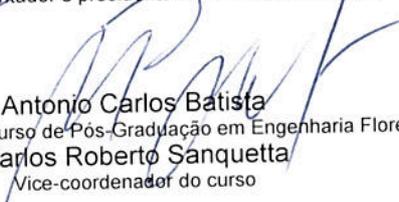
Secretário do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal




Dr. João Vicente de Figueiredo Latorraca
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
Primeiro examinador


Dr. Silvana Nisgoski
Universidade Federal do Paraná
Segundo examinador


Dr. Márcio Pereira da Rocha
Universidade Federal do Paraná
Orientador e presidente da banca examinadora


Antonio Carlos Batista
Coordenador do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Florestal
Carlos Roberto Sanquetta
Vice-coordenador do curso

Dedico este trabalho com a mais profunda admiração e respeito aos meus pais,
Armando e Glaci, que fizeram dos meus sonhos, os seus próprios objetivos,
oferecendo sempre o melhor que puderam me dar.

AGRADECIMENTOS

À Deus pela saúde, oportunidades concedidas e conforto nos momentos difíceis.

Ao Prof. Dr. Márcio Pereira da Rocha pela orientação, oportunidade, sugestões, críticas e ensinamentos prestados.

Ao Prof. Dr. Ricardo Jorge Klitzke, pela coorientação, sugestões e atenção dadas na elaboração desta dissertação.

Ao Prof. Dr. Alexsandro Bayestorff da Cunha, pela coorientação, amizade, confiança, incentivo e contribuição em todas as etapas deste trabalho.

À empresa Floko Florestadora Koeche Ltda. pela doação das toras, em especial ao Sr. Felipe Koeche e ao Sr. João Guimarães, pela atenção dedicada.

Às empresas Boa Esperança Exportação de Madeira Ltda. e a Indusflora Produtos Florestais Ltda. por possibilitarem o processamento das toras, colocando a disposição seus equipamentos e equipes de trabalho.

Aos acadêmicos de Engenharia Florestal da Universidade do Estado de Santa Catarina, Morgana Cristina França e Denys Roberto Brehmer, pela importante colaboração durante o processamento das toras e avaliação da madeira serrada.

Ao meu grande amigo Prof. M.e Marcos Felipe Nicoletti pela orientação e colaboração na análise estatística deste trabalho.

À minha colega e amiga Profa. M.^a Karla Funfgelt pelo auxílio na confecção dos desenhos utilizados neste trabalho.

À Tomaz Longhi pela amizade, apoio e hospitalidade, durante as minhas estadias em Curitiba.

Aos meus pais, Armando e Glaci, pelo amor, educação, apoio e carinho.

Ao meu marido Ederson pelo amor, companheirismo, incentivo, respeito e admiração.

RESUMO

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade da madeira serrada e o rendimento da matéria-prima no processo de desdobro de toras de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. Para tanto, foram selecionadas toras de duas classes diamétricas de um plantio comercial de 6 anos de idade. As toras selecionadas foram desdobradas utilizando três métodos, sendo desdobro tangencial em bloco, desdobro tangencial em bloco com face curva e desdobro radial. As tábuas produzidas foram submetidas à secagem ao ar até atingirem a umidade de equilíbrio. Antes e após a secagem, as tábuas tiveram suas dimensões e defeitos mensurados. Também foi determinado o rendimento em madeira serrada antes e após a secagem. Todos os métodos de desdobro avaliados apresentaram alta intensidade de defeitos, que na maioria dos tratamentos foram acentuados pelo processo de secagem. As menores medidas verificadas para a largura das tábuas foram observadas no desdobro radial. Os métodos de desdobro afetaram a espessura das tábuas, verificando-se a grande influência dos equipamentos utilizados, devido ao desbitolamento observado nas tábuas radiais. O rendimento em madeira serrada foi influenciado pelo sistema de desdobro utilizado, sendo que os maiores rendimentos finais, descontando-se o comprimento das rachaduras, foram apresentados pelo desdobro radial, enquanto os piores resultados foram observados no desdobro tangencial em bloco devido à maior formação de rachaduras de topo das tábuas, indicando que o seu emprego no processamento de toras de *Eucalyptus benthamii* de baixo diâmetro é pouco viável.

Palavras-chave: *Eucalyptus benthamii*. Método de desdobro. Rendimento. Qualidade de madeira serrada.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the quality of lumber and yield of raw material in the process of sawing logs of *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. Logs of two diameter classes with 6 years old were selected. The selected logs were processed using three methods; tangential block sawing, tangential block with curved face sawing and radial sawing. The lumber produced in sawing was dried in air to reach the equilibrium moisture content. Before and after drying, the tablets had their defects and dimensions measured. The yield of lumber before and after drying was also determined. All evaluated methods of sawing showed high intensity of defects, which in most treatments were accentuated by the drying process. The lowest recorded measures for the width of the boards were observed in the radial sawing. The methods of sawing affected the thickness of the boards, showing the great influence of the equipment used, due to the large variation observed in the radial boards. The sawn wood yield was influenced by the sawing system used. The highest final yields were presented by radial sawing, has the smallest final yields were observed in the tangential block sawing due to increased formation of cracks in the top of the boards, indicating that their use in processing logs of *Eucalyptus benthamii* of low diameter is impractical.

Key-words: *Eucalyptus benthamii*. Method of sawing. Yield. Quality lumber.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA REGIÃO DE COLETA NO ESTADO DE SANTA CATARINA	31
FIGURA 2 - AVALIAÇÃO DAS RACHADURAS	34
FIGURA 3 - MÉTODO DE DESDOBRO TANGENCIAL EM BLOCO	35
FIGURA 4 - MÉTODO DE DESDOBRO TANGENCIAL EM BLOCO COM FACE CURVA.....	36
FIGURA 5 - MÉTODO DE DESDOBRO RADIAL.....	37
FIGURA 6 - PROCEDIMENTO UTILIZADO NA MEDIÇÃO DO ARQUEAMENTO DAS TÁBUAS	40
FIGURA 7 - PROCEDIMENTO UTILIZADO NA MEDIÇÃO DO ENCURVAMENTO DAS TÁBUAS	40
FIGURA 8 - PROCEDIMENTO UTILIZADO NA MEDIÇÃO DO ENCANOAMENTO DAS TÁBUAS	41
FIGURA 9 – ARQUEAMENTO MÉDIO VERIFICADO EM CADA TRATAMENTO ..	57
FIGURA 10 – ENCURVAMENTO MÉDIO VERIFICADO EM CADA TRATAMENTO	62
FIGURA 11 – ENCANOAMENTO MÉDIO VERIFICADO EM CADA TRATAMENTO	65
FIGURA 12 – ÍNDICE DE RACHADURA MÉDIO VERIFICADO EM CADA TRATAMENTO	68
FIGURA 13 - FREQUÊNCIA POR CLASSES DE LARGURA DE TÁBUAS APÓS A SECAGEM	70
FIGURA 14. FREQUÊNCIA POR CLASSES DE ESPESSURA DE TÁBUAS APÓS A SECAGEM	73

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - CONSUMO BRASILEIRO DE MADEIRA DE <i>Eucalyptus</i> EM TORA PARA USO INDUSTRIAL EM 2011	18
TABELA 2 - PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DA MADEIRA DE ALGUMAS ESPÉCIES DE <i>Eucalyptus</i> A 12% DE UMIDADE	22
TABELA 3 - SEPARAÇÃO DA TORAS DE <i>Eucalyptus benthamii</i> , POR CLASSES DIAMÉTRICAS E MÉTODOS DE DESDOBRO	32
TABELA 4 - ENSAIOS MECÂNICOS REALIZADOS PARA A MADEIRA DE <i>E. benthamii</i>	44
TABELA 5 - MASSA ESPECÍFICA APARENTE E APARENTE BÁSICA PARA O <i>E. benthamii</i>	45
TABELA 6 - CONTRAÇÃO LONGITUDINAL, RADIAL, TANGENCIAL E VOLUMÉTRICA PARA O <i>E. benthamii</i>	47
TABELA 7 - PROPRIEDADES MECÂNICAS PARA O <i>E. benthamii</i>	49
TABELA 8 - PORCENTAGEM DE CERNE NAS TORAS	52
TABELA 9 - CLASSIFICAÇÃO QUALITATIVA DAS RACHADURAS DE TOPO DAS TORAS.....	53
TABELA 10 - RESULTADOS DE ARQUEAMENTO VERIFICADOS EM TÁBUAS NAS DIFERENTES CONDIÇÕES DE UMIDADE	55
TABELA 11 - RESULTADOS DE ENCURVAMENTO VERIFICADOS EM TÁBUAS NAS DIFERENTES CONDIÇÕES DE UMIDADE	59
TABELA 12. RESULTADOS DE ENCANOAMENTO VERIFICADOS EM TÁBUAS NA CONDIÇÃO SECA	63
TABELA 13. RACHADURAS EM TÁBUAS NAS DIFERENTES CONDIÇÕES DE UMIDADE.....	65
TABELA 14. LARGURA DAS TÁBUAS NAS DIFERENTES CONDIÇÕES DE UMIDADE.....	69
TABELA 15. ESPESSURA DAS TÁBUAS NAS DIFERENTES CONDIÇÕES DE UMIDADE.....	72
TABELA 16 - RENDIMENTOS TOTAIS MÉDIOS	74
TABELA 17 - RENDIMENTOS MÉDIOS DESCONTANDO AS RACHADURAS	77

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3 REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1 O GÊNERO <i>Eucalyptus</i>	15
3.1.1 <i>Eucalyptus benthamii</i> Maiden et Cambage	16
3.2 O <i>Eucalyptus</i> COMO MATÉRIA-PRIMA NA INDÚSTRIA DE MADEIRA SERRADA.....	17
3.3 PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DA MADEIRA DE EUCALIPTO	21
3.4 TENSÕES DE CRESCIMENTO	23
3.4.1 Defeitos gerados pelas tensões de crescimento	25
3.5 MÉTODOS EMPREGADOS PARA O DESDOBRO DE EUCALIPTO	28
3.5.1 Desdobro tangencial	29
3.5.2 Desdobro radial	30
4 MATERIAL E MÉTODOS	31
4.1 SELEÇÃO DAS ÁRVORES E TORAS	31
4.2 QUANTIFICAÇÃO DO VOLUME DAS TORAS	32
4.3 AVALIAÇÃO QUALITATIVA DAS TORAS	33
4.3.1 Determinação da porcentagem de cerne	33
4.3.2 Avaliação qualitativa das rachaduras de topo nas toras.....	34
4.4 DESDOBRO DAS TORAS	35
4.4.1 Sistema de desdobro tangencial em bloco.....	35
4.4.2 Sistema de desdobro tangencial em bloco com face curva.....	36
4.4.3 Sistema de desdobro radial.....	37
4.5 MEDIÇÃO DAS TÁBUAS E DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE MADEIRA SERRADA.....	37
4.6 AVALIAÇÃO DOS DEFEITOS	39
4.7 SECAGEM DA MADEIRA	41
4.8 AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA.....	42

4.9 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS	43
4.9.1 Propriedades físicas	43
4.9.2 Propriedades mecânicas	43
4.10 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA	44
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1 PROPRIEDADES FÍSICAS	45
5.1.1 Massa Específica	45
5.1.2 Contração	47
5.2 PROPRIEDADES MECÂNICAS.....	49
5.3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS TORAS	51
5.3.1 Porcentagem de cerne	51
5.3.2 Rachaduras de topo das toras	53
5.4 AVALIAÇÃO DOS DEFEITOS	55
5.4.1 Arqueamento.....	55
5.4.2 Encurvamento	59
5.4.3 Encanoamento	63
5.4.4 Rachaduras	65
5.5 AVALIAÇÃO DAS DIMENSÕES DAS TÁBUAS.....	68
5.5.1 Largura	69
5.5.2 Espessura	71
5.6 AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA.....	74
5.6.1 Rendimento total	74
5.6.2 Rendimento descontando o comprimento das rachaduras	76
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	79
REFERÊNCIAS.....	80
APÊNDICES.....	92

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, os povoamentos florestais homogêneos são formados principalmente por espécies do gênero *Eucalyptus*, utilizadas em sua grande maioria para a produção de carvão vegetal e celulose e papel. Porém, cada vez mais, devido às suas qualidades, a madeira de eucalipto vem sendo empregada como fonte de matéria prima alternativa na indústria de serrados, substituindo com sucesso as madeiras tropicais.

De forma geral, os povoamentos de eucalipto são mais frequentemente encontrados nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste. No entanto, devido às características como o rápido crescimento e adaptação a uma ampla faixa de ambientes, tem-se verificado uma expansão no plantio de eucalipto para regiões além daquelas tradicionais. Estudos da Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas (ABRAF, 2012) demonstram que em 2011, a área plantada de eucalipto no Brasil era de 4.873.952 ha, 2,5 % a mais do que o observado em 2010, evidenciando a tendência de ampliação das áreas cultivadas com este gênero no país.

Essa mesma tendência de ampliação, também vem sendo verificada no Estado de Santa Catarina, mais especificamente, na região do Planalto Serrano, onde as áreas normalmente ocupadas por *Pinus* spp. estão sendo em parte substituídas por plantios de eucalipto. Todavia, em função das condições climáticas, em especial, a ocorrência frequente de geadas, poucas são as espécies de eucalipto indicadas para plantio na região.

Dessa forma, empresas e órgãos de pesquisa do Planalto Serrano Catarinense vêm desenvolvendo há algumas décadas, uma série de estudos em busca de espécies do gênero *Eucalyptus* que se adaptem bem às condições climáticas locais, apresentando bom crescimento e cuja madeira seja de qualidade. Neste contexto, vêm se destacando o *E. dunnii* Maiden e o *E. benthamii* Maiden et Cambage, representando atualmente porção significativa dos plantios desse gênero na região.

O *E. dunnii* tem apresentado boas taxas de crescimento e produção de madeira de qualidade, atendendo a diferentes segmentos da indústria madeireira regional, como a fabricação de celulose e papel e a produção de madeira serrada.

Entretanto, como ocorre com a maioria das espécies de eucaliptos, a espécie requer alguns cuidados na produção de madeira serrada, principalmente em função da manifestação das tensões internas de crescimento, responsáveis pela formação de rachaduras e empenamentos das tábuas durante os processos de desdobro e secagem da madeira. Além disso, o *E. dunnii* também tem apresentado algumas limitações quanto à resistência a geadas.

Segundo resultados de Higa e Pereira (2003), o *E. benthamii* também tem demonstrado boas taxas de crescimento. No entanto, se destaca em relação ao *E. dunnii* devido à maior tolerância a geadas. Conforme Paludzyszyn Filho *et al.* (2006), em povoamentos florestais experimentais, o *E. dunnii* sob o efeito de geada de alta intensidade, apresentou atraso no desenvolvimento em comparação ao *E. benthamii*, estimando-se perda na produção em torno de 50m³/ha, o equivalente a um ou mais anos de crescimento. Ainda, de acordo com Martins (2011), em povoamentos florestais de *E. benthamii* a perda por geada é inferior a 4%, enquanto outras espécies do gênero chegam a atingir valores em torno de 90%.

Por tudo isso, nos últimos anos, tem se constatado no Planalto Serrano Catarinense uma grande expansão das áreas de produção de *E. benthamii*, sendo superior a expansão observada para outras espécies do mesmo gênero na região. Contudo, apesar de todos os resultados apresentados pela espécie e o aumento maciço dos seus plantios, até o momento os principais trabalhos realizados a respeito da sua utilização estão basicamente relacionados ao seu uso potencial na indústria de papel e celulose.

Assim, para que o *E. benthamii* seja melhor aproveitado pela indústria madeireira, especificamente a de madeira serrada, é imprescindível a realização de estudos sobre as técnicas de desdobro mas indicadas para o seu processamento, considerando aspectos como a qualidade do produto e o rendimento do processo produtivo.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade da madeira serrada e o rendimento da matéria-prima no processo de desdobro de toras de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar a qualidade das toras e as propriedades tecnológicas da madeira;
- Quantificar e avaliar os defeitos gerados pela secagem natural das peças de madeira serrada.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 O GÊNERO *Eucalyptus*

O gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae, subfamília Leptospermoideae, contando com cerca de 600 espécies e grande número de variedades e híbridos (FOELKEL *et al.*, 1975). Com exceção ao *E. urophylla* e o *E. deglupta*, as demais espécies são originárias da Austrália (MORA; GARCIA, 2000).

Segundo Marchiori e Sobral (1997), os eucaliptos dominam a vegetação em cerca de 90% do território australiano, ocorrendo em florestas tropicais pluviais, desde áreas com precipitação estival a áreas de precipitação uniforme e até mesmo áreas de clima mediterrâneo, com chuvas restritas ao inverno.

As espécies mais conhecidas de *Eucalyptus* são árvores típicas de florestas altas, atingindo alturas que variam de 30 a 50 metros e de florestas abertas, com árvores menores, com altura entre 10 e 25 metros, incluindo ainda, cerca de 30 a 40 espécies de porte arbustivo (MORA; GARCIA, 2000).

Conforme Jaeger e Ziger (2007), devido às boas características apresentadas, o eucalipto é cultivado em grande escala no Brasil e tem se destacado como fonte potencial de matéria prima, substituindo madeiras de espécies provenientes de florestas nativas.

De forma geral, o gênero produz madeiras com uma grande variedade de cores (LIMA, 2005). Segundo Oliveira (1999) *apud* Rocha (2000), a madeira apresenta pouco brilho, grã direita a revessa, textura fina a média, macia a moderadamente dura ao corte, com cheiro e gosto distintos, e massa específica variando entre 0,40 e 1,20 g/cm³.

Barcellos *et al.* (2005) ressaltam como aspecto positivo da madeira de eucalipto o grande espectro de propriedades, devido à diversidade de espécies, apresentando desde madeiras leves e de baixa durabilidade, até aquelas aptas às mais diversas utilizações.

3.1.1 *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage

O *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cabbage é uma árvore com altura variando de 30 a 45 m (FAO, 2004) e segundo Higa e Pereira (2003), embora apresente características distintas, faz parte do mesmo grupo botânico do *Eucalyptus viminalis* Labill.

A distribuição natural da espécie é restrita ao oeste da cidade de Sydney, em planícies ao longo do *Nepean* e seus afluentes (BENSON; MCDUGALL, 1998). Ocorre de forma natural em solos férteis nas partes planas das deposições dos rios, em regiões de altitude inferior a 100 m, com temperatura média máxima de 26 °C e temperatura média mínima de 4 °C, com ocorrência de geadas leves e precipitação média anual de 1100 mm (HIGA, 1999; HIGA; PEREIRA, 2003).

Em seu país de origem, a espécie é considerada em risco de extinção (BENSON; MCDUGALL, 1998). Estudos detectaram que esta apresenta uma população natural de aproximadamente 6.500 árvores localizadas na região do Vale do *Kedumba* e há outras três populações remanescentes localizadas ao longo do Rio *Nepean* na região da Bacia do *Bents* (cerca de 300 árvores), em *Wallacia* (nove árvores) e em *Camden* (30 árvores) (BUTCHER *et al.*, 2005).

A espécie vem apresentando taxas de crescimento relativamente elevadas e tem exibido capacidade de crescer em diversos sítios, incluindo aqueles sujeitos a secas e a geadas (JOVANOVIC; BOOTH, 2002; FAO, 2004). Contudo, de acordo com Higa e Pereira (2003), são escassos os resultados de plantios com a espécie e, além disso, os usos da madeira ainda estão sendo avaliados (PALUDZYSZYN FILHO *et al.*, 2006).

Porém, apesar de existirem poucos estudos sobre as características tecnológicas da madeira de *E. benthamii*, destaca-se o interesse considerável pela espécie no Sul da África e em partes da América do Sul, onde vem sendo difundida na implantação de povoamentos florestais para a produção de celulose e papel (FAO, 2004).

Segundo Paludzyszyn Filho *et al.* (2006), a implantação do *E. benthamii* é recomendada para regiões com temperaturas mínimas absolutas de até - 10 °C. Abaixo desse limite, embora sejam pouco expressivos, podem ocorrer atrasos em torno de 2% no desenvolvimento em altura das plantas.

No Brasil, a espécie foi introduzida pela Embrapa Florestas em 1988, em Colombo, Estado do Paraná, a partir de dez matrizes procedentes de *Wentworth Falls*, NSW (Austrália) (GRAÇA *et al.*, 1999). Na região Sul, esta espécie tem mostrado bom crescimento e resistência a geadas em plantios experimentais com dois e três anos de idade no Estado de Santa Catarina (Higa, 1999). Já no Paraná, no município de Guarapuava, de acordo com Paludzyszyn Filho *et al.* (2006), o *E. benthamii* apresentou-se mais resistente à geada do que o *E. dunnii*, sendo que na região de Dois Vizinhos, Higa e Carvalho (1990) observaram em plantios com idade de 45 meses, sobrevivência de 70%, altura média de 16 m e DAP médio de 15 cm, concluindo que a espécie merece atenção especial dos melhoristas.

Alves *et al.* (2011), ao estudarem a madeira de *E. benthamii* para a produção de celulose Kraft, observaram que a estrutura anatômica da espécie é bastante semelhante às de outras espécies do gênero. De modo geral, sua madeira é caracterizada como moderadamente dura; com cerne e alburno distintos, sendo o cerne de cor marrom avermelhada e o alburno amarelo rosado; de textura fina a média e de grã irregular (NISGOSKI *et al.*, 1998).

Estudos feitos por Higa e Pereira (2003), sobre os usos potenciais da espécie, indicaram que a madeira de *E. benthamii* é dimensionalmente instável, apresentando índices elevados de retratibilidade volumétrica e de coeficiente de anisotropia, o que pode explicar a alta intensidade de defeitos na madeira serrada. No entanto, os autores ressaltam que esses estudos foram realizados com um pequeno número de amostras e, deste modo, devem ser usados com ressalvas.

3.2 O *Eucalyptus* COMO MATÉRIA-PRIMA NA INDÚSTRIA DE MADEIRA SERRADA

De acordo com Moura e Guimarães (2003), em todo o mundo, aproximadamente 90 países cultivam o eucalipto em plantios comerciais. Nos países da América do Sul o gênero passou a ser introduzido no final do século 20, apesar disso, somente após a década de 60, em função dos incentivos fiscais dos governos do Brasil e da Argentina, foram verificados aumentos significativos em relação à área plantada (JANKOWSKY *et al.*, 2000).

As primeiras dispersões do gênero pelo mundo foram motivadas em interesses botânicos e ornamentais, sendo que suas primeiras utilizações industriais limitavam-se à geração de energia e produção de celulose (ACOSTA, 2006).

O gênero *Eucalyptus* inclui uma grande quantidade de espécies, com madeiras de características físico-mecânicas e estéticas distintas, permitindo a sua utilização na substituição da madeira de espécies latifoliadas nativas (PEREIRA *et al.*, 2000). Segundo Lobão *et al.* (2004) e Amparado *et al.* (2008), o emprego deste gênero na indústria de base madeireira se deve a algumas vantagens que este oferece, como a boa capacidade produtiva, a adaptação a diferentes tipos de solo e clima e a grande diversidade de espécies, tornando possível a sua utilização para os mais diversos fins.

No Brasil, o gênero ocupa uma posição de destaque na escolha de espécies para a implantação de povoamentos florestais, estando a maior parte da produção comprometida com os usos tradicionais, como celulose e papel, carvão vegetal, lenha e chapas de fibras (ROCHA, 2000).

Segundo a ABRAF (2012), no ano de 2011 foram consumidos no país 170,1 milhões de m³ de madeira provenientes de plantios florestais, dos quais 117,6 milhões de m³ eram de madeira de eucalipto, utilizada nos diferentes segmentos da indústria florestal (Tabela 1).

TABELA 1 - CONSUMO BRASILEIRO DE MADEIRA DE *Eucalyptus* EM TORA PARA USO INDUSTRIAL EM 2011

Segmento	Consumo (m ³)	Percentual em relação ao total (%)
Celulose e papel	53.239.020	45,2
Painéis de madeira industrializada	4.658.345	4,0
Indústria da madeira	4.760.506	4,0
Carvão vegetal	16.987.058	14,4
Lenha industrial	35.709.030	30,4
Madeira tratada	1.500.000	1,3
Outras utilizações	774.144	0,7
Total	117.628.103	-----

FONTE: ABRAF (2012)

De acordo com Lobão *et al.* (2004), o potencial de utilização múltipla da madeira de eucalipto vem crescendo nos últimos anos, podendo se conseguir diferentes tipos de floresta para cada um dos produtos a serem obtidos.

Jankowsky *et al.* (2000), afirmam que o eucalipto deixou de ser uma matéria-prima alternativa para a indústria madeireira, sendo realidade a sua transformação

em produtos à base de madeira maciça. Por outro lado, completam que há necessidade de adequação dos processos de beneficiamento da madeira, já que o emprego do *Eucalyptus* implica no processamento de árvores jovens e de diâmetros reduzidos.

No entanto, segundo Rozas Mellado (1993), ainda que exista uma grande demanda de madeira serrada para a construção civil, móveis ou outros produtos de maior valor agregado, apesar da grande disponibilidade de madeira, o eucalipto tem sido pouco utilizado para estes fins. Estima-se que em 2010 existiam no país em torno de 600 serrarias destinadas ao desdobro de madeira de pinus e eucalipto, produzindo na época nove milhões de toneladas de madeira serrada ao ano. Entre 2000 e 2010, a produção nacional de serrados cresceu a uma taxa média anual de 1,7%. Contudo, a produção de madeira serrada de *Eucalyptus* ainda é pequena, embora, acredita-se que em médio prazo essa tendência seja revertida (ABRAF, 2011).

De acordo com Miranda e Nahuz (1999), este fato se deve a algumas características da madeira que dificultam o seu processamento, como as tensões de crescimento, madeira juvenil, colapso, nós, empenamentos, bolsas de resina, variabilidade das propriedades físicas e mecânicas e a alta retratibilidade. Segundo Lima (2005), no processamento mecânico da madeira de eucaliptos de rápido crescimento, a ocorrência de rachaduras e empenamentos é a principal causa dos baixos rendimentos obtidos na produção de madeira serrada.

Rocha (2000) ressalta que em alguns casos os defeitos ou propriedades da madeira de *Eucalyptus* não exercem grande influência na sua utilização na forma serrada, mas ao mesmo tempo podem dificultar ou até descartar a utilização de determinadas espécies. Além disso, destaca que entre todos os fatores que limitam a produção de madeira serrada de eucalipto, sem dúvida, o principal são as tensões de crescimento.

No Brasil, grande parte das florestas de eucalipto é manejada para a produção de árvores de pequenos diâmetros para uso como fibra ou como energia, sem grandes preocupações com a qualidade da madeira, sendo muito difícil o seu aproveitamento na produção de madeira serrada e transformada em móveis, esquadrias e outros produtos de maior valor agregado. Ao mesmo tempo, as poucas florestas conduzidas para o fornecimento de madeira serrada, não foram melhoradas geneticamente, apresentando muitas vezes árvores retilíneas e com

bons diâmetros, mas que produzem madeira com grande variação em suas principais propriedades (PONCE, 1995).

Além das características da madeira, a baixa utilização do eucalipto na indústria de serrados, também está relacionada à falta de informação, a tabus sobre a madeira e a grande disponibilidade de outras espécies florestais (PONCE, 1995). Segundo Amparado *et al.* (2008), os preconceitos atribuídos ao eucalipto na indústria de serrados são provenientes da utilização incorreta e da falta de desenvolvimento de tecnologias que permitam otimizar as características do produto final.

Apesar dos problemas intrínsecos do gênero, sua madeira pode ser utilizada sem maiores dificuldades, desde que sejam consideradas as suas limitações, representando deste modo, elevado potencial de matéria prima para a indústria florestal, devido às suas características físico-mecânicas e por encontrarem-se os plantios próximos dos grandes centros consumidores, reduzindo os custos de transporte (ROZAS MELLADO, 1993).

Em países como Austrália, África do Sul, Chile, Nova Zelândia, Uruguai e Argentina a madeira de *Eucalyptus* já vem sendo utilizada na forma serrada (LIMA, 2005). Porém no Brasil, para que esse tipo de utilização seja intensificado, há necessidade de maiores investigações sobre o assunto, a exemplo do que ocorre nesses países (MIRANDA e NAHUZ, 1999).

A aplicação adequada da madeira de eucalipto, assim como a de outros materiais, está diretamente relacionada com o conhecimento de suas características, o que possibilitaria maior economia e segurança no emprego desse material (RODRIGUES, 2002). Caixeta *et al.* (2003) destacam a necessidade de implementação de um programa de melhoramento genético, baseado nas propriedades da madeira e que utilize técnicas de avaliação conjunta, afim de possibilitar a utilização da madeira de eucalipto no fornecimento de múltiplos produtos, incluindo madeira serrada. O uso de material genético de qualidade e homogêneo em plantios desse gênero é de fundamental importância, pois por mais tecnologia que se disponha pouco se pode fazer quando a matéria prima não é de qualidade (ACOSTA, 2006).

Segundo Jankowsky *et al.* (2000), o grande desafio é a busca de alternativas de processos técnicos e economicamente viáveis, que tenham como finalidade a

obtenção de madeira e produtos derivados com um razoável padrão de qualidade, assim como a redução nos custos de beneficiamento.

3.3 PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DA MADEIRA DE EUCALIPTO

Para que o *Eucalyptus* seja utilizado de maneira otimizada na produção de madeira serrada há a necessidade de se conhecer de forma mais precisa as suas características (CRUZ *et al.*, 2003). Deste modo, o estudo das propriedades físicas e mecânicas da madeira deste gênero se caracteriza como uma importante ferramenta, propiciando a sua correta utilização e contribuindo para a geração de produtos de maior valor agregado, além de promover o aprimoramento e o emprego de novas tecnologias de transformação, bem como, o uso racional desta matéria prima florestal (TRIANOSKI, 2012).

Dentre todas as propriedades físicas da madeira, a massa específica destaca-se como uma das mais utilizadas, por se correlacionar diretamente com a maior parte das outras propriedades e também com a composição celular da madeira, expressando sua qualidade final e seu comportamento nos processos tecnológicos e industriais (LATORRACA; ALBUQUERQUE, 2000; OLIVEIRA *et al.*, 2005, BATISTA *et al.*, 2010).

Lobão *et al.* (2004), ao caracterizarem um lote de eucalipto, verificaram que a madeira de menor massa específica apresentou, em todos os resultados, a menor resistência mecânica, em comparação com as madeiras de elevada massa específica, comprovando a forte relação entre esta característica e as suas propriedades mecânicas.

Outra importante propriedade física é a contração, responsável pela variação das dimensões das peças de madeira, que ocorrem quando há redução do teor de umidade abaixo do ponto de saturação das fibras (PSF) (OLIVEIRA *et al.*, 2010). Trianoski (2012) destaca que estas alterações das dimensões, se dão de maneira diferenciada de acordo com os diferentes planos anatômicos da madeira, fazendo com que a contração elevada se caracterize como uma propriedade indesejável para a madeira, limitando o seu uso para diversas finalidades e exigindo técnicas adequadas de processamento e aplicação. Neste sentido, Silva (2002) afirma que o

conhecimento da contração deve ser utilizado como subsídio para a correta condução do processo de secagem e utilização final do produto, com o intuito de minimizar ou eliminar a ocorrência de possíveis defeitos na madeira.

Segundo Cruz *et al.* (2003), a madeira de *Eucalyptus* também atende às mais diferentes exigências quanto às propriedades mecânicas, cujo conhecimento, de acordo com Araújo (2007), é fundamental para definir adequadamente a sua aplicação às mais variadas utilizações, especialmente em relação àquelas que requerem uma maior resistência e rigidez. Assim, ainda de acordo com o mesmo autor, combinados a outros fatores, os parâmetros dessas propriedades possibilitam que a madeira seja classificada em usos a que se mostra mais apropriada, como peças estruturais, ambientes internos e externos de habitações, movelaria e painéis.

Entre as propriedades mecânicas mais estudadas destacam-se a resistência a esforços de compressão, flexão, tração, cisalhamento e fendilhamento (SCANAVACA JUNIOR, 2001), cujos resultados variam conforme a direção da aplicação da carga em relação aos três eixos ortogonais da madeira (SILVA, 2002), sendo ainda, de acordo com Evans *et al.* (2000), influenciadas por outros fatores como a densidade básica, a porcentagem de madeira juvenil, a largura dos anéis de crescimento, o teor de umidade, a inclinação da grã, o tipo e a localização dos nós.

Diante do exposto, na tabela 2 são apresentadas algumas propriedades tecnológicas da madeira de *E. grandis* e *E. saligna*, que no Brasil, caracterizam-se como as principais espécies do gênero *Eucalyptus* empregadas na produção de madeira serrada.

TABELA 2 - PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DA MADEIRA DE ALGUMAS ESPÉCIES DE *Eucalyptus* A 12% DE UMIDADE

Propriedades		<i>E. grandis</i>	<i>E. saligna</i>
Massa específica aparente básica	ρ_{bas}	0,49	0,56
Compressão paralela às fibras	f_{co} (MPa)	59,72	46,80
	E_{co} (MPa)	20591	14933
Flexão Estática	f_M (MPa)	66,64	72,15
	E_{M0} (MPa)	10502	9267
Cisalhamento	f_v (MPa)	7,00	8,20

Onde: ρ_{bas} = massa específica aparente básica; f_{co} = resistência à compressão paralela às fibras; E_{co} = módulo de elasticidade obtido no ensaio de compressão paralela às fibras; f_M = resistência à flexão estática; E_{M0} = módulo de elasticidade obtido no ensaio de flexão estática; f_v = resistência ao cisalhamento.

FONTE: ROZAS MELLADO (1993), STURION *et al.* (1987), ABNT (1997), ROSSO (2010), HASELEIN *et al.* (2002), RODRIGUES (2002)

3.4 TENSÕES DE CRESCIMENTO

As causas e origens das tensões de crescimento, assim como seus efeitos vêm sendo estudados desde muito tempo por pesquisadores e estudiosos (ROCHA, 2000), e se constituem como um dos principais problemas decorrentes da utilização do gênero *Eucalyptus*.

Calonego e Severo (2005) definem as tensões de crescimento como forças encontradas na madeira em estado verde e que se manifestam na tora por meio de rachaduras, no momento ou logo após a derrubada e também durante o desdobro do material. Ainda, segundo os mesmos autores, as tensões de crescimento são responsáveis por grande maioria dos defeitos que ocorrem durante todas as etapas de processamento da madeira de eucalipto, provocando perdas consideráveis no rendimento, e conseqüentemente, o desestímulo do seu uso na forma serrada.

Estas tensões representam uma condição de esforço gerada durante o crescimento do vegetal que ajuda a manter o equilíbrio da árvore, não devendo ser confundidas com tensão resultante do peso da copa da árvore, ou da tensão da seiva, ou ainda, resultante da madeira de reação e das tensões de secagem (DINWOODIE, 1966 *apud* TRUGILHO *et al.*, 2002).

As tensões de crescimento originam-se no interior do tecido da madeira, com as deposições consecutivas das novas camadas de células a partir do câmbio, durante o desenvolvimento da árvore (MIRANDA; NAHUZ, 1999). Neste processo, as células da madeira passam por alterações dimensionais, que são em parte contidas por células vizinhas já lignificadas, resultando na distribuição desigual das tensões (YANG; WAUGH, 2001). Assim, desenvolvem-se na madeira tensões nas direções longitudinal, tangencial e radial.

Conforme Scanavaca Junior e Garcia (2003), as tensões de crescimento tangenciais aparecem na periferia da árvore (câmbio) com o crescimento de novas camadas de células. Já as tensões radiais surgem em reação às tensões tangenciais, enquanto as tensões longitudinais desenvolvem-se em função do encurtamento das fibras na periferia da árvore (tensão de tração) e do alongamento das fibras em direção à medula (tensão de compressão) (LIMA, 2005).

Segundo Miranda e Nahuz (1999), a intensidade das tensões de crescimento varia consideravelmente entre espécies, entre árvores da mesma

espécie, e ainda em diferentes posições dentro da mesma árvore, tanto na altura, como no sentido medula-casca. A idade da árvore também pode influenciar, logo que com o tempo aumentam os comprimentos e espessura da parede das fibras, a porcentagem de cerne, extrativos e a densidade básica da madeira (SCANAVACA JUNIOR; GARCIA, 2003).

De acordo com Shield (1995), ainda que não existam pesquisas apresentando correlações positivas entre a intensidade das tensões de crescimento com algumas características da árvore, como tamanho, idade, diâmetro ou a taxa de crescimento, na maioria das vezes se reconhece que quanto maior o diâmetro da tora, menores são os efeitos das tensões de crescimento sobre a qualidade da madeira.

Miranda e Nahuz (1999) ao pesquisarem a influência do espaçamento de plantio de *E. saligna*, no rendimento de madeira serrada, nas condições verde e seca, observaram que quanto menor era o diâmetro, maiores eram as tensões de crescimento, resultando em um maior rachamento nas extremidades das tábuas. Por outro lado, Calonego e Severo (2005), avaliando o efeito da vaporização das toras de *E. grandis* no alívio das tensões de crescimento, verificaram tanto para as toras não vaporizadas, como para as vaporizadas, que em geral as toras de menor diâmetro apresentaram menor magnitude na manifestação dos efeitos das tensões, quando comparadas com as toras de maiores dimensões.

Rocha (2000) afirma que embora existam algumas controvérsias entre os pesquisadores sobre quais os fatores mais decisivos, normalmente as manifestações das tensões de crescimento estão associadas a uma série de características, inerentes à espécie e aos tratos silviculturais e de exploração.

A redução das tensões de crescimento e de seus efeitos pode ser alcançada por meio da utilização de algumas práticas, como o melhoramento genético, métodos de exploração, técnicas de desdobro adequadas, entre outras (ROCHA; TRUGILHO, 2006). Assim, o conhecimento destas tensões e das alternativas para a sua liberação ou redução, são imprescindíveis para um maior aproveitamento da matéria prima, tanto no desdobro como nas outras etapas de processamento da madeira (ROZAS MELLADO, 1993).

3.4.1 Defeitos gerados pelas tensões de crescimento

A) Rachadura de topo das toras

De acordo com Rocha e Tomaselli (2002), entre os defeitos mais comuns originados pelas tensões internas de crescimento tem-se as rachaduras de topo, que dificultam e podem inviabilizar a utilização do eucalipto para madeira serrada.

As rachaduras nos topos das toras podem surgir logo após a derrubada da árvore, devido ao gradiente de tensão longitudinal que ocorre entre o lado interior e exterior do tronco, associada com o efeito das tensões transversais (ROZAS MELLADO, 1993). Posteriormente ao abate e o seccionamento em toras, a tendência é de que a porção da madeira mais próxima da casca contraia-se longitudinalmente, enquanto a porção mais próxima à medula, submetida à compressão, tende a expandir-se (LIMA, 2005).

Segundo Lisboa (1993), durante o desdobro da tora as rachaduras de topo, normalmente tendem a aumentar, sobretudo se não forem empregadas técnicas apropriadas que favoreçam o alívio simétrico e homogêneo das tensões. O mesmo cuidado também é válido para minimizar as ocorrências de empenamentos de pranchões e tábuas e até mesmo o encurvamento da própria tora.

Conforme Lima *et al.* (2002), a mensuração das rachaduras na extremidade das toras é considerada um método indireto na avaliação das tensões de crescimento, podendo em alguns casos ser utilizadas como indicadores de seleção de árvores para serraria pela importância que desempenham. Entretanto, Scanavaca Junior e Garcia (2003), em um estudo realizado com *E. urophylla* com objetivo de quantificar a influência das tensões de crescimento e da conicidade no rendimento de madeira serrada, observaram que as rachaduras nas extremidades das toras não apresentaram correlação com as rachaduras nas extremidades das tábuas, não devendo, deste modo, serem utilizadas como critério de seleção de árvores para serraria.

Sobre a variação da intensidade das rachaduras em função da posição, Santos *et al.* (2004), ao avaliarem a madeira de *E. grandis*, verificaram diferenças estatísticas significativas entre as posições base e topo em relação aos índices de

rachaduras de extremidades da tora, concluindo que normalmente a maior ocorrência de rachaduras se dá na posição topo.

B) Rachaduras em tábuas serradas

Grande maioria das rachaduras das tábuas que são causadas pelas tensões de crescimento tem origem no processo de desdobro, momento em que essas tensões são liberadas, ultrapassando muitas vezes o limite de resistência intrínseca da madeira, ocasionando a ruptura das peças serradas.

Segundo Lima e Garcia (2008), há uma tendência das rachaduras das tábuas diminuírem no sentido da medula para a casca. Garcia (1995) destaca que este comportamento está relacionado com dois fatores. O primeiro diz respeito à presença de madeira juvenil na porção mais central do tronco, que tem como característica a menor resistência à tração normal às fibras. Já o segundo, se deve à liberação de forças transversais de alta intensidade no momento do desdobro, que coincidem com a direção paralela às faces das tábuas, provocando tração normal máxima.

Alguns autores, como Calonego e Severo (2005), costumam relacionar também o diâmetro das toras com a propensão das tábuas às rachaduras, considerando que quanto maior o diâmetro das toras, normalmente, maior é o comprimento e a largura das rachaduras nas tábuas. No entanto, outros pesquisadores como Adorno e Garcia (2003), afirmam não haver correlação entre estas características.

C) Cerne quebradiço

O desenvolvimento do cerne quebradiço na madeira se deve às elevadas tensões de compressão na parte interna do tronco, que ao ultrapassarem a tensão de ruptura, causam as fraturas de compressão (SHIELD, 1995; PONCE, 1995).

De acordo, com Hillis e Brown (1984) *apud* Lima (2005), de forma geral este defeito é de difícil visualização nas toras, porém, pode ser percebido pela facilidade de processamento das toras, pelo aspecto felpudo da madeira, por fibras fracionadas observadas nas faces transversais de peças serradas e ainda pela coloração mais esbranquiçada da madeira.

D) Empenamentos

Conforme Lopes (2003), os empenamentos podem ser definidos como alterações na forma geométrica inicial da madeira que se manifestam durante o desdobro ou durante a secagem da madeira, devido às diferenças de retratibilidade radiais e tangenciais, características inerentes à madeira, ou a problemas de armazenamento. De forma geral, os empenamentos são classificados como encurvamento, encanoamento, arqueamento, torcimento, entre outros.

Considerando a distribuição das tensões no interior do tronco, as peças de madeira removidas na parte mais externa do tronco tenderão a diminuir de comprimento em resposta ao seu estado de tração, por outro lado, as peças removidas na parte mais interna do tronco, próximas à medula, tenderão a alongar-se, respondendo ao estado de compressão anterior, causando deformações na madeira serrada (GARCIA, 1995; LIMA *et al.*, 2004; TRUGILHO, 2005).

Em função das tensões de crescimento, durante o desdobro, há uma tendência das peças de madeira se curvarem, de modo que as extremidades se distanciem do centro da tora. Assim, quando essas deformações forem inevitáveis, deve-se selecionar que tipo de empenamento se pretende, sendo preferíveis os empenamentos no plano das faces, devendo-se evitar o empenamento na direção das bordas (PONCE, 1995).

3.5 MÉTODOS EMPREGADOS PARA O DESDOBRO DE EUCALIPTO

De acordo com Fagundes (2003), o desdobro caracteriza-se como o processo de redução das toras inteiras, por meio de cortes longitudinais, em porções menores que podem ser denominadas pranchas, tábuas ou peças de seção retangular ou quadradas.

Durante o processo de desdobro e de secagem, a madeira serrada de eucalipto requer alguns cuidados, principalmente, em função da presença de tensões de crescimento e de outras características como as propriedades físicas e mecânicas que dificultam o seu processamento. Geralmente, estas características são as principais responsáveis pelos baixos rendimentos no processamento da madeira, dando origem a rachaduras nas toras antes e durante o desdobro, a formação de cerne quebradiço, bem como outras deformações que surgem durante a secagem da madeira serrada. Além das características intrínsecas da espécie, existem outras características como a conicidade, a tortuosidade e o achatamento da seção transversal das toras, que também são determinantes para a obtenção de qualidade e rendimentos satisfatórios (FERREIRA *et al.*, 2004).

Conforme Garcia (1995), a produção de madeira serrada de eucalipto exige técnicas de desdobro que considerem as propriedades da matéria prima associadas aos equipamentos disponíveis, para garantir como resultado um bom rendimento a uma boa velocidade de avanço e, sobretudo, uma boa qualidade. Segundo Del Menezzi e Nahuz (1998b), diversas formas de desdobro têm sido empregadas para a madeira do gênero *Eucalyptus*, com destaque para o desdobro tangencial e o desdobro radial, que se caracterizam como os mais utilizados.

Rocha e Trugilho (2006) destacam que na escolha do método de desdobro a ser utilizado, a simples comparação de rendimentos de madeira serrada não pode ser efetuada, sem que seja definida uma combinação entre espécies e árvores. Porém, pode-se determinar qual é o método que produz menor quantidade de defeitos, não só no momento do desdobro, como também após a secagem.

Assim, para a melhoria da qualidade da madeira processada de *Eucalyptus* spp. é imprescindível a realização de testes com relação às técnicas de desdobro que possam ser utilizadas, porém estes estudos devem ser avaliados, sem deixar de

lado os aspectos relacionados com a produtividade das serrarias (ROCHA; TRUGILHO, 2006).

3.5.1 Desdobro tangencial

O desdobro tangencial consiste na obtenção de peças tangenciais às camadas de crescimento. No entanto, quando os cortes são efetuados próximos da medula, ou com orientação diametral, também são obtidas peças com face radial (FERREIRA *et al.*, 2004).

As técnicas de desdobro baseadas em cortes tangenciais simultâneos são as mais utilizadas para a madeira de eucalipto, proporcionando boa produtividade e boa precisão em relação à espessura de corte das tábuas (ROCHA, 2000). Segundo Acosta (1996), sempre que possível, deve-se dar preferência para as técnicas que utilizam cortes simultâneos, permitindo assim a liberação homogênea das tensões de crescimento.

Rocha e Tomaselli (2001) ao avaliarem o efeito do modelo de corte nas dimensões de tábuas serradas de *E. grandis* e *E. dunnii*, observaram que as tábuas tangencias, obtidas por meio de cortes simultâneos, quando comparadas com as tábuas radiais, apresentaram larguras superiores e comprimentos mais homogêneos, com menor variação em espessura.

De acordo com Garcia (1995), na maioria das vezes, os cortes tangenciais produzem tábuas curvadas no plano da face, defeito este, mais facilmente corrigido do que aquele apresentado pelas tábuas obtidas nos cortes radiais, em que as curvaturas desenvolvem-se no plano das bordas.

Segundo Fagundes (2003), o desdobro tangencial apresenta como características: maior praticidade e rendimento em madeira serrada, quando comparada ao método radial; utilização de toras de qualquer diâmetro; obtenção de superfícies com desenhos diferenciados (para madeiras com anéis de crescimento distintos); produção de peças serradas com menor contração em espessura e maior em comprimento; e obtenção de peças com tendência ao encanoamento.

3.5.2 Desdobro radial

O desdobro radial é caracterizado pela realização de cortes nos sentido radial da tora, de forma que as superfícies serradas apresentem a maior área possível na direção dos raios, o que normalmente reduz o número de deformações nas tábuas obtidas e lhes confere belo aspecto estético (Rocha, 2002).

Frequentemente, para a produção de peças radiais, utiliza-se no desdobro, a obtenção de pranchões tangenciais para posterior processamento radial. Durante o corte esses pranchões tendem a encurvar e quando os cortes radiais são efetuados, este encurvamento é convertido em arqueamento nas tábuas serradas (ROCHA; TRUGILHO, 2006).

De forma geral, o desdobro radial produz peças mais estáveis quanto à formação de defeitos, quando comparado com o desdobro tangencial. Entretanto as técnicas empregadas para obtenção de peças radiais apresentam limitações, já que estas só produzem peças serradas com largura satisfatória, quando são utilizadas toras de grandes diâmetros (ROCHA, 2000).

Conforme Fagundes (2003), o desdobro radial é muito pouco utilizado, pois em comparação com outros métodos, devido à excessiva movimentação da tora durante as operações de corte, este apresenta elevado custo operacional, além de baixa produção e menor rendimento em madeira serrada.

Como características das técnicas de desdobro radial destacam-se: aproveitamento de qualidades estéticas da madeira, como raios visíveis e grã; produção de peças serradas com maior retratibilidade em espessura e menor em largura; e obtenção de peças mais estáveis durante a secagem, menos suscetíveis ao encanoamento e ao fendilhamento (FAGUNDES, 2003).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 SELEÇÃO DAS ÁRVORES E TORAS

O material utilizado neste estudo foi coletado em um plantio comercial de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage com aproximadamente seis anos de idade e espaçamento inicial de 2,5 X 2,0 m, submetido a um desbaste seletivo por baixo com 20 % de intensidade. O referido povoamento florestal está localizado na propriedade da Empresa Floko Florestadora Koeche Ltda., no distrito de São Jorge, município de Cerro Negro (Figura 1), pertencente à região do Planalto Serrano, Estado de Santa Catarina.

O município de Cerro Negro localiza-se a uma altitude de 996 m acima do nível do mar e o clima é classificado como mesotérmico úmido, com verão fresco e temperatura média entre 5°C e 18°C, (GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA, 2011). O tipo de solo predominante é o Cambissolo álico TB (argila de atividade baixa) A húmico, de textura muito argilosa (EMBRAPA SOLOS, 1998).

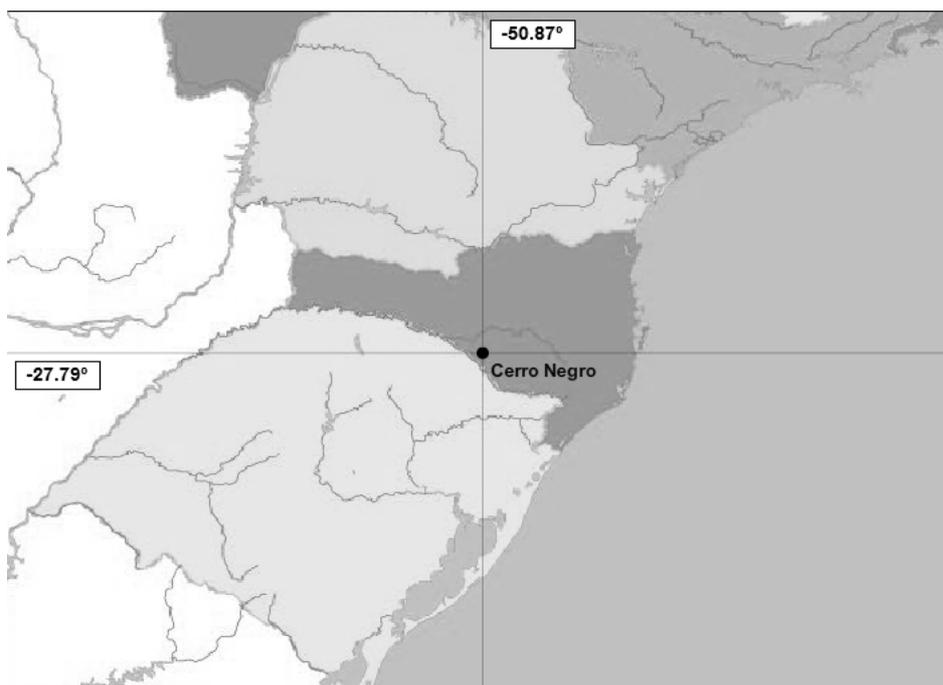


FIGURA 1 - LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA DA REGIÃO DE COLETA NO ESTADO DE SANTA CATARINA

FONTE: IBGE, 2012

O processo de seleção das árvores se deu de forma visual, considerando aspectos como: tronco cilíndrico e baixa incidência de galhos. Além dos aspectos visuais das árvores, os indivíduos também foram selecionados com base no DAP (diâmetro na altura do peito), cujo valor deveria atender as classes diamétricas utilizadas no presente trabalho (20 a 24,9 cm e 25 a 29,9 cm).

Após a seleção, as árvores foram abatidas e de sua porção basal foram retiradas as toras com dois comprimentos, sendo de 2,0 m, quando destinadas ao desdobro tangencial em bloco e ao desdobro radial, e 1,9 m, quando destinadas ao desdobro tangencial em bloco com face curva, em função da extensão dos carros porta toras utilizados nos métodos de desdobro. Posteriormente, estas foram divididas nas respectivas classes diamétricas e em seguida tiveram as suas extremidades pintadas para facilitar o trabalho na serraria, evitando a mistura do material entre os diferentes tratamentos.

Foram utilizadas 25 toras por classe, sendo sete para cada tratamento e quatro para a caracterização físico-mecânica, totalizando 50 toras (Tabela 3).

TABELA 3 - SEPARAÇÃO DA TORAS DE *Eucalyptus benthamii*, POR CLASSES DIAMÉTRICAS E MÉTODOS DE DESDOBRO

Utilização	Classe 1 (20 a 24,9 cm de Ø)	Classe 2 (25 a 29,9 cm de Ø)
Método 01	07	07
Método 02	07	07
Método 03	07	07
Caracterização físico-mecânica	04	04
Total	25	25

Onde: método 01= desdobro tangencial em bloco; método 02= desdobro tangencial em bloco com face curva; método 03= desdobro radial.

FONTE: O autor (2012)

4.2 QUANTIFICAÇÃO DO VOLUME DAS TORAS

Para a determinação do rendimento de madeira serrada por tratamento, das toras selecionadas para o desdobro, foram tomadas três medições de diâmetro com casca, sendo duas nas extremidades (ponta fina e ponta grossa) e uma na porção central. Por meio das medições de diâmetro, obteve-se o diâmetro médio, utilizado na determinação da área transversal da tora. Já para a obtenção do comprimento,

realizou-se apenas uma medida por tora. Assim, multiplicando-se a área transversal pelo comprimento obteve-se o volume individual das toras (Equação 1) (Apêndice 1).

$$V = \left(\frac{\pi \times D^2}{40000} \right) \times C \quad (1)$$

Onde:

V = volume da tora (m³);

D = diâmetro médio da tora (cm);

C = comprimento médio da tora (m).

4.3 AVALIAÇÃO QUALITATIVA DAS TORAS

4.3.1 Determinação da porcentagem de cerne

Na determinação da porcentagem de cerne foram avaliadas visualmente todas as toras a serem submetidas ao desdobro. As medidas de diâmetro externo (cerne + alburno + casca) e interno (cerne) foram obtidas com o auxílio de régua milimetrada nas duas extremidades das toras, através de medidas cruzadas. Assim, por meio da média aritmética da tomada das medidas do diâmetro externo e a média aritmética da tomada das medidas do diâmetro interno, foi determinada a porcentagem média que o diâmetro interno (cerne) (Equação 2) representou no conjunto das toras para as duas classes diamétricas avaliadas.

$$\% C = \frac{((DIM_{E1} + DIM_{E2}) / 2) \times 100}{((DEM_{E1} + DEM_{E2}) / 2)} \quad (2)$$

Onde:

% C = porcentagem de cerne;

DIM_{E1} = diâmetro interno médio na extremidade 1 (cm);

DIM_{E2} = diâmetro interno médio na extremidade 2 (cm);

DEM_{E1} = diâmetro externo médio na extremidade 1 (cm);

DEM_{E2} = diâmetro externo médio na extremidade 2 (cm);

4.3.2 Avaliação qualitativa das rachaduras de topo nas toras

A avaliação das rachaduras de topo nas toras foi realizada antes do desdobro, na face que apresentava a maior rachadura, conforme o procedimento utilizado por Sacanavaca Junior e Garcia (2003). Assim, as rachaduras foram avaliadas por meio de análise visual, considerando características como o comprimento, a largura e a profundidade. Com base nas variáveis consideradas, atribuiu-se um conceito para cada tora avaliada, que poderia ser definido como baixo, médio ou alto (Figura 2). Nesta etapa também foram observadas todas as toras selecionadas para o desdobro, o que permitiu observar a influência das classes diamétricas sobre a intensidade deste defeito.

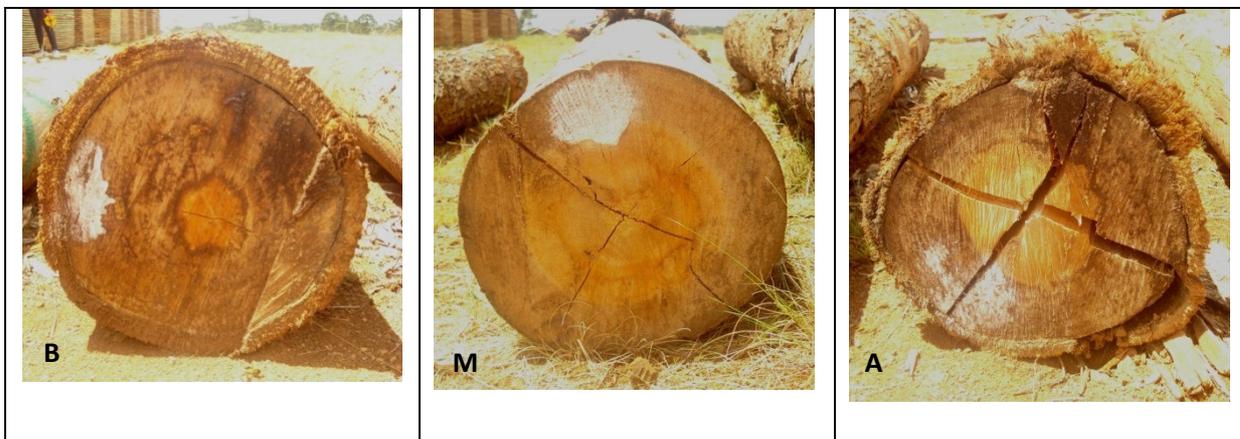


FIGURA 2 - AVALIAÇÃO DAS RACHADURAS

Onde: B= Baixo; M= Médio; A= Alto.

FONTE: O autor (2012)

4.4 DESDOBRO DAS TORAS

As toras foram submetidas aos três diferentes métodos de desdobro 72 horas após o abate das árvores, permitindo durante esse período a liberação de parte das tensões internas de crescimento da madeira.

4.4.1 Sistema de desdobro tangencial em bloco

Neste sistema de desdobro as toras passaram em uma linha com uma serra fita tandem, uma serra fita múltipla horizontal de dois cabeçotes e uma serra circular refiladeira dupla (Figura 3). Na serra fita tandem foram realizados quatro cortes alternados dois a dois, retirando-se as quatro costaneiras, transformando-se assim, as toras em blocos. Na serra fita múltipla horizontal os blocos foram convertidos em tábuas e as costaneiras foram reaproveitadas, obtendo-se, nos dois casos, peças com espessura nominal de 24 mm, sendo que as serras utilizadas apresentavam espessura de 1,3 mm. Na sequência, as peças resultantes do reaproveitamento das costaneiras passaram em uma serra circular refiladeira dupla para dimensionamento da largura e remoção da casca.

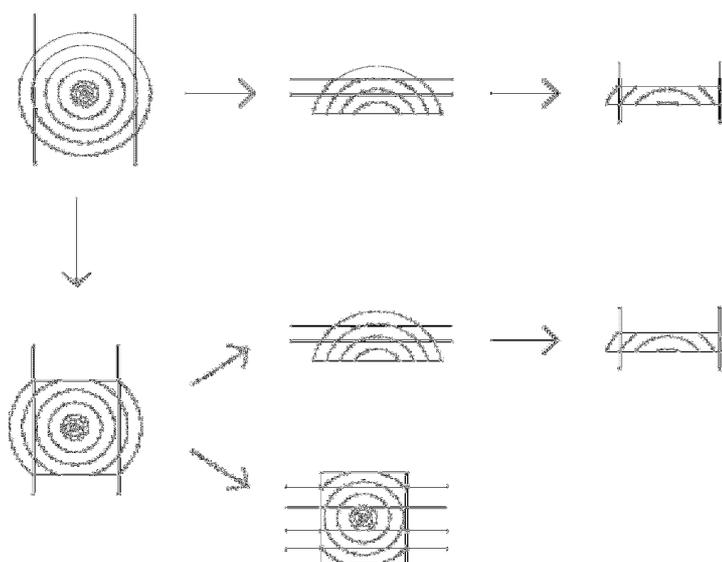


FIGURA 3 - MÉTODO DE DESDOBRO TANGENCIAL EM BLOCO
FONTE: O autor (2012)

4.4.2 Sistema de desdobro tangencial em bloco com face curva

O desdobro tangencial em bloco com face curva é muito semelhante ao desdobro tangencial em bloco, diferindo apenas no número de costaneiras retiradas inicialmente no processamento das toras. Sua utilização é muito comum no Sul do Brasil, incluindo a região do Planalto Serrano Catarinense. Por este motivo faz-se necessária a avaliação da sua viabilidade no desdobro de toras de *E. benthamii*.

No sistema de desdobro tangencial em bloco com face curva, as toras primeiramente, passam por uma serra fita horizontal, onde foi retirada uma costaneira da parte inferior da tora, visando maior estabilidade durante a realização dos cortes múltiplos. Em seguida, a peça obtida na fase anterior, foi encaminhada a uma serra fita geminada, retirando duas costaneiras laterais. Após a retirada destas costaneiras, o semi-bloco resultante passou por uma serra fita horizontal de quatro cabeçotes, sendo convertido em tábuas com espessura nominal de 25 mm. No reaproveitamento das costaneiras, estas foram refileadas em uma serra circular múltipla de um eixo e posteriormente passaram por uma serra fita com dois cabeçotes para a obtenção das tábuas (Figura 4). Nas operações de corte, com exceção da operação de refilo, as serras utilizadas apresentavam espessura de 1,1 mm.

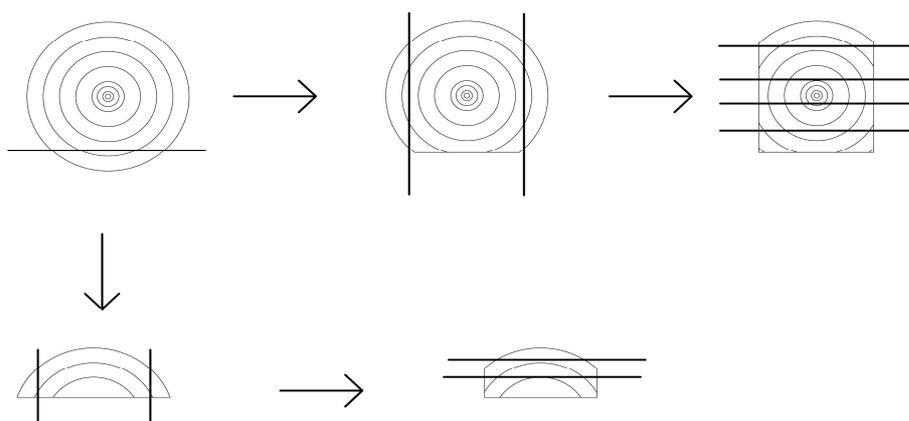


FIGURA 4 - MÉTODO DE DESDOBRO TANGENCIAL EM BLOCO COM FACE CURVA
 FONTE: O autor (2012)

4.4.3 Sistema de desdobro radial

Neste sistema, as toras passaram em uma linha com uma serra fita tandem, uma serra fita simples e uma serra circular refiladeira simples (Figura 5). Na serra fita tandem, considerando o diâmetro reduzido das toras, foram realizados dois cortes alternados. No primeiro corte se retirou uma costaneira de espessura reduzida, posteriormente descartada, visando uma maior estabilidade na realização do corte subsequente. Já no segundo, as toras foram divididas ao meio, através de um corte perpendicular àquele efetuado para a retirada da costaneira. Em seguida, as peças obtidas na etapa anterior passaram pela serra fita simples para a obtenção de tábuas com espessura nominal de 24 mm. Posteriormente, o método de desdobro foi concluído com a passagem das tábuas por um serra circular refiladeira para a retirada da casca.

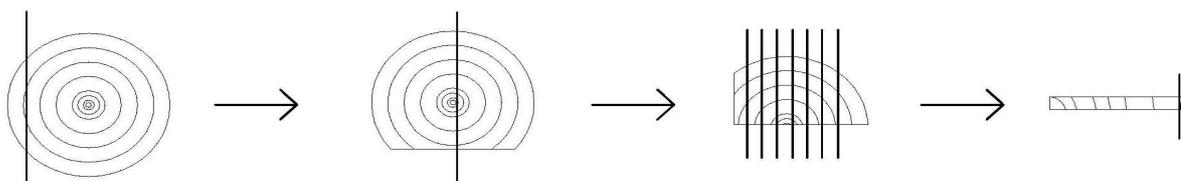


FIGURA 5 - MÉTODO DE DESDOBRO RADIAL
FONTE: O autor (2012)

4.5 MEDIÇÃO DAS TÁBUAS E DETERMINAÇÃO DO VOLUME DE MADEIRA SERRADA

Depois da conversão das toras em madeira serrada, todas as tábuas foram separadas em grupos de acordo com a classe diamétrica e o método de desdobro, para a medição das tábuas e a determinação do volume de madeira serrada verde por tratamento. O mesmo procedimento, novamente foi adotado após o processo de secagem da madeira, permitindo também, a obtenção das dimensões das tábuas e dos volumes de madeira serrada seca para os tratamentos avaliados.

Assim, em cada uma das tábuas, com o auxílio de paquímetro, foram realizadas as medições em milímetros da espessura e da largura em três pontos da

peça, sendo duas próximas às extremidades e uma na porção central. O comprimento foi obtido por uma única medição em metros, tomada com trena na parte central das tábuas. Neste processo, também foi mensurado o comprimento das rachaduras, utilizado na determinação do volume de madeira serrada verde e volume de madeira serrada seca livres de rachaduras.

Desta maneira, na determinação do volume individual total das tábuas foi utilizada a Equação 3.

$$V_t = e \times l \times c \quad (3)$$

Onde:

V_t = volume da tábua (m^3);

e = espessura média da tábua (m);

l = largura média da tábua (m);

c = comprimento da tábua (m).

Na obtenção do volume individual das tábuas livre de rachadura foi utilizada a Equação 4.

$$V_{sr} = e \times l \times (c - \sum r) \quad (4)$$

Onde:

V_{sr} = volume da tábua descontando as rachaduras (m^3);

e = espessura média da tábua (m);

l = largura média da tábua (m);

c = comprimento da tábua (m);

$\sum r$ = somatório do comprimento das rachaduras (m).

De posse dos resultados para os volumes individuais das tábuas, por meio do somatório, obteve-se o volume total de madeira serrada por tratamento e por condição de umidade (verde e seca).

4.6 AVALIAÇÃO DOS DEFEITOS

A avaliação dos defeitos foi realizada em conjunto com a tomada das dimensões das tábuas logo após o desdobro e também após o processo de secagem. Assim, além das características como comprimento, largura, espessura e rachaduras das tábuas, também foram determinados os empenamentos, para a determinação do arqueamento, encurvamento e encanoamento.

As medidas obtidas para as rachaduras das tábuas, com o auxílio de uma trena, foram utilizadas para a determinação do índice de rachaduras, determinado por meio da razão entre o somatório das medidas das rachaduras pelo comprimento da tábua (Equação 5).

$$IR = \frac{\sum r}{c} \times 100 \quad (5)$$

Onde:

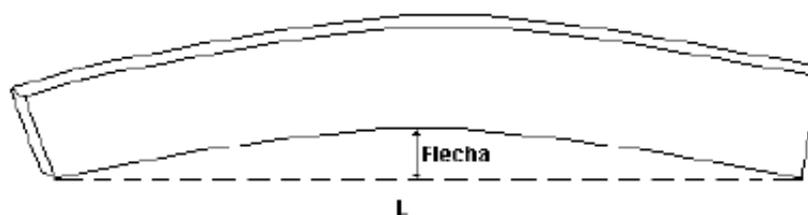
IR = índice de rachaduras (%);

$\sum r$ = soma das maiores rachaduras de topo em ambos os lados das tábuas (cm);

c = comprimento das tábuas (cm).

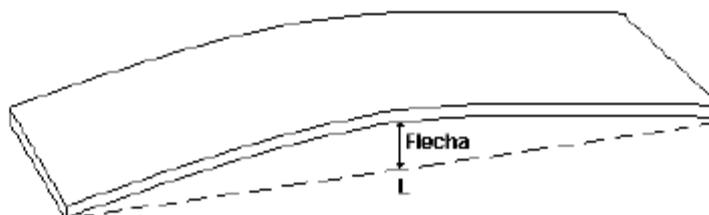
Para a determinação dos empenamentos, as tábuas foram colocadas sobre uma mesa plana, onde foram realizadas as medições. O comprimento das tábuas foi obtido com o auxílio de uma trena, enquanto as flechas produzidas pelos respectivos empenamentos foram mensuradas com régua milimetrada, sendo que para cada variável analisada foi tomada uma medida por tábua avaliada.

Deste modo, o encurvamento e o arqueamento foram expressos em relação ao comprimento da tábua, e sua medição realizada no ponto de maior ocorrência, conforme as figuras 6 e 7.



Flecha = Maior flecha (mm)
L = Comprimento real da peça (m)

FIGURA 6 - PROCEDIMENTO UTILIZADO NA MEDIÇÃO DO ARQUEAMENTO DAS TÁBUAS
FONTE: ROCHA, 2000



Flecha = Maior flecha (mm)
L = Comprimento real da peça (m)

FIGURA 7 - PROCEDIMENTO UTILIZADO NA MEDIÇÃO DO ENCURVAMENTO DAS TÁBUAS
FONTE: ROCHA, 2000

Após a medição, o arqueamento foi determinado utilizando-se a equação (6) abaixo:

$$A = \frac{f}{c} \quad (6)$$

Onde:

A = Arqueamento (mm/m);
f = Flecha de arqueamento (mm);
c = Comprimento da peça (m).

Já o encurvamento foi determinado por meio da seguinte equação (7):

$$Ev = \frac{f}{c} \quad (8)$$

Onde:

Ev = Encurvamento (mm/m);
f = Flecha de encurvamento (mm);

c = Comprimento da peça (m).

Quanto à determinação do encanoamento, o mesmo foi obtido pela curvatura da peça em função da sua largura, através da medida direta da maior flecha em milímetros (Figura 8).

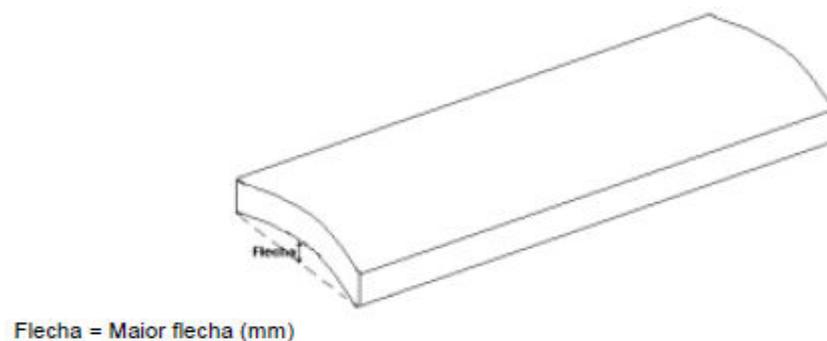


FIGURA 8 - PROCEDIMENTO UTILIZADO NA MEDIÇÃO DO ENCANOAMENTO DAS TÁBUAS
FONTE: ROCHA, 2000

4.7 SECAGEM DA MADEIRA

Após a medição dos volumes verdes, as tábuas foram separadas de acordo com cada tratamento e na sequência empilhadas para a secagem. O processo de secagem da madeira foi realizado de forma natural, em área coberta, nas instalações do Centro de Ciências Agroveterinárias (CAV) da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), no município de Lages.

A pilha de madeira foi construída sobre seis caibros de 150 mm de altura e sobre estes foram distribuídas as camadas de tábuas de maneira sistemática, de acordo com o tratamento, com o intuito de propiciar a todos as mesmas condições de secagem. As camadas foram separadas entre si por sarrafos separadores, para os quais se manteve o espaçamento de 300 mm, observando-se o alinhamento vertical. Ao término do empilhamento, sobre a mesma foi depositado o material descartado neste trabalho, devido, basicamente, à presença de casca ou espessura reduzida das peças serradas, visando reduzir as deformações nas peças distribuídas nas camadas superiores.

A secagem da madeira foi realizada em um período de 90 dias. As informações a respeito das condições meteorológicas (Apêndice 2) no período de

secagem foram fornecidas pela Estação Agrometeorológica do Centro de Ciências Agroveterinárias. Ao final do processo de secagem, por meio do método de pesagem ou gravimétrico, determinou-se o teor de umidade médio da madeira, cujo valor obtido foi de 17,50 %.

4.8 AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA

Como mencionando anteriormente, antes de serem submetidas ao desdobro, as toras passaram pelo processo de cubagem, quando foi determinado o volume bruto de madeira empregado em cada tratamento. Depois da conversão das toras em tábuas, foram determinados por tratamento o volume de madeira serrada total, o volume de madeira serrada livre de rachaduras, antes e após o processo de secagem.

Deste modo, utilizando como fórmula genérica a Equação 8, determinou-se por tratamento o rendimento bruto e o rendimento líquido (descontando as rachaduras) dos processos. Em todos os casos, o rendimento foi calculado tanto para madeira na condição verde, como para a madeira na condição seca.

$$R\% = \frac{\Sigma v}{V} \times 100 \quad (8)$$

Onde:

$R\%$ = rendimento do processo (%);

Σv = somatório do volume das tábuas obtidos no tratamento (m^3);

V = volume total das toras utilizadas no tratamento (m^3).

4.9 DETERMINAÇÃO DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS

Para a confecção dos corpos de prova utilizados na determinação das propriedades físicas e mecânicas foram selecionadas quatro toras por classe diamétrica. De cada uma das toras selecionadas foi retirado um semi bloco da parte central, com 8 cm de espessura contendo medula. Os semi blocos foram processados em vigas de 8 x 8 cm, sem medula e livre de defeitos e acondicionadas em câmara climática para secagem, das quais posteriormente foram retirados os corpos de prova de acordo com as normas utilizadas para cada propriedade.

4.9.1 Propriedades físicas

As propriedades físicas da madeira de *E. benthamii* determinadas no presente estudo foram a massa específica aparente e aparente básica, e os índices de contração, tendo como base a NBR 7190/97 – Projeto de Estruturas de Madeira. Para tanto, os corpos de prova foram saturados em água, posteriormente colocados em uma sala de climatização com as variáveis de temperatura e umidade relativa controlados, 20°C e 65%, respectivamente, até atingirem aproximadamente 12% de umidade e finalmente colocados em estufa a 103 +/-2°C até atingirem 0% de umidade. De posse das massas e das medidas nos três pontos mencionados, foram calculadas as variáveis de interesse.

4.9.2 Propriedades mecânicas

Os corpos de prova utilizados na determinação das propriedades mecânicas, inicialmente, da mesma forma que os de propriedades físicas, foram armazenados em ambiente climatizado até atingirem a umidade de equilíbrio de aproximadamente 12%. Posteriormente, foram submetidos aos ensaios mecânicos, em uma máquina universal de ensaios, para a obtenção das variáveis de interesse.

Na escolha das normas técnicas utilizadas para cada ensaio (Tabela 4), foram consideradas as dimensões estabelecidas para os corpos de prova, em função da baixa disponibilidade de material sem medula e livre de defeitos, após o processamento das vigas.

TABELA 4 - ENSAIOS MECÂNICOS REALIZADOS PARA A MADEIRA DE *E. benthamii*.

Ensaio mecânico	Nº de corpos-de-prova	Norma
Flexão estática	15	COPANT 555/1973
Compressão paralela às fibras	10	NBR 7190/97
Cisalhamento	10	NBR 7190/97
Dureza	10	NBR 7190/97

FONTE: O autor (2012)

4.10 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E ANÁLISE ESTATÍSTICA

Na avaliação deste trabalho foi utilizado delineamento inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 2 x 3, sendo testados seis tratamentos (duas classes diamétricas submetidas a três métodos de desdobro), com sete toras (repetições) para cada tratamento.

Como procedimento de análise dos resultados, foi realizada a análise de variância (ANOVA). Posteriormente, os resultados obtidos foram submetidos ao teste de comparação de médias, por meio do método de Tukey, a 95% de probabilidade.

Para a realização da análise de variância e o teste de médias, utilizou-se como ferramenta de trabalho o *software* Sisvar 5.1 Build 72[®].

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 PROPRIEDADES FÍSICAS

5.1.1 Massa Específica

Os resultados obtidos para a massa específica aparente e aparente básica do *E. benthamii* são apresentados na tabela 5.

TABELA 5 - MASSA ESPECÍFICA APARENTE E APARENTE BÁSICA PARA O *E. benthamii*

Propriedade	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação*
Massa específica aparente a 12% (g/cm ³)	0,61	0,06	10,62
Massa específica aparente a 0% (g/cm ³)	0,56	0,07	11,94
Massa específica aparente básica (g/cm ³)	0,52	0,04	8,22

* Resultados expressos em %.

FONTE: O autor (2012)

Para a massa específica aparente a 0%, verifica-se que o valor obtido para o *E. benthamii* foi ligeiramente inferior ao observado por França e Cunha (2012), que para mesma espécie e condição de umidade observaram a massa específica aparente de 0,63 g/cm³. Contudo os valores observados para esta espécie estão de acordo com os valores verificados para o gênero. Rocha (2000), avaliando duas espécies de eucalipto, observou os valores de 0,57 g/cm³ para o *E. grandis* e 0,77 g/cm³ para o *E. dunnii*. Já Rosso (2010), ao estudar as propriedades da madeira de *E. grandis* aos 27 anos de idade, verificou o valor de 0,46 g/cm³.

Sobre a massa específica aparente a 12 %, o resultado observado para o *E. benthamii*, do mesmo modo que para a massa específica aparente a 0%, também está dentro da faixa de valores observada para outras espécies de *Eucalyptus*, embora tenha sido inferior aos resultados obtidos por Rodrigues (2002), que ao estudar a madeira de *E. grandis*, *E. saligna* e *E. citriodora*, verificou valores entre 0,67 e 1,0 g/cm³. Entretanto, foi superior aos resultados observados por Lima e Garcia (2010), que estudando a madeira de *E. grandis* de 21 anos de idade, verificaram o valor de 0,49 g/cm³.

Já o valor médio de massa específica aparente básica observado neste estudo para o *E. benthamii* foi ligeiramente superior aos valores observados por outros autores para a mesma espécie. Pereira *et al.* (2000), estudando a madeira de *E. benthamii* de diferentes idades, verificaram aos quatro anos de idade a densidade básica média da árvore de 0,40 g/cm³, enquanto aos sete anos o valor observado foi de 0,47 g/cm³. Resultado semelhante a este estudo foi verificado por Bufolo *et al.* (2009), que para a espécie observou o valor de 0,50 g/cm³.

Quando comparada a outras espécies do gênero *Eucalyptus*, a massa específica básica do *E. benthamii* mostrou-se superior à demonstrada pelo *E. grandis* (0,45 g/cm³) (BATISTA *et al.*, 2010), e inferior à observada para o *E. citriodora* (0,73 g/cm³) (OLIVEIRA *et al.*, 2005), podendo ser classificada como mediana. Porém, em relação à maioria das espécies tropicais utilizadas na produção de serrados, a massa específica obtida para o *E. benthamii* é inferior. Alves *et al.* (2012), avaliando as propriedades físicas de oito espécies usadas em serrarias de Rio Branco no Acre, verificaram que o cedro (*Cedrela fissilis*) foi a única espécie que se enquadrou na classe de madeira leve com massa específica básica de 0,37 g/cm³, enquanto o tauari (*Couratari* spp.), a cerejeira (*Amburana acreana*), a castanharana (*Eschweilera odorata*) e a guariúba (*Clarisia racemosa*) apresentaram massa específica entre 0,56 e 0,66 g/cm³, obtendo classificação de madeira com densidade média, a medida que o cumarú-ferro (*Dipteryx odorata*), o bálsamo (*Myroxylon balsamum*) e a maçaranduba (*Manilkara* spp.) foram classificadas como madeiras pesadas, apresentando massa específica básica entre 0,75 e 0,99 g/cm³.

De tal modo, a madeira de *E. benthamii* é considerada uma madeira moderadamente pesada, podendo ser indicada como matéria prima para a indústria moveleira ou ainda, em alguns casos, para uso estrutural na construção civil. Contudo, para uma maior segurança na sua utilização, se faz necessário que sejam avaliadas também suas propriedades mecânicas antes de qualquer definição, pois de acordo com Silva (2002), a massa específica, quando analisada de forma isolada, não representa um bom e seguro parâmetro para uma definição de usos da madeira.

5.1.2 Contração

Os resultados obtidos para contração da madeira de *E. benthamii* (Tabela 6) estão de acordo com os observados por Higa e Pereira (2003), que ao estudarem os usos potenciais desta mesma espécie, verificaram os valores médios de 0,3%, 6,9%, 13,7% e 19,5% para as contrações longitudinal, radial, tangencial e volumétrica, respectivamente, além do fator anisotrópico, cujo valor observado foi 2,0.

TABELA 6 - CONTRAÇÃO LONGITUDINAL, RADIAL, TANGENCIAL E VOLUMÉTRICA PARA O *E. benthamii*

Propriedade	Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação*
Contração longitudinal (%)	0,53	0,15	29,92
Contração radial (%)	5,91	1,49	25,19
Contração tangencial (%)	13,87	5,49	39,59
Contração volumétrica (%)	18,52	6,64	35,84
Fator anisotrópico	2,36	0,64	27,28

* Resultados expressos em %.

FONTE: O autor (2012)

Em relação aos coeficientes de variação obtidos para os resultados de contração (Tabela 6), pode-se verificar que estes foram bastante elevados, demonstrando a heterogeneidade do lenho da espécie estudada, o que compromete diretamente a sua utilização nas aplicações que exigem uma maior estabilidade dimensional.

Quando comparada a outras espécies do gênero *Eucalyptus*, a contração longitudinal verificada para o *E. benthamii* mostra-se elevada. Silveira *et al.* (1999), ao avaliar o efeito do espaçamento sobre a variação dimensional de 12 clones híbridos naturais do gênero *Eucalyptus*, obtiveram para retratibilidade axial resultados compreendidos de 0,29 a 0,31%. Já Marchesan *et al.* (2005), ao estudar o *E. microcorys* com 28 anos de idade, obtiveram como valor médio 0,28%. Possivelmente, esta excessiva contração longitudinal observada para o *E. benthamii* esteja relacionada a presença de madeira juvenil (REMADE, 2012), principalmente quando considerada a idade do material estudado.

Sobre a contração radial, pode-se constatar que os valores observados para *E. benthamii* são próximos aos observados para outras espécies de eucalipto. Batista (2009), estudando a secagem convencional de clones de três espécies de eucalipto, observou valores entre 4,51 e 5,79% para o *E. saligna*, entre 4,37 e 4,67%

para o *E. grandis*, e entre 4,98 e 6,59% para o *E. dunnii*. Todavia, quando considerada a contração radial apresentada por madeiras tropicais utilizadas comercialmente, os valores observados pelo *E. benthamii* são consideravelmente altos. Araújo (2007), ao realizar uma revisão bibliográfica sobre as propriedades tecnológicas de madeiras tropicais, observou para a copaíba (*Copaifera langsdorfii*) a contração radial média de 4,1%, enquanto para a muiracatiara (*Astronium lecointei*), o mesmo autor, verificou a contração radial média de 4,6%.

Quanto ao índice de contração tangencial, verifica-se que o valor médio observado neste estudo está de acordo com os resultados obtidos por Oliveira *et al.* (2010), que avaliando a retratibilidade da madeira de sete espécies de eucaliptos com sete anos de idades encontrou valores entre 9,3 (*E. cloeziana*) e 15,5% (*E. paniculata*). Mas, em comparação aos valores observados para espécies tropicais, a contração tangencial verificada para o *E. benthamii*, mostra-se bastante elevada. Segundo Marchesan (2012), por exemplo, o jatobá (*Hymenaea coubaril*) apresenta em média uma contração tangencial em torno de 7,7 %.

Ao se avaliar a contração volumétrica, verifica-se que o resultado obtido para o *E. benthamii* está dentro dos limites observados para outras espécies do mesmo gênero. Gonçalves *et al.* (2009a), avaliando um híbrido clonal de *E. urophylla* x *E. grandis* de diferentes idades e tratamentos silviculturais, observaram índices de contração entre 15,24 e 21,76%. No entanto, apesar de se aproximar dos valores observados para outras espécies de *Eucalyptus*, a contração volumétrica observada para o *E. benthamii* é muito elevada, o que se torna mais evidente, quando considerados os valores apresentados pelas espécies mais comercializadas para a produção de serrados, como a itaúba (*Mezilaurus itauba*), cuja contração volumétrica é de 12,10% (REMADE, 2013).

Esta elevada contração volumétrica pode dificultar muito a utilização industrial do *E. benthamii*, sobretudo no que diz respeito ao processo de secagem da madeira, considerando a grande possibilidade de formação de defeitos. Além disso, estes defeitos podem ser ainda mais acentuados em função da grã irregular apresentada por esta espécie, que conhecidamente, tende a reduzir a resistência mecânica e aumentar a ocorrência de deformações de secagem.

A respeito do fator anisotrópico da madeira de *E. benthamii*, o valor médio obtido se aproxima do valor observado para outras espécies de *Eucalyptus* (SILVA; OLIVEIRA, 2003; LOPES, 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2010), mas é superior ao

observado para espécies tropicais como o jatobá (*Hymenaea* sp.) (KLITZKE *et al.*, 2008), o mogno (*Swietenia macrophylla*), a copaíba (*Copaifera* sp.) (IBAMA, 2013), a muiracatiara (*Astronium lecoentei*) e a muirapiranga (*Brosimum rubescens*) (MARCHESAN, 2012).

De acordo com Oliveira *et al.* (2010), o fator de anisotropia pode variar de 1,3 a 1,4 para madeiras muito estáveis a mais de 3 para espécies extremamente instáveis dimensionalmente, como ocorre para muitas espécies de *Eucalyptus*, principalmente quando se trata de árvores de rápido crescimento. Deste modo, o fator anisotrópico da madeira de *E. benthamii* é considerado alto, indicando, assim como a contração volumétrica, a grande propensão da madeira a formação de rachaduras e empenos.

5.2 PROPRIEDADES MECÂNICAS

Os resultados obtidos para as propriedades mecânicas da madeira de *E. benthamii* são apresentados na tabela 7 de acordo com o Sistema Internacional de Unidades (SI).

TABELA 7 - PROPRIEDADES MECÂNICAS PARA O *E. benthamii*

Propriedade		Média	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação*
Compressão paralela as fibras	f_{c0} (MPa)	37,34	7,83	20,96
	E_{c0} (MPa)	2565,00	735,00	28,66
Flexão Estática	f_M (MPa)	83,53	17,86	21,37
	E_{M0} (MPa)	9754,67	2805,68	28,76
Cisalhamento	f_v (MPa)	11,41	1,93	16,89
Dureza Janka	f_{H0} (N)	5632,94	1432,75	25,44
	$f_{H\text{ Radial}}$ (N)	5137,70	2077,05	40,42
	$f_{H\text{ Tangencial}}$ (N)	4137,43	1379,80	33,35

* Resultados expressos em %.

Onde: f_{c0} = resistência à compressão paralela às fibras; E_{c0} = módulo de elasticidade obtido no ensaio de compressão paralela às fibras; f_M = resistência à flexão estática; E_{M0} = módulo de elasticidade obtido no ensaio de flexão estática; f_v = resistência ao cisalhamento; f_{H0} = dureza da madeira na direção paralela às fibras obtida pelo método Janka; $f_{H\text{ Radial}}$ = dureza da madeira na direção radial obtida pelo método Janka; $f_{H\text{ Tangencial}}$ = dureza da madeira na direção tangencial obtida pelo método Janka.

FONTE: O autor (2012)

Quanto à compressão paralela às fibras, os resultados obtidos são consideravelmente inferiores aos apresentados pela ABNT (1997) na NBR 7190, para 17 espécies de eucaliptos, onde a resistência variou entre 40,3 MPa (*E. grandis*) a 78,5 MPa (*E. punctata*) e o módulo de elasticidade entre 12813 MPa (*E. grandis*) e 19881 MPa (*E. paniculata*). Essa menor resistência do *E. benthamii* à compressão paralela às fibras, pode estar relacionada com as características do material utilizado nos ensaios, que em função da idade, apresentava grande quantidade de madeira juvenil, que normalmente, tende a apresentar uma menor densidade e comprimento de fibras em relação à madeira adulta, afetando diretamente as propriedades físicas e mecânicas da madeira.

Contudo, pode-se verificar também, baixa resistência aos esforços de compressão paralela às fibras em materiais que apresentam maior percentual de madeira adulta. Lima e Garcia (2010), por exemplo, ao avaliarem a madeira de *E. grandis* aos 21 anos de idade, verificaram valores entre 35,23 e 61,09 MPa.

Sobre a flexão estática, verifica-se que os resultados observados estão de acordo com os obtidos por Gonçalves *et al.* (2009b), que ao avaliarem um híbrido clonal de *E. urophylla* e *E. grandis* em duas diferentes idades e provenientes de talhadia simples e reforma, observaram resistência à flexão estática variando de 82,95 a 83,21 MPa e módulo de elasticidade entre 9652 e 12781 MPa. No entanto, Vivian *et al.* (2012), observaram para o *E. grandis* aos 16 anos, resultados médios superiores aos observados no presente estudo, verificando uma resistência de 87,13 MPa e módulo de elasticidade de 11125 MPa.

Para a resistência ao cisalhamento, os valores observados são superiores aos obtidos por Lobão *et al.* (2004), que para o *E. grandis* verificaram a resistência de 7 MPa. Todavia resultados superiores são observados para outras espécies do gênero *Eucalyptus*. Rodrigues (2002), ao estudar o *E. grandis*, *E. saligna* e *E. citriodora*, observou como menor valor característico para a resistência ao cisalhamento 7,94 MPa, sendo que as demais avaliações apresentaram resultados variando entre 8,71 a 15,92 MPa. Neste mesmo sentido, Scanavaca Junior e Garcia (2004), observaram valores ainda mais elevados ao estudarem o *E. urophylla*, verificando como resultado médio 18,64 MPa.

Em relação à dureza janka, os resultados obtidos para as três faces da madeira são inferiores ao observado por Caixeta *et al.* (2003), que ao avaliarem 44 genótipos de eucaliptos, observaram como valor médio para a dureza 8178,75 N.

Resultados inferiores a estes foram verificados por Lima *et al.* (2004), que ao associar as tensões de crescimento em eucaliptos com outras propriedades, observaram resultados médios entre 5420 a 7267 N. Já Gonzalez *et al.* (2006), ao estudar a dureza longitudinal e a dureza média para as faces radiais e tangenciais, verificaram para o *E. grandis* os valores de 5207,33 N e 6511,62 N, respectivamente, enquanto para o *E. cloeziana* os valores observados foram de 11110,93 N e 11444,36 N.

De maneira geral, os resultados obtidos para as propriedades mecânicas do *E. benthamii*, quando considerados os valores apresentados por algumas espécies tropicais utilizadas na construção civil, como a itaúba (*Mezilaurus itauba*) e o jatobá (*Hymenaea* sp.) (REMADE, 2013), mostraram-se consideravelmente inferiores não devendo ser recomendado para usos estruturais pesados. Contudo, em aplicações menos exigentes em relação à resistência aos esforços de compressão e flexão, o *E. benthamii* pode ser indicado como matéria-prima complementar na construção civil, sendo indicado para aplicações internas, entre outras utilizações.

5.3 AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DAS TORAS

5.3.1 Porcentagem de cerne

As porcentagens de cerne verificadas para o *E. benthamii* (Tabela 8) se aproximam dos valores observados por Valle (2009), que ao avaliar as propriedades da madeira de dois híbridos naturais de *E. urophylla*, aos cinco anos de idade, observou porcentagens variando entre 25,75% a 41,10%. Já Alzate (2004), ao estudar clones de duas espécies e de um híbrido de *Eucalyptus*, todos com oito anos de idade, observou os valores médios de 44,55% para o *E. grandis*, de 32,00% para o *E. saligna* e de 35,76 % para o *E. grandis* x *E. urophylla*. Por outro lado, os valores observados para o *E. benthamii* são inferiores aos observados por Lopes *et al.* (2004), que para o *E. grandis* ao 27 anos idade, verificaram o percentual de 75,6%.

TABELA 8 - PORCENTAGEM DE CERNE NAS TORAS

Técnica de desdobro	Classe 1 (20 – 24,9 cm de Ø)	Classe 2 (25 – 29,9 cm de Ø)
Método 1	43,95%	46,44%
Método 2	41,86%	42,94%
Método 3	42,05%	42,60%
Média	42,62% ^a	44,32% ^a

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre as classes diamétricas pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade.

Onde: Método 1= desdobro tangencial em bloco; Método 2= desdobro tangencial em bloco com face curva; Método 3= desdobro radial.

FONTE: O autor (2012)

Diante do exposto, considerando a idade do material avaliado, verifica-se que os resultados obtidos para a porcentagem de cerne do *E. benthamii* estão de acordo com os padrões observados para outras espécies do mesmo gênero, incluindo aquelas que já vêm sendo utilizadas no Brasil para a produção de madeira serrada, o que se constitui num bom indicativo, em relação à utilização do *E. benthamii* para este mesmo fim.

De acordo com Haselein *et al.* (2004), o percentual de cerne e alborno na madeira auxilia na definição de seu uso nos produtos finais, visto que quanto maior o percentual de alborno na árvore, melhor será a sua capacidade de impregnação por produtos preservantes, ao passo que quanto maior for o percentual de cerne, melhor será a capacidade produtiva em madeira serrada com coloração uniforme.

Quanto a relação do diâmetro das toras com a porcentagem de cerne, embora se observe a elevação do percentual com o aumento da classe diamétrica, por meio da análise estatística (Apêndice 3) não foi verificada diferença significativa, o que se deve à amplitude das classes diamétricas utilizadas neste estudo, uma vez, que reconhecidamente, o percentual de cerne está relacionado ao diâmetro e a idade das árvores.

Miranda *et al.* (2005), estudando árvores de *E. globulus*, aos 18 anos de idade, constataram que os valores médios da porcentagem de cerne (59,1% e 66,7%), demonstraram correlação positiva com o diâmetro total das toras sem casca, concluindo que quanto maior for o diâmetro da árvore, maior será a porcentagem de cerne. Tendência semelhante foi observada por Evangelhista (2007), que ao estudar clones de *E. urophylla* com 6 e 8 anos de idade e *E. camaldulensis* aos 10 anos de idade, verificou que o primeiro apresentou maiores porcentagens de cerne em relação aos clones de *E. urophylla*, o que segundo o autor já era esperado, visto que

o *E. camaldulensis* passuía maior idade e com isso maior diâmetro, produzindo maior volume de madeira.

5.3.2 Rachaduras de topo das toras

As rachaduras de topo verificadas para o *E. benthamii* foram frequentes em todas as toras avaliadas (Tabela 9). Contudo, pode-se verificar a homogeneidade da intensidade deste defeito para as toras selecionadas entre os diferentes tratamentos.

TABELA 9 - CLASSIFICAÇÃO QUALITATIVA DAS RACHADURAS DE TOPO DAS TORAS

Técnica de desdobro	Classe 1 (20 – 24,9 cm de Ø)			Classe 2 (25 – 29,9 cm de Ø)		
	Baixo (%)	Médio (%)	Alto (%)	Baixo (%)	Médio (%)	Alto (%)
Método 1	14,29	71,42	14,29	14,29	57,14	28,57
Método 2	14,29	57,14	28,57	42,86	42,86	14,29
Método 3	14,29	71,42	14,29	57,14	42,86	0,00
Média	14,29^a	66,66^a	19,05 ^a	38,08^a	47,62^b	14,29 ^a

* Médias seguidas de mesma letra não diferem estatisticamente entre as classes diamétricas pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade.

Onde: Método 1= desdobro tangencial em bloco; Método 2= desdobro tangencial em bloco com face curva; Método 3= desdobro radial.

FONTE: O autor (2012)

Quanto a ocorrência de rachaduras de topo observada para as toras da espécie supracitada, independente do método de desdobro a ser utilizado, verifica-se que esta tende a reduzir o rendimento em madeira serrada, embora não comprometa totalmente a sua utilização. Estes resultados também são muito comuns para outras espécies do gênero *Eucalyptus*, devido às tensões internas de crescimento presentes na madeira.

Segundo Hillis e Brown (1978), as tensões internas de crescimento são liberadas durante a colheita das árvores, ou até uma semana depois, provocando a formação de rachaduras no topo das toras. Essas rachaduras ocorrem principalmente em espécies de eucaliptos de crescimento rápido, podendo ocasionar reduções superiores a 50% no rendimento em madeira serrada (HILLIS; BROWN, 1984 citado por LIMA *et al.*, 2007).

Em relação à influência da classe diamétrica, a análise estatística (Apêndice 4) realizada para os resultados médios, demonstrou diferença significativa entre o

percentual de toras da classe 1 e da classe 2 que tiveram o conceito médio atribuído às suas rachaduras de topo, que quando analisados em conjunto com os resultados referentes ao conceito baixo, apresentaram uma redução da intensidade de rachaduras de topo com a elevação do diâmetro das toras.

Considerando que a maior ou menor intensidade das rachaduras de topo estão relacionadas aos níveis de tensões internas de crescimento, verifica-se que a tendência observada em relação à classe diamétrica das toras, está de acordo com os resultados obtidos por Trugilho *et al.* (2004), que ao avaliarem o efeito da classe diamétrica sobre os níveis de tensões de crescimento em árvores de *E. dunnii*, verificaram uma correlação negativa entre essas duas variáveis, de modo que com o aumento do diâmetro das árvores verificou-se a redução dos efeitos das tensões internas de crescimento. Essa mesma tendência também foi descrita por Shield (1995) e verificada por Miranda e Nahuz (1999).

Já Scanavaca Junior e Garcia (2003), ao avaliarem a influência das tensões de crescimento no rendimento em madeira serrada de *E. urophylla* com 19 anos de idade, observaram que não houve correlação entre o diâmetro e as rachaduras nas extremidades das toras, concluindo que não houve correlação do diâmetro com as tensões de crescimento. Resultados semelhantes foram verificados por Lima *et al.* (2007), que ao estudarem o *E. grandis*, também não observaram diferenças significativas entre as duas classes diamétricas consideradas (25 – 30 cm e 30 – 35 cm).

Por outro lado, Santos *et al.* (2004), afirmam que além das tensões internas de crescimento, as rachaduras de topo também são influenciadas pelos fatores ambientais e pelos processos tecnológicos. Neste sentido, Aguiar e Jankowsky (1986), avaliando métodos para a liberação das tensões de crescimento e de secagem de toras de *E. grandis* com 13 anos de idade, verificaram a influência do método de armazenamento adotado, observando que quando as toras eram armazenadas ao ar, expostas às condições de ambiente e sem proteção dos raios solares, do mesmo modo como foi realizado no presente estudo, elas imediatamente entravam em processo de secagem, ocasionando retrações da parte externa das toras, provocando o aparecimento de rachaduras.

5.4 AVALIAÇÃO DOS DEFEITOS

5.4.1 Arqueamento

A intensidade de arqueamento verificada para as tábuas verdes de *E. benthamii* (Tabela 10), de forma geral, está de acordo com o observado para outras espécies do gênero *Eucalyptus*. Amparado (2008), ao estudar as características de madeira serrada de *E. saligna* logo após o desdobro, visando a obtenção de peças predominantemente tangenciais, observou o arqueamento médio de 3,56 mm/m. Valores próximos foram obtidos por Rosso (2006), que avaliando os defeitos em tábuas tangenciais de *Corymbia citriodora*, *E. grandis* e *E. saligna*, verificou intensidades de arqueamento médio variando de 2,9 a 4,11 mm/m. Contudo, Matos *et al.* (2003), estudando diferentes técnicas para redução de tensões na madeira de *E. dunnii* aos 13 anos de idade, verificaram uma menor intensidade deste defeito, observando valores compreendidos entre 0,38 e 1,56 mm/m.

TABELA 10 - RESULTADOS DE ARQUEAMENTO VERIFICADOS EM TÁBUAS NAS DIFERENTES CONDIÇÕES DE UMIDADE

Técnica de desdobro	Verde				Seca			
	Classe 1 (20 – 24,9 cm de Ø)		Classe 2 (25 – 29,9 cm de Ø)		Classe 1 (20 – 24,9 cm de Ø)		Classe 2 (25 – 29,9 cm de Ø)	
	Arqueamento médio (mm/m)	% de peças						
Método 1	4,21 ^{A a}	65,00	3,48 ^{AB a}	68,09	5,09 ^{A a}	82,5	6,76 ^{A a}	91,49
Método 2	2,08 ^{B a}	64,10	2,47 ^{B a}	60,00	5,28 ^{A a}	92,31	5,09 ^{A a}	66,15
Método 3	5,92 ^{A a}	84,48	4,94 ^{A a}	80,82	7,93 ^{B a}	87,93	5,53 ^{A b}	79,45

* Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na vertical e minúscula na horizontal, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade quando considerada a mesma condição de umidade.

Onde: Método 1= desdobro tangencial em bloco; Método 2= desdobro tangencial em bloco com face curva; Método 3= desdobro radial.

FONTE: O autor (2012)

Quanto aos fatores considerados, não foi verificada diferença significativa entre as classes diamétricas avaliadas (Apêndice 5), indicando que esta variável não exerceu influência sobre a intensidade de arqueamento em tábuas verdes. Porém, ao se analisar a influência dos métodos de desdobro, observa-se que estatisticamente, o método de desdobro tangencial em bloco com face curva apresentou o menor arqueamento médio (2,08 mm/m) em comparação aos métodos

tangencial em bloco (4,21 mm/m) e radial (5,92 mm/m), quando considerada a classe de menor diâmetro. Já para a classe de maior diâmetro, foi verificada a ocorrência de diferença estatística, apenas entre o método de desdobro tangencial em bloco com face curva (2,47 mm/m) e o método de desdobro radial (4,94 mm/m), para o qual foi observada a maior intensidade deste defeito. De tal maneira, verifica-se que as maiores intensidades de arqueamento, independente da classe diamétrica foram observadas para o método de desdobro radial.

Os resultados observados para o desdobro radial se devem à preparação da tora, que ao ser seccionada ao meio, ainda na passagem pela serra, produziu peças encurvadas. Assim, quando estas foram processadas radialmente, o encurvamento passou a ser o arqueamento nas tábuas. Este mesmo comportamento também foi observado por outros autores ao avaliarem a mesma técnica de desdobro (SHARMA *et al.*, 1988, citado por DEL MENEZZI; NAHUZ, 1998a; ROCHA; TRUGILHO, 2006).

O que ocorre é que o desdobro das toras provoca o encurvamento das peças devido à liberação das tensões de crescimento, deste modo, as peças obtidas se curvam de maneira que as suas extremidades se distanciam do centro da tora, posição em que ocorre o gradiente máximo de tensão. Por isso, é importante selecionar o tipo de empenamento que se pretende, uma vez que, normalmente os cortes tangenciais produzem tábuas mais curvadas no plano das faces, defeito este facilmente contornável, enquanto os cortes radiais produzem peças curvadas no plano das bordas, difíceis de serem corrigidas (PONCE, 1995).

Sobre a ocorrência deste defeito em tábuas verdes, o mesmo foi frequente em todos os tratamentos, com destaque para os tratamentos que utilizaram o desdobro radial, para os quais foram verificados os maiores percentuais de ocorrência (84,48 e 80,82%) seguindo a tendência observada para a intensidade de arqueamento média. Resultados semelhantes foram observados por Rocha (2000), que ao avaliar a influência do método de desdobro sobre a intensidade de defeitos na madeira serrada verde, constatou que a maior ocorrência de arqueamento se deu nas tábuas originadas pelo método de desdobro radial, com percentuais que variaram entre 75,03%, para a madeira de *E. dunnii*, e 90,57 %, para a madeira de *E. grandis*. Por outro lado, ao se considerar os resultados obtidos pelo mesmo autor para o desdobro tangencial, cuja ocorrência variou de 4,40% para o *E. dunnii* e 6,22% para o *E. grandis*, observa-se que os resultados obtidos para o *E. benthamii* (65,00 e 68,09%) foram consideravelmente elevados, o que pode estar relacionado

com a não utilização de técnicas para a redução das tensões de crescimento e à idade do material analisado.

Depois do processo de secagem das tábuas (Figura 9), pôde-se observar uma acentuada elevação na intensidade do arqueamento média, sendo inclusive verificada diferença estatística significativa para a maioria dos tratamentos avaliados (Apêndice 6). Esta elevação da manifestação do arqueamento, também pode ser observada em relação à porcentagem de peças que apresentaram o defeito (Tabela 10). Comportamento semelhante foi observado por Rosso (2006), que verificou um aumento, porém discreto, na ocorrência e intensidade do arqueamento durante a secagem de peças serradas de eucalipto.

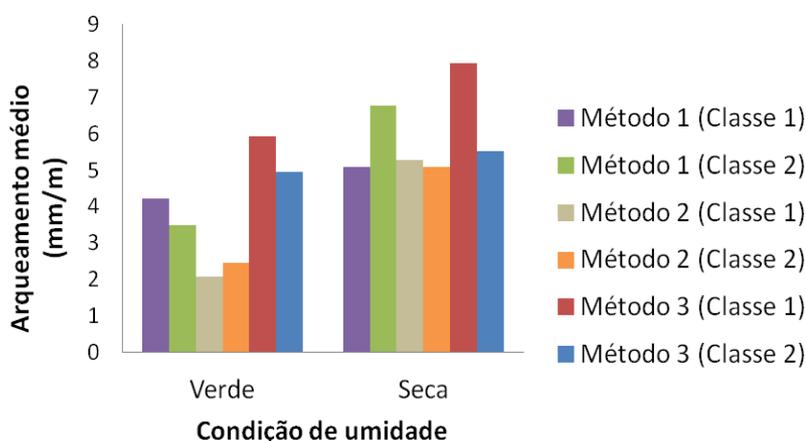


FIGURA 9 – ARQUEAMENTO MÉDIO VERIFICADO EM CADA TRATAMENTO

Onde: Método 1= desdobro tangencial em bloco; Método 2= desdobro tangencial em bloco com face curva; Método 3= desdobro radial.

FONTE: O autor (2012)

Por outro lado, Rocha e Tomaselli (2002), avaliando dois métodos de desdobro para o *E. dunnii* e o *E. grandis*, observaram que após a secagem o número de peças que apresentaram arqueamento manteve-se muito próximo do que foi observado para as tábuas na condição verde, contudo ao analisarem as flechas de arqueamento, verificaram que estas aumentaram em relação à primeira avaliação, realizada após o desdobro.

A respeito do efeito da classe diamétrica (Apêndice 7), somente foi verificada diferença estatística para o método de desdobro radial, para o qual foram observadas as maiores intensidades de arqueamento na classe de menor diâmetro

(Tabela 10). Entretanto, considerando os resultados obtidos para os métodos tangenciais, não foi possível determinação de uma tendência para esta variável.

Sobre o efeito do método de desdobro, dentre todos os tratamentos avaliados, somente o desdobro radial, quando considerada a classe de menor diâmetro, diferiu estatisticamente dos demais (Apêndice 7), apresentando a maior intensidade de arqueamento (7,93 mm/m). Já a menor intensidade verificada (5,09 mm/m) foi observada para o desdobro tangencial em bloco na classe diamétrica 1, e para o desdobro tangencial em bloco com face curva na classe diamétrica 2 (Tabela 10).

A maior intensidade de arqueamento verificada para o desdobro radial pode estar relacionada, não só com a preparação das toras para desdobro, conforme mencionado anteriormente, mas também com a largura das tábuas, uma vez que o desdobro radial produziu peças muito mais estreitas do que aquelas produzidas pelas técnicas de desdobro tangenciais. Segundo Del Menezzi *et al.* (2001), mecanicamente, as peças mais largas são muito mais resistentes ao arqueamento do que as peças mais estreitas, sendo que as tensões de secagem agem na largura das peças. Assim, as peças mais largas tem muito mais resistência ao arqueamento, pois apresentam inércia maior do que a de peças estreitas.

Todavia, deve-se observar que as intensidades de arqueamento verificadas nos desdobros tangenciais, também foram bastante elevadas, se aproximando daquelas observadas para o desdobro radial (Figura 9). Isso ocorreu devido à abertura das tábuas ocasionadas pela formação de rachaduras, principalmente quando estas foram retiradas próximas à medula.

De maneira geral, considerando os diferentes métodos de desdobro e as classes diamétricas avaliadas, verifica-se que o arqueamento observado, afetou a qualidade das tábuas de *E. benthamii*, o que comercialmente, ocasionaria o descarte de algumas peças, afetando o rendimento final do processo produtivo. No entanto, visando à amenização destes efeitos, as tábuas que apresentarem arqueamento demasiado, podem ser seccionadas transversalmente, resultando em peças de menor comprimento, com arqueamento reduzido, permitindo assim o seu aproveitamento.

Nesse sentido, alguns autores relatam e recomendam a utilização de outras técnicas que visam à prevenção ou a redução do arqueamento. Del Menezzi *et al.* (2001), avaliando a eficiência do método serrar-secar-resserrar (SSR) na produção

de madeira serrada de *E. cloeziana* e *E. grandis*, verificaram uma redução considerável na frequência e intensidade de arqueamento, recomendando a utilização deste método no desdobro de toras de eucaliptos. Por outro lado, Simula e Tissari (1998) citados por Rocha (2000), afirmam que o arqueamento em eucaliptos pode ser reduzido durante a secagem, empilhando-se a madeira com pesos nas extremidades das pilhas ou utilizando-se um sistema de restrição para segurar o material durante o acondicionamento ou vaporização no final da secagem.

5.4.2 Encurvamento

O encurvamento foi verificado em todos os tratamentos para as tábuas na condição verde (Tabela 11), sendo que os valores obtidos para a intensidade (3,15 a 5,52 mm/m) e a ocorrência (71,23 a 80%) deste defeito mostraram-se compatíveis aos valores obtidos por outros pesquisadores. Del Menezzi e Nahuz (1998b), ao avaliarem tábuas tangenciais e radiais de *E. grandis*, verificaram intensidades de encurvamento entre 3,65 mm/m, para primeira tora, e 4,43 mm/m, para a segunda tora, a medida que a frequência deste defeito variou entre 87,3 e 88,5%, respectivamente. Valores próximos foram obtidos por Ferreira *et al.* (2004), que ao estudar a influência de métodos de desdobros tangenciais sobre a qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus*, verificaram encurvamentos variando de 2,9 a 3,2 mm/m.

TABELA 11 - RESULTADOS DE ENCURVAMENTO VERIFICADOS EM TÁBUAS NAS DIFERENTES CONDIÇÕES DE UMIDADE

Técnica de desdobro	Verde				Seca			
	Classe 1 (20 – 24,9 cm de Ø)		Classe 2 (25 – 29,9 cm de Ø)		Classe 1 (20 – 24,9 cm de Ø)		Classe 2 (25 – 29,9 cm de Ø)	
	Encurvamento médio (mm/m)	% de peças						
Método 1	4,96 ^{Aa}	80,00	3,15 ^{Ab}	72,34	4,21 ^{Ba}	90,00	4,11 ^{Ba}	87,23
Método 2	5,52 ^{Aa}	74,36	3,58 ^{Ab}	73,85	6,16 ^{Aa}	92,31	7,26 ^{Aa}	78,46
Método 3	5,20 ^{Aa}	75,86	4,00 ^{Aa}	71,23	5,93 ^{Aa}	94,83	4,56 ^{Bb}	93,15

* Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na vertical e minúscula na horizontal, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade quando considerada a mesma condição de umidade.

Onde: Método 1= desdobro tangencial em bloco; Método 2= desdobro tangencial em bloco com face curva; Método 3= desdobro radial.

FONTE: O autor (2012)

Quando considerados os encurvamentos verificados nas tábuas verdes produzidas pelos desdobros tangenciais, observa-se que o desdobro tangencial em bloco com face curva produziu tábuas com encurvamentos mais elevados em relação àquela produzidas no desdobro tangencial em bloco, embora esses dois sistemas sejam bastante semelhantes (Tabela 11). Estes resultados foram ocasionados pela forma como as costaneiras foram retiradas, pois enquanto no sistema tangencial em bloco estas foram serradas simultaneamente duas a duas, no sistema tangencial em bloco com face curva, os cortes simultâneos só foram utilizados na retirada das duas primeiras costaneiras, o que não ocorreu para as demais, retiradas em etapas diferentes, impedindo assim, o alívio homogêneo das tensões de crescimento no interior do bloco.

A respeito da influência do diâmetro (Apêndice 8), quando consideradas as tábuas verdes, verifica-se que estatisticamente para os métodos de desdobro tangenciais, houve redução significativa das flechas de encurvamento com a elevação do diâmetro das toras (Tabela 11). O mesmo, também foi observado para o desdobro radial. Entretanto, neste caso, a diferença verificada entre as classes diamétricas foi apenas numérica e não estatística. Este comportamento está de acordo com os resultados obtidos na avaliação qualitativa das rachaduras de topo das toras, que indicaram uma correlação negativa entre as tensões internas de crescimento e o diâmetro das toras. Tendência semelhante também foi descrita por Hillis e Brown (1978), que afirmaram que diâmetros maiores produzem volumes de madeira serrada proporcionalmente mais elevados, com peças mais estáveis em relação aos empenamentos, do que em relação aos diâmetros menores, devido ao comportamento das tensões internas de crescimento. Por outro lado, Lima (2005), pesquisando sobre a influência do desbaste e da adubaçã na qualidade da madeira serrada de *E. grandis*, ao avaliar a intensidade do encurvamento em tábuas na condição verde, não observou diferenças significativas entre as classes de diâmetro utilizadas.

Comportamento semelhante ao verificado neste estudo para a intensidade de encurvamento na condição verde, foi observado em relação ao número de peças úmidas que apresentaram este defeito, uma vez, que para todos os métodos de desdobro avaliados constatou-se também a diminuição da frequência de encurvamento com o aumento da classe diamétrica.

Já ao se considerar os resultados da análise estatística sobre a intensidade de encurvamento na condição verde em função do método de desdobro utilizado (Apêndice 8), verifica-se que este não apresentou diferença estatística significativa para esta característica, embora se esperasse que as tábuas tangenciais, em relação as radiais, apresentassem maior intensidade deste defeito. Segundo Pandey *et al.* (1984) citado por Del Menezzi e Nahuz (1998a), durante o desdobro tangencial a parte interior da tábua que está sob compressão, tende a se alongar com o corte, enquanto a parte exterior, sob tração tende a encurtar, provocando o encurvamento das tábuas para fora da tora. Contudo, resultados semelhantes aos observados para o *E. benthamii* também foram verificados por outros autores ao avaliarem outras espécies de eucaliptos. Rocha (2000), por exemplo, ao estudar o desdobro de *E. grandis* e *E. dunnii*, verificou que o encurvamento foi mais pronunciado em tábuas radiais do que em tangencias, independente do teor de umidade considerado na avaliação.

Após a secagem das tábuas, embora não tenha sido observada diferença estatística significativa (Apêndice 9), verificou-se a elevação da intensidade de encurvamento (Figura 10). O mesmo também pode ser verificado com relação a frequência deste defeito (Tabela 11). O que possivelmente ocorreu em função do gradeamento utilizado na secagem, uma vez que o volume total de madeira serrada produzido pelos três métodos foi pequeno, deste modo, mesmo que todas as tábuas produzidas tenham sido dispostas em uma única pilha para a secagem, a pressão exercida sobre as camadas de tábuas, não foi suficiente para reduzir o encurvamento, que segundo Del Menezzi *et al.* (2001) pode ser evitado ou reduzido através da uniformidade do desdobro e do gradeamento correto durante o processo de secagem. No entanto, o encurvamento observado ainda pode ser reduzido, submetendo-se novamente as tábuas ao processo de secagem mediante a aplicação de cargas transversais (GARCIA, 1995).

De forma geral, verifica-se que a intensidade e frequência de encurvamento em tábuas secas (Tabela 11), foram superiores aos observados por Del Menezzi *et al.* (2001), que ao avaliarem uma técnica de desdobro que produzia peças radiais e tangenciais, observaram intensidades de encurvamento para o *E. cloeziana* de 3,40 e 3,80 mm/m, com frequências de 93,3 e 84,5%. Já para o *E. grandis*, os mesmos autores, verificaram intensidades de encurvamento de 2,01 e 3,30 mm/m e frequências de 85,7 e 83,9%.

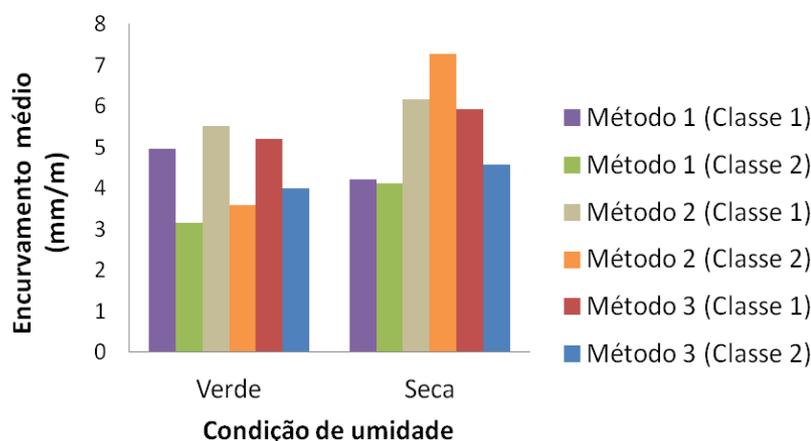


FIGURA 10 – ENCURVAMENTO MÉDIO VERIFICADO EM CADA TRATAMENTO

Onde: Método 1= desdobro tangencial em bloco; Método 2= desdobro tangencial em bloco com face curva; Método 3= desdobro radial.

FONTE: O autor (2012)

Sobre a análise estatística (Apêndice 10), diferentemente do que foi constatado para a madeira úmida, não foi possível a determinação de uma tendência para a intensidade de encurvamento de tábuas secas em função da classe diamétrica, de modo que para esta variável, praticamente não se observou entre os tratamentos diferença significativa. No entanto, esta pôde ser observada entre os métodos de desdobro, visto que os melhores resultados foram obtidos no desdobro tangencial em bloco, com intensidades de encurvamento de 4,21 e 4,11 mm/m, seguidos pelos do desdobro radial, com intensidades de encurvamento de 5,93 e 4,56 mm/m, enquanto os piores resultados foram constatados no desdobro tangencial em bloco com face curva, para o qual as intensidades observadas foram de 6,16 e 7,26 mm/m (Tabela 11).

Os resultados observados para o desdobro tangencial em bloco com face curva ocorreram em função da posição das tábuas na grade de secagem, pois por estas apresentarem um comprimento menor em comparação com as tábuas obtidas nos outros dois métodos, devido às características dos equipamentos utilizados no desdobro, foram dispostas na porção mais alta da grade, para evitar o tombamento da mesma. Então, sobre a grade foi depositado o material rejeitado neste trabalho, com o intuito de exercer pressão sobre as camadas de tábuas mais superiores, visando a redução e contenção dos empenamentos. No entanto, como pode ser constatado, o peso do material disposto sobre a pilha não foi suficiente para controlar o encurvamento das tábuas produzidas pelo desdobro tangencial em bloco

com face curva. Assim, neste caso, os resultados observados se devem mais às condições de secagem da madeira do que ao método de desdobro utilizado.

5.4.3 Encanoamento

O encanoamento não foi verificado em tábuas verdes, o que já era esperado, uma vez que a formação deste defeito está relacionada com a diferença de contração entre as faces das tábuas, processo que normalmente ocorre durante a perda de umidade da madeira. Essa mesma tendência também foi observada por outros autores (Rocha, 2000; Rocha; Trugilho; 2006).

Após a secagem das tábuas, o encurvamento foi verificado em todos os tratamentos, com intensidades compreendidas entre 1,41 e 9,95 mm (Tabela 12). Calonego e Severo (2007), realizando estudos semelhantes, observaram para a madeira de *E. grandis*, aos 30 anos de idade, intensidades de encanoamento de 1,21 e 4,41mm. Enquanto, Carvalho e Nahuz (2002), ao avaliarem a madeira serrada de um híbrido de *E. grandis* e *E. urophylla*, aos sete anos de idade, observam o encanoamento médio de 0,96 mm.

TABELA 12. RESULTADOS DE ENCANOAMENTO VERIFICADOS EM TÁBUAS NA CONDIÇÃO SECA

Técnica de desdobro	Seca			
	Classe 1 (20 – 24,9 cm de Ø)		Classe 2 (25 – 29,9 cm de Ø)	
	Encanoamento médio (mm/m)	% de peças	Encanoamento médio (mm/m)	% de peças
Método 1	2,18 ^{Ba}	37,50	3,51 ^{Ba}	46,81
Método 2	4,38 ^{Ab}	71,79	9,95 ^{Aa}	83,01
Método 3	1,41 ^{Ba}	32,76	2,73 ^{Ba}	57,53

* Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na vertical e minúscula na horizontal, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade.

Onde: Método 1= desdobro tangencial em bloco; Método 2= desdobro tangencial em bloco com face curva; Método 3= desdobro radial.

FONTE: O autor (2012)

A respeito da interferência do diâmetro sobre a intensidade de encanoamento (Apêndice 11), apesar de se observar a elevação deste defeito com o aumento da classe diamétrica, não se verifica diferença estatística significativa entre os tratamentos avaliados, exceto para o método de desdobro tangencial em bloco com face curva (Tabela 12). Contudo, vale destacar, que a elevação da intensidade

de encurvamento em função do aumento do diâmetro das toras, está relacionada com a largura das tábuas produzidas no desdobro, visto que quanto maior a largura, maior tende a ser a contração neste sentido durante a secagem, principalmente quando consideradas as tábuas produzidas no desdobro tangencial, o que pode ser observado quando analisados os resultados obtidos para os métodos de desdobro.

Quanto à influência das técnicas de desdobro, verifica-se que o método tangencial em bloco com face curva, para as duas classes diamétricas estudadas, diferiu significativamente ao nível de 95% de probabilidade dos demais métodos de desdobro testados, apresentando os piores resultados (Tabela 12). Este comportamento se deve às tábuas retiradas próximas da face curva do bloco, que por terem sido retiradas da região mais externa, apresentaram faces mais tangenciais, o que proporcionou uma maior contração das tábuas, dando origem ao encanoamento. Além disso, assim como foi observado para o encurvamento, a posição das tábuas na grade de secagem também interferiu na intensidade deste defeito. Comportamento semelhante foi observado por outros autores. Rocha (2000), ao avaliar a intensidade de encanoamento para duas espécies de eucaliptos, verificou que o *E. dunnii* apresentou as maiores intensidades em relação ao *E. grandis*, atribuindo estes resultados à posição das tábuas na grade de secagem, uma vez que as tábuas de *E. dunnii* foram depositadas sobre as de *E. grandis*. Neste sentido, Ponce (1995) destaca que o encanoamento é comum em algumas espécies de eucaliptos, entretanto, pode ser contornado através do gradeamento adequado durante a secagem da madeira.

Em relação aos melhores resultados, apesar de não diferir estatisticamente do desdobro tangencial em bloco, destaca-se o desdobro radial, para o qual foram observadas as menores intensidades de encurvamento (Figura 11). O mesmo foi observado por Rocha e Trugilho (2006), que ao avaliarem os métodos de desdobro tangencial e radial, verificaram a menor intensidade deste defeito nas tábuas radiais, concluindo que o encanoamento é um defeito típico de tábuas tangenciais.

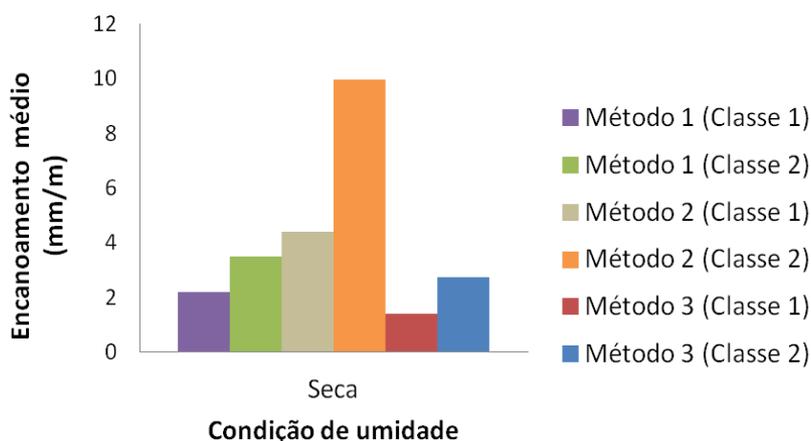


FIGURA 11 – ENCANOAMENTO MÉDIO VERIFICADO EM CADA TRATAMENTO

Onde: Método 1= desdobro tangencial em bloco; Método 2= desdobro tangencial em bloco com face curva; Método 3= desdobro radial.

FONTE: O autor (2012)

5.4.4 Rachaduras

A ocorrência de rachaduras em tábuas verdes foi frequente em todos os tratamentos avaliados (Tabela 13), principalmente quando considerados os resultados obtidos para a menor classe diamétrica, que de forma geral, apresentou os maiores percentuais, exceto para o método de desdobro tangencial em bloco.

TABELA 13. RACHADURAS EM TÁBUAS NAS DIFERENTES CONDIÇÕES DE UMIDADE

Técnica de desdobro	Verde				Seca			
	Classe 1 (20 – 24,9 cm de Ø)		Classe 2 (25 – 29,9 cm de Ø)		Classe 1 (20 – 24,9 cm de Ø)		Classe 2 (25 – 29,9 cm de Ø)	
	Índice de rachaduras médio (%)	% de peças	Índice de rachaduras médio (%)	% de peças	Índice de rachaduras médio (%)	% de peças	Índice de rachaduras médio (%)	% de peças
Método 1	31,25 ^{Aa}	87,50	38,36 ^{Aa}	95,74	37,71 ^{Ab}	90,00	52,57 ^{Aa}	100,00
Método 2	18,65 ^{Ba}	89,74	11,42 ^{Bb}	67,69	27,08 ^{ABa}	94,87	17,92 ^{Ba}	76,92
Método 3	11,88 ^{Ba}	86,21	07,51 ^{Ba}	61,64	17,22 ^{Ba}	86,21	14,69 ^{Ba}	73,97

* Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na vertical e minúscula na horizontal, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade considerando a mesma condição de umidade.

Onde: Método 1= desdobro tangencial em bloco; Método 2= desdobro tangencial em bloco com face curva; Método 3= desdobro radial.

FONTE: O autor (2012)

De forma geral, os valores observados para o índice de rachaduras médio de tábuas verdes de *E. benthamii* estão dentro dos padrões observados para outras espécies do gênero *Eucalyptus* após o desdobro. Trugilho (2005), avaliando tábuas

tangenciais de clones de eucalipto entre oito e 19 anos idade, verificou o índice de rachaduras médio de 9,2%. Já Souza *et al.* (2012), observaram para o *E. grandis* aos 14 anos de idade, valores médios de 15,1% e 23,7%. Contudo, Haselein *et al.* (2004), trabalhando também com *E. grandis*, mas com 27 anos de idade, observaram o índice médio de 63,56%.

Sobre a análise estatística (Apêndice 12), considerando-se as tábuas verdes, pode-se verificar que com exceção do método de desdobro tangencial em bloco com face curva, que apresentou uma redução do índice médio de rachaduras com o aumento da classe diamétrica, para os demais tratamentos, não foi observada diferença mínima significativa entre as classes diamétricas (Tabela 13). Comportamento semelhante foi observado por Del Menezzi e Nahuz (1998b) ao trabalharem com o *E. grandis*. No entanto, Calonego e Severo (2005), estudando o efeito do diâmetro de toras na magnitude das tensões de crescimento em tábuas de *E. grandis*, verificaram que o comprimento médio das rachaduras nas tábuas foi significativamente diferente entre as três classes de diâmetro de toras avaliadas, concluindo que quanto maior é o diâmetro das toras, maiores são os índices de comprimento de rachaduras nas tábuas durante o desdobro.

Quanto aos métodos de desdobro avaliados, verifica-se a interferência destes sobre o índice de rachaduras médio em tábuas verdes, observando-se os piores resultados para o método de desdobro tangencial em bloco, principalmente quando consideradas as peças que continham medula, sendo o único a apresentar diferença estatística significativa entre as técnicas de desdobro estudadas, mesmo quando consideradas as classes de maior e menor diâmetro (Tabela 13). Porém, ainda que não tenha sido constatada diferença estatística entre os métodos de desdobro tangencial em bloco com face curva e desdobro radial, constata-se que o último apresentou os melhores resultados, obtendo índices de rachaduras médios de 11,8% e 7,51%. Este comportamento está de acordo com o observado por Rocha (2000), que ao avaliar a interferência de diferentes fatores sobre a porcentagem de rachaduras na madeira serrada *E. grandis* e de *E. dunnii*, verificou que o fator de maior influência foi o método de desdobro empregado, observando os maiores índices deste defeito para o desdobro tangencial e os menores para o desdobro radial.

Sobre os resultados obtidos após o processo de secagem natural das tábuas (Tabela 13), embora para a grande maioria dos tratamentos não tenha sido

observada diferença estatística significativa (Apêndice 13), verifica-se a elevação da intensidade das rachaduras. O mesmo foi observado por Severo (2000), ao avaliar a qualidade de secagem de peças serradas de *E. dunnii*, de 16 anos de idade. Lima (2005), avaliando a qualidade da madeira serrada de *E. grandis*, também verificou aumento no comprimento das rachaduras nas tábuas secas em relação as tábuas verdes, concluindo que além da perda de parte do comprimento da tábua ocorrer devido aos efeitos da liberação das tensões de crescimento durante o desdobro, outras perdas podem ser ocasionadas durante a secagem, devido a um efeito complexo e combinado das tensões de crescimento com as tensões de secagem.

Com a secagem natural, tendo-se como base os resultados obtidos para as tábuas verdes, observa-se que o aumento dos índices de rachadura médios foi superior ao observado por outros autores. Santos *et al.*(2004), observou em tábuas tangencias de *E. grandis* após a secagem, a elevação no índice médio de rachaduras em torno de 4,63%. Já Carvalho e Nahuz (2002), avaliando a madeira de um híbrido entre o *E. grandis* e o *E. urophylla*, verificaram elevação no índice de rachaduras inferior a 1%.

Por meio da análise estatística (Apêndice 14), assim como ocorreu para as tábuas verdes, após a secagem praticamente não foi observada diferença significativa entre as classes diamétricas, a não ser para o método de desdobro tangencial em bloco, que apresentou elevação no índice de rachaduras com o aumento da classe diamétrica. Para os demais métodos, ainda que a diferença não tenha sido significativa, observa-se que os maiores índices de rachaduras médios foram obtidos na menor classe diamétrica (Figura 12).

A respeito da interferência dos métodos de desdobro sobre os índices de rachaduras em tábuas secas, os resultados da análise estatística (Apêndice 14) também foram muito semelhantes aos obtidos para as tábuas verdes, verificando-se apenas diferença significativa para o desdobro tangencial em bloco, para o qual, mais uma vez, foram observados os maiores índices de rachaduras. Já os menores índices, mesmo que de forma não significativa, continuaram a ser observados para o desdobro radial (Tabela 13).

Provavelmente este comportamento está relacionado às rachaduras de topo das toras, uma vez que as toras de maior diâmetro selecionadas para o desdobro tangencial em bloco apresentaram um percentual maior de rachaduras classificadas como altas, quando comparadas à classe de menor diâmetro. Lima *et al.* (2002) ao

estudarem tensões de crescimento em madeira de eucalipto, verificaram que as rachaduras de extremidade das toras respondem por até 50% das rachaduras em peças serradas, exercendo influência razoável sobre a intensidade deste defeito.

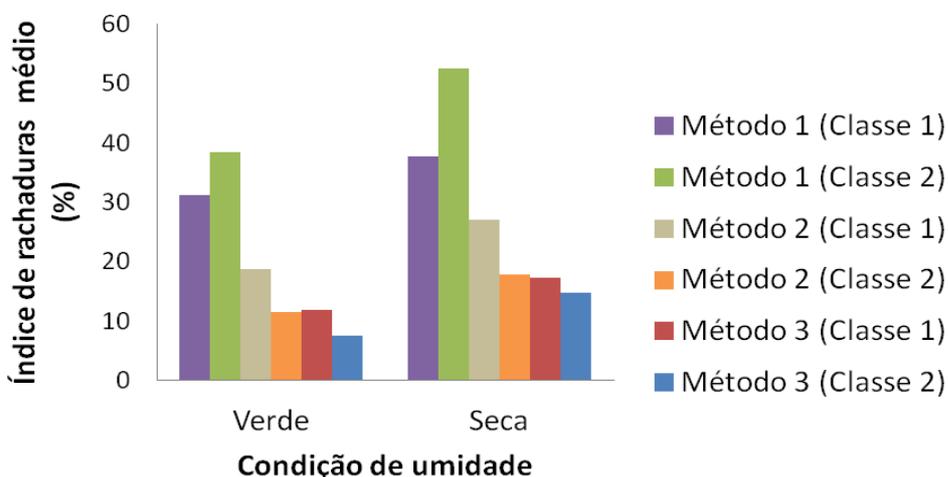


FIGURA 12 – ÍNDICE DE RACHADURA MÉDIO VERIFICADO EM CADA TRATAMENTO
 Onde: Método 1= desdobro tangencial em bloco; Método 2= desdobro tangencial em bloco com face curva; Método 3= desdobro radial.
 FONTE: O autor (2012)

Outra possível causa destes resultados pode ser a largura das peças serradas, considerando que as peças mais largas foram produzidas no desdobro tangencial em bloco e as mais estreitas no desdobro radial. Posto que, de acordo Calonego e Severo (2005), normalmente as tábuas mais estreitas são constituídas por um único tipo de lenho, diferentemente das tábuas mais largas, que tendem a apresentar os lenhos juvenil e adulto, aumentando a heterogeneidade da madeira, tornando-a mais propensa à formação de rachaduras.

5.5 AVALIAÇÃO DAS DIMENSÕES DAS TÁBUAS

Neste item serão discutidos apenas os resultados obtidos para a largura e a espessura das tábuas produzidas, uma vez que em função da não realização da operação destopo em todos os métodos de desdobro avaliados, o comprimento total

das tábuas não sofreu variação alguma, se equivalendo ao comprimento das toras aplicadas no desdobro.

5.5.1 Largura

Os resultados obtidos para a madeira serrada na condição verde (Tabela 14) demonstram que as tábuas obtidas nos desdobros tangenciais apresentam larguras médias superiores às tábuas obtidas no desdobro radial, demonstrando inclusive, diferença estatística significativa ao nível de 95% de probabilidade (Apêndice 15).

TABELA 14. LARGURA DAS TÁBUAS NAS DIFERENTES CONDIÇÕES DE UMIDADE

Método de desdobro	Verde				Seca			
	Classe 1 (20 – 24,9 cm de Ø)		Classe 2 (25 – 29,9 cm de Ø)		Classe 1 (20 – 24,9 cm de Ø)		Classe 2 (25 – 29,9 cm de Ø)	
	Largura média (mm)	CV (%)						
Método 1	128,24 ^{A b}	32,3	158,96 ^{A a}	25,9	116,40 ^{A b}	33,7	143,92 ^{A a}	30,1
Método 2	129,17 ^{A a}	20,9	114,58 ^{B b}	29,9	115,93 ^{A a}	23,8	101,48 ^{B a}	32,6
Método 3	67,70^{B b}	20,4	78,87^{C a}	23,6	60,90^{B a}	21,1	70,53^{C a}	26,2

* Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na vertical e minúscula na horizontal, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade considerando a mesma condição de umidade.

Onde: Método 1= desdobro tangencial em bloco; Método 2= desdobro tangencial em bloco com face curva; Método 3= desdobro radial.curva; Método 3= desdobro radial; CV= coeficiente de variação.

FONTE: O autor (2012)

Verifica-se também, através da análise estatística (Apêndice 15), a influência da classe diamétrica sobre a largura média das tábuas verdes, observando-se para a maioria dos métodos o aumento da largura média com a elevação do diâmetro (Tabela 14), exceto para o método de desdobro tangencial em bloco com face curva, o que deve ter ocorrido muito provavelmente devido à falhas dos operadores na regulagem do equipamento utilizado na preparação das toras, mais especificamente, na retirada das duas primeiras costaneiras.

Os resultados observados após a secagem (Tabela 14) demonstram mais uma vez a influência da técnica de desdobro sobre a largura das tábuas (Apêndice 16), sendo que quando considerada a largura média, observa-se que os métodos de desdobro tangenciais demonstraram resultados superiores aos observados para o

método de desdobro radial, indicando que na realização deste último método devem ser empregadas toras de maior diâmetro, considerando o número de subdivisões necessárias para a obtenção das tábuas radiais. Contudo deve-se destacar, que conforme mencionado anteriormente, as tábuas tangenciais que continham medula, apresentaram elevados índices de rachaduras, comprometendo, na maioria dos casos, o seu aproveitamento.

A maior viabilidade da utilização de técnicas de desdobro tangencias no processamento de toras de baixo diâmetro, também é evidenciada pela figura 13, demonstrando que mais de 50% das tábuas produzidas neste método apresentavam larguras entre 90,1 e 160 mm, enquanto para o desdobro radial a maior parte das tábuas, entre 80,8 e 96,6% apresentou larguras variando entre 20 e 90 mm, o que acabou resultando também em um menor coeficiente de variação.

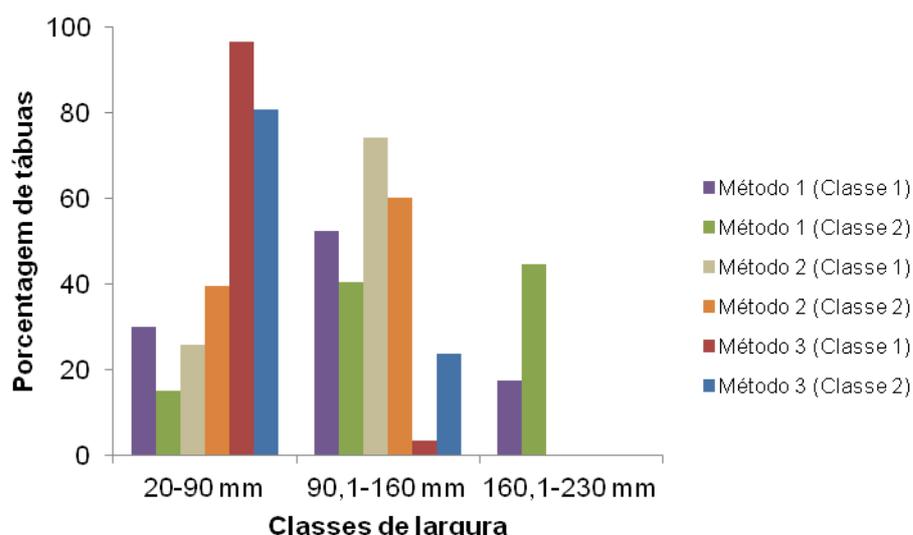


FIGURA 13 - FREQUÊNCIA POR CLASSES DE LARGURA DE TÁBUAS APÓS A SECAGEM

Onde: Método 1= desdobro tangencial em bloco; Método 2= desdobro tangencial em bloco com face curva; Método 3= desdobro radial.

FONTE: O autor (2012)

Assim, é possível verificar que a grande maioria das peças produzidas pelo desdobro radial, apresentaram larguras consideravelmente reduzidas, o que restringe, em parte, a sua utilização. De tal maneira, como alternativa de uso para as tábuas radiais produzidas neste estudo, tem-se a produção de painéis colados, já que estes são produzidos com régua de largura variando entre 50 e 90 mm, requerendo normalmente peças de maior estabilidade.

Fagundes (2003) destaca que o emprego do desdobro radial é pouco viável em toras de diâmetros reduzidos, sendo indicada a sua aplicação apenas para as toras com diâmetro superior a 50 cm, principalmente quando consideradas as subdivisões da tora necessárias para obtenção de tábuas com faces verdadeiramente radiais. Já Vital (2008) destaca que normalmente os problemas encontrados no desdobro de tábuas tangenciais podem ser evitados quando é utilizada a técnica de cortes radiais, porém esta técnica só é facilmente empregada em toras com diâmetro superior a 100 cm. Neste contexto, Rocha e Tomaselli (2001) ao desdobrarem toras de *E. grandis* e *E. dunnii* de duas classes diamétricas (19 a 24 cm e 25 a 30 cm), avaliando as técnicas de desdobro tangencial e radial, verificaram que a utilização do desdobro radial em toras com os diâmetros utilizados, levou a uma produção de grande quantidade de tábuas com larguras inferiores a 100 mm, se constituindo num fator limitante para a sua comercialização.

Sobre os resultados obtidos para as classes diamétricas (Apêndice 16), verifica-se que após a secagem, esta teve a sua influência reduzida em relação a largura média das tábuas, não sendo mais observada diferença estatística significativa para a maioria dos métodos de desdobro utilizados (Tabela 14), embora de modo geral, numericamente os resultados obtidos para a classe diamétrica 2 mostraram-se superiores àqueles verificados para a classe diamétrica 1.

5.5.2 Espessura

Para a avaliação da influência dos métodos de desdobro e até mesmo da classe diamétrica sobre a espessura das tábuas, foi considerada a diferença observada (Tabela 15) entre a espessura média obtida em cada tratamento e a espessura nominal adotada para o método de desdobro, uma vez que, devido às possibilidades de ajuste dos equipamentos utilizados no processamento das toras, houve a necessidade de se estabelecer espessuras nominais diferentes entre os métodos de desdobro avaliados. Assim, no desdobro tangencial em bloco com face curva os ajustes foram realizados visando a obtenção de peças com espessura nominal de 25 mm, enquanto no desdobro tangencial em bloco e no desdobro radial, a espessura nominal adotada foi de 24 mm.

TABELA 15. ESPESSURA DAS TÁBUAS NAS DIFERENTES CONDIÇÕES DE UMIDADE

Método de desdobro	Verde						Seca					
	Classe 1 (20 – 24,9 cm de Ø)			Classe 2 (25 – 29,9 cm de Ø)			Classe 1 (20 – 24,9 cm de Ø)			Classe 2 (25 – 29,9 cm de Ø)		
	Esp. média (mm)	CV (%)	≠ média da esp. nominal (%)	Esp. média (mm)	CV (%)	≠ média da esp. nominal (%)	Esp. média (mm)	CV (%)	≠ média da esp. nominal (%)	Esp. média (mm)	CV (%)	≠ média da esp. nominal (%)
Método 1	23,89	7,6	5,72 ^{Ba}	23,99	4,1	3,14 ^{Ba}	21,93	7,8	10,08 ^{Aa}	21,38	5,6	10,92 ^{Ba}
Método 2	25,20	5,5	4,17 ^{Ba}	24,81	6,3	4,76 ^{Ba}	22,09	4,7	11,65 ^{Aa}	21,45	8,6	14,20 ^{Aa}
Método 3	28,10	8,8	17,60^{Aa}	27,51	9,8	16,30^{Aa}	25,91	9,3	10,41 ^{Aa}	25,28	11,8	11,36 ^{ABa}

* Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na vertical e minúscula na horizontal, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade considerando a mesma condição de umidade.

Onde: Método 1= desdobro tangencial em bloco; Método 2= desdobro tangencial em bloco com face curva; Método 3= desdobro radial; Esp.= espessura; CV= coeficiente de variação.

FONTE: O autor (2012)

De tal modo, com base na diferença observada entre a espessura média das tábuas verdes e a espessura nominal adotada para cada método de desdobro, verifica-se a grande influência dos equipamentos utilizados, visto que nos desdobros tangenciais, cujos blocos foram processados em serras múltiplas, foram observadas as menores diferenças (Tabela 15), ao passo que no desdobro radial, no qual as tábuas foram obtidas utilizando-se serra de corte único, as diferenças registradas foram estatisticamente superiores (Apêndice 17). Além disso, considerando os coeficientes de variação, pode-se observar que as tábuas produzidas nos desdobros tangenciais apresentaram espessuras mais uniformes do que aquelas produzidas no desdobro radial, para o qual foi observada uma maior heterogeneidade entre as tábuas produzidas.

Resultados semelhantes foram obtidos por Rocha (2000), que ao avaliar o desdobro de *E. grandis* e *E. dunnii*, verificou que no caso do desdobro tangencial, as variações na espessuras das tábuas ocorreram em níveis sensivelmente inferiores ao desdobro radial, atribuindo como causa destes resultados os equipamentos utilizados. Segundo Garcia (1995), as técnicas que utilizam cortes sucessivos, realizados em serras de corte único, como foram utilizadas neste estudo para obtenção de tábuas radiais, não devem ser indicadas no desdobro da madeira do gênero *Eucalyptus*, pois após a retirada de cada tábua, o bloco remanescente tende a se deformar por flexão, resultando na desuniformidade da espessura da próxima peça a ser serrada.

Outro fator que pode ter influenciado na maior variação da espessura das tábuas obtidas no desdobro radial foi a tensão inadequada da serra fita utilizada. De acordo com Sandvik Steel (1999), uma tensão elevada da serra fita, em relação a uma mais reduzida, tende a produzir dimensões muito mais precisas das tábuas, no

entanto para o ajuste adequado da tensão se faz necessário observar as recomendações do fabricante do equipamento utilizado.

A respeito da classe diamétrica, os resultados obtidos demonstram que esta variável não influenciou na espessura das tábuas na condição verde quando consideradas as diferenças verificadas entre a espessura média e a espessura nominal, não sendo observada diferença estatística significativa entre os tratamentos (Apêndice 17).

Considerando-se a análise estatística (Apêndice 18), verifica-se que os resultados obtidos para espessura das tábuas após a secagem mantiveram a mesma tendência observada na condição verde, demonstrando novamente a forte influência dos métodos de desdobros e dos equipamentos utilizados, o que pôde ser melhor observado através da distribuição de frequência das tábuas nas classes de espessura (Figura 14).

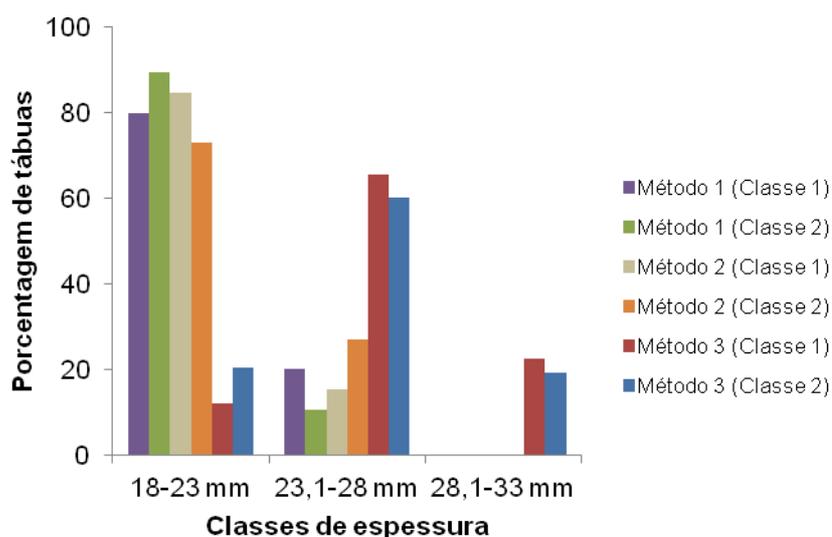


FIGURA 14. FREQUÊNCIA POR CLASSES DE ESPESSURA DE TÁBUAS APÓS A SECAGEM
Onde: Método 1= desdobro tangencial em bloco; Método 2= desdobro tangencial em bloco com face curva; Método 3= desdobro radial.
FONTE: O autor (2012)

Avaliando-se a frequência das tábuas por classes de espessura após a secagem verifica-se uma maior uniformidade das tábuas produzidas nos desdobros tangenciais, em relação àquelas produzidas no desdobro radial. Esta uniformidade, também pode ser observada quando considerados os coeficientes de variação obtidos para cada tratamento, verificando-se novamente os valores mais elevados para as tábuas radiais, que além dos equipamentos utilizados, com base na sua

elevação em comparação as tábuas verdes, podem ter sido provocados também pela contração desigual das tábuas em espessura, que normalmente tende a apresentar-se mais elevada nas tábuas radiais do que nas tábuas tangenciais, devido ao comportamento anisotrópico da madeira.

5.6 AVALIAÇÃO DO RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA

5.6.1 Rendimento total

Os rendimentos totais médios na condição verde obtidos pelos diferentes tratamentos (de 35,33 a 43,44%) (Tabela 16), de modo geral, se aproximam dos rendimentos verificados por outros autores para espécies do gênero *Eucalyptus*. De acordo com Acosta (1995), na Argentina em sistemas rústicos de desdobro de eucalipto, o rendimento médio oscila entre 30 e 35%, sendo muito frequente nestes casos o descarte das costaneiras. Já no Brasil, Ferreira *et al.* (2004), utilizando métodos de desdobro tangencial, observaram rendimentos entre 47,5 e 51,5%, enquanto Carvalho e Nahuz (2002), desdobrando toras com diâmetro da base superior a 20 cm, verificaram o rendimento médio de 41,71%.

TABELA 16 - RENDIMENTOS TOTAIS MÉDIOS

Técnicas de desdobro	Verde		Seca	
	Classe 1 (20 – 24,9 cm de Ø)	Classe 2 (25 – 29,9 cm de Ø)	Classe 1 (20 – 24,9 cm de Ø)	Classe 2 (25 – 29,9 cm de Ø)
	Rendimento (%)	Rendimento (%)	Rendimento (%)	Rendimento (%)
Método 1	40,71 ^{A a}	43,11 ^{A a}	33,73 ^{A a}	34,19 ^{A a}
Método 2	37,15 ^{B b}	43,44 ^{A a}	29,70 ^{B b}	32,80 ^{AB a}
Método 3	35,33 ^{C a}	38,13 ^{B a}	29,55 ^{B a}	31,53 ^{B a}

* Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na vertical e minúscula na horizontal, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade considerando a mesma condição de umidade.

Onde: Método 1= desdobro tangencial em bloco; Método 2= desdobro tangencial em bloco com face curva; Método 3= desdobro radial.

FONTE: O autor (2012)

Sobre a influência da classe diamétrica sobre rendimento em madeira serrada verde (Tabela 16), considerando a análise estatística (Apêndice 19), pode-

se verificar que esta não interferiu que de forma significativa no rendimento, exceto para o desdobro tangencial em bloco com face curva. Contudo, observa-se uma elevação do rendimento com o aumento da classe diamétrica para todos os sistemas de desdobro avaliados, que apesar de não ser significativa do ponto de vista estatístico, é bastante relevante no que diz respeito aos aspectos econômicos do processo produtivo, uma vez que aumenta de forma considerável o aproveitamento da matéria prima.

Del Menezzi e Nahuz (1998b), analisando os resultados obtidos no desdobro da primeira e segunda tora, observaram redução do rendimento médio com a elevação do diâmetro médio das toras, indicando que além do diâmetro, existem outros fatores que interferem no rendimento em madeira serrada, como a qualidade da tora, a técnica de desdobro empregada e os equipamentos utilizados nas operações de corte.

Quanto à influência do método de desdobro sobre o rendimento total verde (Apêndice 19), a análise estatística demonstrou diferença estatística significativa ao nível de 95% de probabilidade entre os métodos, observando-se os maiores rendimentos para as técnicas de desdobro tangenciais e os menores rendimentos para a técnica de desdobro radial (Tabela 16). Estes resultados estão relacionados ao número de subdivisões necessárias para obtenção de tábuas, que foram maiores no desdobro radial em relação ao desdobro tangencial, resultando na produção de uma maior quantidade de subprodutos. Além disso, assim como foi verificado por Rocha (2000), apesar de não ter sido considerado neste estudo, verificou-se, que o desdobro radial em comparação com os desdobros tangenciais, independente do volume das toras processadas, envolveu um número maior de operadores, sendo necessário também um tempo maior para a produção das tábuas.

Rocha (2000) ao avaliar o rendimento de madeira serrada de *E. grandis* e *E. dunnii*, verificou que o desdobro radial em relação ao desdobro tangencial apresentou os maiores rendimentos, no entanto, concluiu que estatisticamente o rendimento em madeira serrada não foi afetado pelo sistema de desdobro.

Outro resultado a ser considerado sobre os métodos de desdobro, diz respeito aos valores observados entre estes dentro de cada classe diamétrica quando considerada a condição verde, já que na classe 1 a diferença entre os rendimentos obtidos nos desdobros tangenciais e no desdobro radial foi menor do

que a observada na classe 2, indicando que no desdobro radial há necessidade da utilização de toras de maior diâmetro.

Em relação aos resultados obtidos para os rendimentos totais médios em madeira serrada após a secagem (Tabela 16), os valores observados para o *E. benthamii* estão de acordo com os valores verificados por outros autores. Amparado (2008), ao avaliar aproveitamento total em madeira serrada seca para o *E. saligna*, utilizando toras com DAP médio de 30 cm, observou o rendimento médio de 33,15%. Do mesmo modo, Del Menezzi *et al.* (2001), ao realizarem um estudo semelhante, sem informarem o diâmetro das toras empregadas no desdobro, verificaram rendimentos entre 31,7 %, para o *E. grandis*, e 39,3% para o *E. cloeziana*.

Sobre a análise estatística (Apêndice 20), do mesmo modo como foi observado para a condição verde, embora se verifique a elevação do rendimento total em madeira serrada seca com a elevação da classe diamétrica, para a maioria das técnicas de desdobro não foi constatada diferença significativa entre as classes diamétricas estudadas (Tabela 16). Por outro lado, observa-se uma tendência diferenciada em relação aos métodos de desdobro, para os quais, mais uma vez, verifica-se a influência sobre o rendimento em madeira serrada. No entanto, apenas o desdobro tangencial em bloco, que apresentou os maiores rendimentos totais em madeira serrada seca, diferiu significativamente dos demais métodos avaliados, especialmente quando considerados os resultados obtidos pelo método de desdobro radial, que apresentou os menores aproveitamentos para as duas classes diamétricas estudadas.

5.6.2 Rendimento descontando o comprimento das rachaduras

Comparando os resultados obtidos para o rendimento descontando o comprimento das rachaduras com os resultados observados para os rendimentos totais de madeira serrada verde (Tabela 17), verifica-se uma inversão nos resultados obtidos para os métodos de desdobro. Além disso, é possível perceber que as rachaduras influenciaram no rendimento em madeira serrada, reduzindo consideravelmente o seu aproveitamento, o que já se esperava, em função dos valores obtidos para os índices de rachaduras médios.

TABELA 17 - RENDIMENTOS MÉDIOS DESCONTANDO AS RACHADURAS

Técnicas de desdobro	Verde		Seca	
	Classe 1 (20 – 24,9 cm de Ø)	Classe 2 (25 – 29,9 cm de Ø)	Classe 1 (20 – 24,9 cm de Ø)	Classe 2 (25 – 29,9 cm de Ø)
	Rendimento (%)	Rendimento (%)	Rendimento (%)	Rendimento (%)
Método 1	25,78 ^{B a}	24,55 ^{C a}	18,42 ^{C a}	13,21 ^{B a}
Método 2	29,51 ^{A a}	37,82 ^{A b}	20,79 ^{B a}	25,60 ^{A a}
Método 3	31,14 ^{A a}	35,00 ^{B a}	24,13 ^{A a}	25,90 ^{A a}

* Médias seguidas de mesma letra, maiúscula na vertical e minúscula na horizontal, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 95% de probabilidade considerando a mesma condição de umidade.

Onde: Método 1= desdobro tangencial em bloco; Método 2= desdobro tangencial em bloco com face curva; Método 3= desdobro radial.

FONTE: O autor (2012)

Quando considerada a análise estatística dos resultados obtidos para o rendimento descontando as rachaduras em madeira serrada verde (Apêndice 21), percebe-se novamente que, exceto para o método de desdobro tangencial em bloco com face curva, não houve diferença significativa entre as classes diamétricas para os demais métodos de desdobro, apesar de estes também terem demonstrado aumento no rendimento com a elevação da classe diamétrica. Já para a influência do método de desdobro sobre o rendimento, de forma geral verificou-se diferenças estatísticas significativas entre os três métodos de desdobro estudados, destacando-se agora o desdobro tangencial em bloco, como o método que apresentou os menores aproveitamentos, devido à grande intensidade de rachaduras (Tabela 17).

Após o processo de secagem os resultados observados para o rendimento em madeira serrada livre de rachaduras apresentaram uma grande variação entre os tratamentos, com valores variando entre 13,21 e 25,90% (Tabela 17). Enquanto, Amparado *et al.* (2008), para o *E. saligna*, utilizando toras de baixo diâmetro e descartando os topos das tábuas contendo rachaduras, empenamentos severos e nós soltos, verificaram após a secagem um rendimento em madeira serrada livre de defeitos de 24%.

De modo geral, os rendimentos descontando as rachaduras após a secagem, considerados como o rendimento final do processo produtivo, apresentaram a mesma tendência demonstrada por este rendimento na condição verde. Contudo, pode-se observar uma drástica redução dos rendimentos, em relação ao volume de madeira serrada livre de rachaduras na condição verde, evidenciando os efeitos das tensões de secagem que contribuíram para o aumento

das rachaduras de topo das tábuas, especialmente quando considerados os resultados obtidos para os desdobros tangenciais.

A respeito da influência da classe diamétrica sobre os rendimentos em madeira serrada seca livre de rachaduras (Apêndice 22), considerando todos os resultados obtidos, verifica-se que esta não apresentou diferença estatística significativa. Entretanto, quando considerados os métodos de desdobro, verifica-se que estes interferiram de forma significativa sobre o rendimento, com destaque para o desdobro radial, com os maiores rendimentos, e o desdobro tangencial em bloco, para o qual foram observados os piores resultados, indicando que as técnicas de desdobro tangencial não devem ser recomendadas para o processamento de toras de eucalipto de baixo diâmetro, considerando as características do material analisado neste estudo.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Considerando os resultados obtidos sobre os métodos de desdobro, conclui-se que:

- Todos os métodos de desdobro avaliados apresentaram alta intensidade de defeitos, que na maioria dos tratamentos foram acentuados pelo processo de secagem.

- A largura das tábuas foi influenciada pelos métodos de desdobro, verificando-se as menores larguras para o desdobro radial.

- A espessura das tábuas foi afetada pelos métodos de desdobro avaliados, verificando-se a grande influência dos equipamentos utilizados.

- O rendimento em madeira serrada foi influenciado pelo sistema de desdobro utilizado.

- Os maiores rendimentos finais, descontando-se o comprimento das rachaduras, foram apresentados pelo desdobro radial, enquanto os piores resultados foram observados no desdobro tangencial em bloco devido à maior formação de rachaduras de topo das tábuas, indicando que o seu emprego no processamento de toras de *Eucalyptus benthamii* de baixo diâmetro é pouco viável.

Com base nas conclusões, recomenda-se:

- O desenvolvimento de estudos sobre a eficiência operacional do uso do desdobro radial no processamento de toras de baixo diâmetro do gênero *Eucalyptus*, avaliando a sua viabilidade econômica.

REFERÊNCIAS

ABNT-NBR 7190 - Projeto de estruturas de madeira. 1997.

ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2011 ano base 2010**. Brasília: ABRAF, 2011. 130 p.

ABRAF. **Anuário estatístico da ABRAF 2012 ano base 2011**. Brasília: ABRAF, 2012. 150 p.

ACOSTA, M. S. Experiencia argentina em el uso de la madera de eucalipto. In: Seminário Internacional de Utilização da Madeira de Eucalipto para Serraria. São Paulo, 1995. 74-91.

ACOSTA, M. S. **Productos sólidos a partir de madera de eucaliptos cultivados**. Entre Rios: INTA, 2006. 15 p. (CIDEU, Boletín).

ADORNO, M. F. C.; GARCIA, J. N. Correlações lineares entre as principais características tecnológicas da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Florestalis**, n. 63, p. 44-53, 2003.

AGUIAR, O. J. R.; JANKOWSKY, I. P. Prevenção e controle das rachaduras de topo em tora de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden. **IPEF**, n. 33, p. 39-46, 1986.

ALVES, I. C. N.; GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; SILVA, H. D. Caracterização tecnológica da madeira de *Eucalyptus benthamii* para produção de celulose Kraft. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 1, p. 167-174, 2011.

ALVES, C. da S.; PEREIRA, K. R. M.; SILVA, T. T. S.; FROTA, V. B.; SOUZA, I. A. T. **Avaliação das propriedades físicas de oito espécies usadas em serrarias de Rio Branco, Acre**. Trabalho apresentado no 4. Congresso Florestal Paranaense, Curitiba, 2012.

ALZATE, S. B. A. **Caracterização da madeira de árvores de clones de *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla***. 133 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

AMPARADO, K. F. **Qualidade da madeira serrada e dos painéis colados lateralmente obtidos de um plantio de *Eucalyptus saligna* Smith visando o segmento moveleiro**. 47 f. Dissertação (Mestrado em Ciências florestais e ambientais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2008.

AMPARADO, K. F.; CARVALHO, A. M.; GARCIA, R. A.; LATORRACA, J. V. F. Caracterização do rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus saligna* Smith nas condições verde e seca. **Revista Florestal Venezuelana**, ano XLII, v. 52, p. 71-76, 2008.

ARAÚJO, H. J. B. Relações funcionais entre propriedades físicas e mecânicas de madeiras tropicais brasileiras. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 3, p. 399-416, 2007.

BARCELLOS, D. C.; COUTO, L. C.; MÜLLER, M. D.; COUTO, L. O estado-da-arte da qualidade da madeira de eucalipto para a produção de energia: um enfoque nos tratamentos silviculturais. **Biomassa e Energia**, Viçosa, v. 2, n. 2, p. 141-158, 2005.

BATISTA, D. C. **Qualidade da secagem convencional conjunta da madeira de nove clones do gênero *Eucalyptus***. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2009.

BATISTA, D. C.; KLITZKE, J. R.; SANTOS, C. V. T. Densidade básica e retratibilidade da madeira de clones de três espécies de *Eucalyptus*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 4, p. 665-674, 2010.

BENSON, D.; McDOUGALL, L. Ecology of Sydney plant species: part 6 Dicotyledon family Myrtaceae. **Cunninghamia**, Sydney, v. 5, n. 4, p. 808-807, 1998.

BIASI, C. P. **Rendimento e eficiência no desdobro de três espécies tropicais**. 73 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

BUFOLO, A.; BIBINI, G.; LIMA, I. L.; LONGUI, E. L.; FLORSHEIM, S. M. B. Variabilidade da densidade básica e das dimensões de fibra, em diferentes espécies de *Eucalyptus* plantadas em Itatinga/SP. **IF. Sér. Reg.**, São Paulo, n. 40, p. 63-68, 2009.

BUTCHER, P. A.; SKINNER, A. K.; GARDINER, C. A. Increased inbreeding and inter-species gene flow in remnant populations of the rare *Eucalyptus benthamii*. **Conservation Genetics**, v. 6, n. 2, p. 213-226, 2005.

CAIXETA, R. P.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; LIMA, J. T. Propriedades e classificação da madeira aplicada à seleção de genótipos de *Eucalyptus*. **Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 23-51, 2003.

CALONEGO, F. W.; SEVERO, E. T. D. Efeito do diâmetro de toras na magnitude das tensões de crescimento de *Eucalyptus grandis*. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 20, n. 2, p. 53-65, 2005.

CALONEGO, F. W.; SEVERO, E. T. D. Influência da posição diametral das tábuas e da vaporização nos defeitos de secagem de *Eucalyptus grandis*. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 1, p. 10-18, 2007.

CARVALHO, M. A.; NAHUZ, M. A. R. Ensaio com madeira serrada de eucalipto jovem obtida de um plantio destinado à indústria de celulose. **Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 1, p. 83-91, 2002.

COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS – COPANT. Maderas: método de ensayo de flexion estático. COPANT 555, 1973.

CRUZ, C. R.; LIMA, J. T.; MUNIZ, G. I. B. Variações dentro das árvores e entre clones das propriedades físicas e mecânicas da madeira de híbridos de *Eucalyptus*. **Scientia Florestalis**, n. 64, p. 33-47, 2003.

DEL MENEZZI, C. H. S.; NAHUZ, M. A. R. Técnicas de desdobro utilizadas para a madeira de eucalipto – Uma revisão de literatura. **Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 415-428, 1998a.

DEL MENEZZI, C. H. S.; NAHUZ, M. A. R. Comportamento de *Eucalyptus grandis* no desdobro. **Árvore**, Viçosa, v. 22, n. 4, p. 563-571, 1998b.

DEL MENEZZI, C. H. S.; NAHUZ, M. A. R.; SOUZA, M. R. Utilização de um método combinado de desdobro e secagem para a obtenção de madeira serrada de eucalipto destinada à produção de painéis colados lateralmente. **Árvore**, Viçosa, v. 25, n. 1, p. 113-123, 2001.

EMBRAPA SOLOS. **Levantamento de Reconhecimento dos solos do Estado de Santa Catarina**. Rio de Janeiro: EMBRAPA – CNPS, 1998. Boletim de Pesquisa, Número 6.

EVANGELISTA, W. V. **Caracterização da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. e *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake, oriunda de consórcio agrossilvipastoril.** 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.

EVANS, J. W.; SENFT, J. F.; GREEN, D. W. Juvenile wood effecting red alder: analysis of physical and mechanical data to delineate juvenile and mature wood zones. **Forest Products Journal**, Madison, v. 50, n. 7/8, p. 75-87, 2000.

FAGUNDES, H. A. V. **Produção de madeira serrada e geração de resíduos do processamento de madeira de florestas plantadas no Rio Grande do Sul.** 173 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

FAO, FLD, IPGRI. **Forest genetic resources conservation and management.** Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 2004. 94 p.

FERREIRA, S.; LIMA, J. T.; ROSADO, S. C. S.; TRUGILHO, P. F. Influência de métodos de desdobro tangenciais no rendimento e na qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus* spp. **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 10-21, 2004.

FOELKEL, C. E. B.; BARRICHELO, L. E. G.; MILANEZ, A. F. Estudo comparativo das madeiras de *Eucalyptus saligna*, *E. paniculata*, *E. citriodora*, *E. maculata* e *E. tereticornis* para a produção de celulose sulfato. **IPEF**, Piracicaba, n. 10, p. 17-37, 1975.

FRANÇA, M. C.; CUNHA, A. B. **Determinação da relação resistência / rigidez e teor de umidade da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage.** Trabalho apresentado no 4. Congresso Florestal Paranaense, Curitiba, 2012.

GARCIA, J. N. Técnicas de desdobro de eucalipto. In: Seminário Internacional de Utilização da Madeira de Eucalipto para Serraria. São Paulo, 1995. 59-67 p.

GONÇALEZ, J. C.; BREDÁ, L. C. S.; BARROS, J. F. M.; MACEDO, D. G.; COSTA, G. J. A. F.; VALE, A. T. Características tecnológicas das madeiras de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e *Eucalyptus cleziana* F. Muell visando o seu aproveitamento na indústria moveleira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 3, p. 329-341, 2006.

GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S.; LUCIA, R. M. D.; NAPPO, M. E.; SARTÓRIO, R. C. Densidade básica e variação dimensional de um híbrido clonal de

Eucalyptus urophylla x *Eucalyptus grandis*. **Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 2, p. 277-288, 2009a.

GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S.; LUCIA, R. M. D.; SARTÓRIO, R. C. Estudo de algumas propriedades mecânicas da madeira de um híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis*. **Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 501-509, 2009b.

GOVERNO DO ESTADO DE SANTA CATARINA. Cerro Negro. Disponível em: <<http://www.sc.gov.br/portalturismo/Default.asp?CodMunicipio=251&Pag=1>>. Acessado em 29/ 08/ 2011.

GRAÇA, M. E. C.; SHIMIZU, J. Y.; TAVARES, F. R. Capacidade de rebrota e enraizamento de *Eucalyptus benthamii*. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 39, p. 135-138, 1999.

HASELEIN, C. R.; BERGUER, R.; GOULART, M.; STHAL, J.; SANTINI, E. J.; LOPES, M. C. Propriedades de flexão estática da madeira úmida e a 12% de umidade de um clone de *Eucalyptus saligna* Smith sob o efeito do espaçamento e da adubação. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 147-152, 2002.

HASELEIN, C. R.; LOPES, M. C.; SANTINI, E. J.; LONGHI, S. J.; ROSSO, S.; FERNANDES, D. L. G.; MENEZES, L. F. Características tecnológicas da madeira de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 145-155, 2004.

HIGA, R. C. V. Aspectos ecológicos e silviculturais do *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 38, p. 121-123, 1999.

HIGA, A. R.; CARVALHO, P. E. R. Sobrevivência e crescimento de doze espécies de eucalipto em Dois Vizinhos, Paraná. In: Congresso Florestal Brasileiro, 6., 1990, Campos do Jordão. **Anais...** São Paulo: [S. I.], 1990. p. 459-461.

HIGA, R. C. V.; PEREIRA, J. C. D. **Usos potenciais do *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage**. Colombo: Embrapa Florestas, 2003. 4 p. (Embrapa Florestas, Comunicado Técnico, 100).

HILLIS, W. E. & BROWN, A. G. (editores). **Eucalypts of wood production**. Austrália: CSIRO, 1978. 434p.

IBAMA. **Madeiras brasileiras**. Disponível em: <<http://www.ibama.gov.br/lpf/madeira/default.htm>>. Acesso em: 11/02/2013.

IBGE. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 03/07/2012.

IWAKIRI, S. Rendimento e condições de desdobro de 20 espécies de madeiras da Amazônia. **Acta Amazônica**, v. 20 (único), p. 271-281, 1990.
JAEGER, P.; ZIGER, M. Avaliação das propriedades mecânicas de painéis compensados de *Eucalyptus dunnii* e *Eucalyptus dunnii* / *Pinus taeda*. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 3, p. 329-338, 2007.

JANKOWSKY, I. P.; SANTOS, G. R. V.; ANDRADE, A. Secagem da madeira serrada de eucalipto. In: Jornadas Florestales de Entre Rios, 15., 2000, Concordia. **Anais...** Concordia: [S. I.], 2000. p. C2-1-C2-13.

JOVANOVIC, T.; BOOTH, T. H. **Improved species climatic profiles**. Australia: Union Offset Printing, 2002. 68 p.

KLITZKE, R. J.; SAVIOLI, D. L.; MUÑIZ, G. I. B.; BATISTA, D. C. Caracterização dos lenhos de cerne e alburno e transição de jatobá (*Hymenaea* sp.) visando ao agrupamento para fins de secagem convencional. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 36, n. 80, p. 279-284, 2008.

LATORRACA, J. V. F.; ALBUQUERQUE, C. E. C. Efeito do rápido crescimento sobre as propriedades da madeira. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 7, n. 1, p. 279-291, 2000.

LIMA, I. L. **Influência do desbaste e da adubação na qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* Hill ex-Maiden**. 137 f. Tese (Doutor em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N. Variação da densidade aparente e resistência a compressão paralela às fibras em função da intensidade de desbaste, adubação e posição radial em *Eucalyptus grandis* Hill Ex-Maiden. **Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 3, p. 551-559, 2010.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; PIEDADE, S. M. S. Rachaduras de extremidades de tora e suas implicações nas rachaduras da madeira serrada. **Scientia Florestalis**, n. 61, p. 13-24, 2002.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N. Influência do desbaste e da fertilização nos índices de rachamento após o desdobro e secagem em madeira serrada de *Eucalyptus grandis*

Hill ex-Maiden. **Revista do Instituto Florestal**, São Paulo, v. 20, n. 2, p. 175-184, 2008.

LIMA, I. L.; GARCIA, J. N.; STAPE, J. L. Influência do desbaste e da fertilização no deslocamento da medula e rachaduras de extremidade de tora de *Eucalyptus grandis* Hill Ex-Maiden. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 170-177, 2007.

LIMA, J. T.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; CRUZ, C. R. Deformações residuais longitudinais decorrentes de tensões de crescimento em eucaliptos e suas associações com outras propriedades. **Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 107-119, 2004.

LISBOA, C. D. J. **Estudo das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus grandis* Hill. Ex Maiden**. 275 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.

LOBÃO, S. M.; LÚCIA, R. M. D.; MOREIRA, M. S. S.; GOMES, A. Caracterização das propriedades físico-mecânicas da madeira de eucalipto com diferentes densidades. **Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 889-894, 2004.

LOPES, C. S. D. **Caracterização da madeira de três espécies de eucalipto para uso em movelaria**. 88 f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

LOPES, M. C. **Agrupamento de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis* em função das variáveis dendrométricas e das características tecnológicas da madeira**. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.

LOPES, M. C.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J.; LONGHI, S. J.; ROSSO, S.; FERNANDES, D. L. G.; MENEZES, L. F. Agrupamento de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis* em função das variáveis dendrométricas e das características tecnológicas da madeira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 2, p. 133-144, 2004.

MARCHESAN, R. **Rendimento e qualidade de madeira serrada de três espécies tropicais**. 94 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

MARCHESAN, R.; MATTOS, P. P.; SHIMIZU, J. Y. **Caracterização física, química e anatômica da madeira de *Eucalyptus microcorys* F. Muell.** Colombo: Embrapa Florestas, 2005. 5 p. (Embrapa Florestas, Comunicado Técnico, 133).

MARCHIORI, J. N. C.; SOBRAL, M. **Dendrologia das Angiospermas: Myrtales**. Santa Maria: Editora UFSM, 1997. 304 p.

MARTINS, S. A. **Adequação tecnológica da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage para a produção de painéis colados lateralmente (PCL)**. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

MATOS, J. L. M.; IWAKIRI, S.; ROCHA, M. P.; PAIM, R. M.; ANDRADE, L. O. Redução do efeito das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus dunnii*. **Scientia Florestalis**, n. 64, p. 128-135, 2003.

MIRANDA, M. D. A.; NAHUZ, M. A. R. Estudo da influência do espaçamento de plantio de *Eucalyptus saligna* nos índices de rachamento após o desdobro e após a secagem. **Scientia Florestalis**, n. 55, p. 107-116, 1999.

MIRANDA, I.; GOMINHO, J.; PEREIRA, H. Impacto do número de árvores por hectare no cerne de árvores de *Eucalyptus globulus* Labill. In: Congresso Florestal Nacional, 5., 2005, Viseu. **Anais...** Viseu: Sociedade Portuguesa de Ciências Florestais, 2005. p. [S. I.].

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Silvicultura, 2000. 111 p.

MOURA, V. P. G.; GUIMARÃES, D. P. **Produção de mudas de *Eucalyptus* para o estabelecimento de plantios florestais**. Brasília: Embrapa, 2003. 9 p. (Embrapa, Comunicado Técnico, 85).

NISGOSKI, S.; MUNIZ, G. I. B.; KLOCK, U. Caracterização anatômica da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden et Cambage. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v.8, n.1, p. 67-76, 1998.

OLIVEIRA, J. T. da S.; HELLMEISTER, J. C.; TOMAZELLO FILHO, M. Variação do teor de umidade e da densidade básica na madeira de sete espécies de eucalipto. **Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 1, p. 115-127, 2005.

OLIVEIRA, J. T. da S.; TOMAZELLO FILHO, M.; FIEDLER, N. C. Avaliação da retratibilidade da madeira de sete espécies de *Eucalyptus*. **Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 5, p. 929-936, 2010.

PALUDZYSZYN FILHO, E.; SANTOS, P. E. T.; FERREIRA, C. A. **Eucaliptos indicados para plantio no Estado do Paraná**. Colombo: Embrapa Florestas, 2006. 114 p. (Embrapa Florestas, Documentos, 129).

PEREIRA, J. C. D.; STURION, J. A.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; SHIMIZU, J. Y. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000, 113 p. (Embrapa Florestas, Documentos, 38).

PONCE, R. H. Madeira serrada de eucalipto: desafios e perspectivas. In: Seminário Internacional de Utilização da Madeira de Eucalipto para Serraria. São Paulo, 1995. 50-58p.

REMADE. **Características intrínsecas da madeira**. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=4&sub>. Acesso em: 11/12/2012.

REMADE. **Madeiras - Espécies**. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/madeira_especies.php>. Acesso em: 19/02/2013.

ROCHA, M. P. ***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como Fontes de Matéria Prima para Serrarias**. 185 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2000.

ROCHA, M. P. **Técnicas de planejamento em serrarias**. Série didática FUPEF, Curitiba, n. 01/02, 121 p., 2002.

ROCHA, M. P.; TOMASELLI, I. Efeito de modelo de corte nas dimensões de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 8, n. 1, p. 94-103. 2001.

ROCHA, M. P.; TOMASELLI, I. Efeito do modelo de desdobro na qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii*. **Cerne**, Lavras, v. 8, n. 2, p. 70-83, 2002.

ROCHA, M. P.; TRUGILHO, P. F. Qualidade da madeira serrada de *Eucalyptus dunnii* em função do método de desdobro e condição de umidade. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 4, p. 314-321, 2006.

RODRIGUES, R. A. D. **Variabilidade de propriedades físico-mecânicas em lotes de madeira serrada de eucalipto para a construção civil.** 75 f. Dissertação (Mestre em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

ROSSO, S. **Qualidade da madeira de três espécies de *Eucalyptus* resultante da combinação dos métodos de secagem ao ar livre e convencional.** 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.

ROSSO, S. **Qualidade das propriedades de *Eucalyptus grandis* Maiden por espectroscopia no infravermelho próximo.** 125 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

ROZAS MELLADO, E. C. E. **Contribuição ao desenvolvimento tecnológico para a utilização de madeira serrada de *Eucalyptus grandis* (Hill Ex Maiden) na geração de produtos com maior valor agregado.** 133 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 1993.

SANDVIK STEEL. **El manual:** producción, uso y mantenimiento de hojas de sierra cinta para madera. Sandviken: AB Sandvik Steel, 1999. Não paginado.

SANTOS, P. E. T.; GARCIA, J. N.; GIRALDI, I. O. Posição da tora na árvore e sua relação com a qualidade de madeira serrada de *Eucalyptus grandis*. **Scientia Florestalis**, n. 66, p. 142-151, 2004.

SCANAVACA JUNIOR, L. **Caracterização silvicultural, botânica e tecnológica do *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake e de seu potencial para a utilização em serraria.** 108 f. Dissertação (Mestre em Ciências Florestais) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2001.

SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. Rendimento em madeira serrada de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Florestalis**, n. 63, p. 32-43, 2003.

SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Florestalis**, n. 65, p. 120-129, 2004.

SEVERO, E. T. D. Qualidade da secagem de madeira serrada de *Eucalyptus dunnii*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 10, n. 1, p. 109-124, 2000.

SHIELD, E. D. Plantation Grown *Eucalyptus*: utilisation for lumber and Rotary veneers – primary conversion. In: Seminário Internacional de Utilização da Madeira de Eucalipto para Serraria. São Paulo, 133-139 p, 1995.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden, de diferentes idades, visando a sua utilização na indústria moveleira.** 181f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

SILVA, J. C.; OLIVEIRA, J. T. da S. Avaliação das propriedades higroscópicas da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. em diferentes condições de umidade relativa do ar. **Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 233-239, 2003.

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

SILVEIRA, V.; ROSADO, S. C. S.; TRUGILHO, P. F.; CARVALHO, D.; MARTINS, S. C. Variação dimensional da madeira de clones de *Eucalyptus* cultivados em diferentes espaçamentos. **Cerne**, Lavras, v. 5, n. 2. P. 105-124, 1999.

SOUZA, J. T.; TREVISAN, R.; DENARDI, L.; STANGERLIN, D. M.; VIVIAN, M. A.; HASELEIN, C. R.; SANTINI, E. J. Qualidade da Madeira serrada proveniente de árvores dominantes e médias de *Eucalyptus grandis* submetidas à secagem. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 167-174, 2012.

STURION, J. A.; PEREIRA, J. C. D.; ALBINO, J. C.; MORITA, M. Variação da densidade básica da madeira de doze espécies de *Eucalyptus* Plantadas em Uberaba, MG. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Colombo, n. 14, p. 28-38, 1987.

TRIANOSKI, R. **Avaliação da qualidade da madeira de espécies de pinus tropicais por meio de métodos convencionais e não destrutivos.** 554 f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

TRUGILHO, P. F. **Tensão de crescimento em árvores vivas e de clones de *Eucalyptus* spp. e de *Eucalyptus dunnii* Maiden e propriedades da sua madeira.** 123 f. Tese (Pós-Doutorado em Ciências Florestais) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; ROSADO, S. C. S.; MENDES, L. M.; MORI, F. A.; SOUZA, M. A. M. Avaliação da tensão de crescimento em clones de *Eucalyptus*. **Floresta e Ambiente**, v. 9, n. 1, p. 38-44, 2002.

TRUGILHO, P. F.; IWAKIRI, S.; ROCHA, M. P.; MATOS, J. L. M.; SALDANHA, L. K. Efeitos da idade e classe diamétrica na deformação residual longitudinal em árvores de *Eucalyptus dunnii* Maiden. **Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 1, p. 38-44, 2004.

VALERIO, A. F.; WATZLAWICK, L. F.; SANTOS, R. T.; BRANDELERO, C.; KOEHLER, H. S. Quantificação de resíduos e rendimento no desdobro de *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 3. P. 387-398, 2007.

VALLE, M. L. A. **Propriedades da madeira de eucalipto de primeira e segunda rotação, visando a sua utilização como madeira preservada**. 80 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

VITAL, B. R. **Planejamento e operações de serrarias**. Viçosa: Ed. UFV, 2008. 211 p.

VIVIAN, M. A.; SANTINI, E. J.; MODES, K. S.; CARVALHO, D. E.; MORAES, W. W. C.; SOUZA, J. T.; SUSIN, F. Estimativa da resistência da madeira de *Eucalyptus grandis* por meio de onda ultrassonora. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 32, n. 69, p. 109-113, 2012.

YANG, J. L.; WAUGH, G. Growth stress, its measurement and effects. **Australian Forestry**, v. 64, n. 2, p. 127-135, 2001.

APÊNDICES

APÊNDICE 1 - VOLUME TOTAL DE TORAS PROCESSADAS POR TRATAMENTO.....	33
APÊNDICE 2 - CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS NO PERÍODO DE SECAGEM DA MADEIRA.....	41
APÊNDICE 3 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A PORCENTAGEM DE CERNE NAS TORAS.....	52
APÊNDICE 4 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A RACHADURA DE TOPO DAS TORAS.....	53
APÊNDICE 5 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA O ARQUEAMENTO EM TÁBUAS NA CONDIÇÃO VERDE.....	55
APÊNDICE 6 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA O EFEITO DA SECAGEM SOBRE O ARQUEAMENTO EM TÁBUAS.....	57
APÊNDICE 7 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA O ARQUEAMENTO EM TÁBUAS NA CONDIÇÃO SECA.....	57
APÊNDICE 8 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA O ENCURVAMENTO EM TÁBUAS NA CONDIÇÃO VERDE.....	60
APÊNDICE 9 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA O EFEITO DA SECAGEM SOBRE O ENCURVAMENTO EM TÁBUAS.....	61
APÊNDICE 10 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA O ENCURVAMENTO EM TÁBUAS NA CONDIÇÃO SECA.....	62

APÊNDICE 11 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA O ENCANOAMENTO EM TÁBUAS NA CONDIÇÃO VERDE.....	63
APÊNDICE 12 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A INTENSIDADE DE RACHADURAS EM TÁBUAS NA CONDIÇÃO VERDE.....	66
APÊNDICE 13 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA O EFEITO DA SECAGEM SOBRE A INTENSIDADE DE RACHADURAS EM TÁBUAS.....	67
APÊNDICE 14 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A INTENSIDADE DE RACHADURAS EM TÁBUAS NA CONDIÇÃO SECA.....	67
APÊNDICE 15 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A LARGURA DAS TÁBUAS NA CONDIÇÃO VERDE.....	69
APÊNDICE 16 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A LARGURA DAS TÁBUAS NA CONDIÇÃO SECA.....	69
APÊNDICE 17 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A VARIAÇÃO DA ESPESSURA DAS TÁBUAS NA CONDIÇÃO VERDE EM RELAÇÃO À ESPESSURA NOMINAL.....	72
APÊNDICE 18 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A VARIAÇÃO DA ESPESSURA DAS TÁBUAS NA CONDIÇÃO SECA EM RELAÇÃO À ESPESSURA NOMINAL.....	73
APÊNDICE 19 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA O RENDIMENTO TOTAL EM MADEIRA SERRADA NA CONDIÇÃO VERDE.....	74
APÊNDICE 20 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA O RENDIMENTO TOTAL EM MADEIRA SERRADA NA CONDIÇÃO SECA.....	76

APÊNDICE 21 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA O RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA DESCONTANDO AS RACHADURAS NA CONDIÇÃO VERDE.....	77
APÊNDICE 22 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA O RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA DESCONTANDO AS RACHADURAS NA CONDIÇÃO SECA.....	78

APÊNDICE 1 - VOLUME TOTAL DE TORAS PROCESSADAS POR TRATAMENTO

Tratamento	N°. de Toras	Volume Total	Média por Tora (m ³)
Método 1 C1	07	0,6090	0,0870
Método 1 C2	07	0,8385	0,1198
Método 2 C1	07	0,6647	0,0950
Método 2 C2	07	0,7721	0,1103
Método 3 C1	07	0,6258	0,0894
Método 3 C2	07	0,8341	0,1192
Total	42	4,3442	-----

Onde: Método 1 C1= toras da classe diamétrica 1 destinadas ao desdobro tangencial em bloco; Método 1 C2= toras da classe diamétrica 2 destinadas ao desdobro tangencial em bloco; Método 2 C1= toras da classe diamétrica 1 destinadas ao desdobro tangencial em bloco com face curva; Método 2 C2= toras da classe diamétrica 2 destinadas ao desdobro tangencial em bloco com face curva; Método 3 C1= toras da classe diamétrica 1 destinadas ao desdobro radial; Método 3 C2= toras da classe diamétrica 2 destinadas ao desdobro radial.

APÊNDICE 2 - CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS NO PERÍODO DE SECAGEM
DA MADEIRA

Período no ano de 2012	Condição Meteorológica			U. R. (%)
	T. Máx. Med. (°C)	T. Mín. Med. (°C)	T. Med. (°C)	
10 a 28 de fevereiro	27,22	18,52	21,50	77,91
01 a 31 de março	25,63	14,33	19,26	71,90
01 a 30 de abril	22,57	13,24	16,81	78,42
01 a 20 de maio	19,82	9,18	13,63	78,75
Média	23,81	13,81	17,80	76,75

Onde: T. Máx. Med.= temperatura máxima média; T. Mín. Med.= temperatura mínima média; T. Med.= temperatura média; U.R.= umidade relativa do ar.

APÊNDICE 3 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A PORCENTAGEM DE CERNE NAS TORAS

Análise de variância para percentagem de cerne entre as classes diamétricas

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO	2	63.502433	31.751217	0.596	0.5563
CLASSE	1	30.583467	30.583467	0.574	0.4535
METODO*CLASSE	2	3.589290	1.794645	0.034	0.9669
erro	36	1917.270171	53.257505		
Total corrigido	41	2014.945362			
CV (%) =	16.79				
Média geral:	43.4709524	Número de observações:	42		

APÊNDICE 4 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A RACHADURA DE TOPO DAS TORAS

Análise de variância para a rachadura de topo das toras entre as classes diamétricas

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
classe	2	1438.213819	719.106910	5.926	0.0908
erro	3	364.017514	121.339171		
Total corrigido	5	1802.231333			
CV (%) =	42.05				
Média geral:	26.1933333		Número de observações:	6	

APÊNDICE 5 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA O ARQUEAMENTO EM TÁBUAS NA CONDIÇÃO VERDE

Análise de variância para o arqueamento em tábuas na condição verde – desdobramento da classe diamétrica dentro de cada método de desdobro

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO*CLASSE	2	16.840661	8.420330	0.576	0.5629
erro	317	4636.581825	14.626441		
Total corrigido	319	4653.422485			
CV (%) =	96.19				
Média geral:	3.9758094	Número de observações:	320		

CLASSE	/1	1	11.292861	11.292861	0.772	0.3802
CLASSE	/2	1	31.612426	31.612426	2.161	0.1425
CLASSE	/3	1	3.618310	3.618310	0.247	0.6193
Erro		317	4636.581825	14.626441		

Análise de variância para o arqueamento em tábuas na condição verde – desdobramento do método de desdobro dentro de cada classe diamétrica

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO	2	538.241754	269.120877	20.769	0.0000
CLASSE	1	29.682937	29.682937	2.291	0.1311
METODO*CLASSE	2	16.840661	8.420330	0.650	0.5228
erro	314	4068.657134	12.957507		
Total corrigido	319	4653.422485			
CV (%) =	90.54				
Média geral:	3.9758094	Número de observações:	320		

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc	
METODO	/1	2	345.654741	172.827370	13.338	0.0000
METODO	/2	2	209.427675	104.713837	8.081	0.0004
Erro		314	4068.657134	12.957507		

APÊNDICE 6 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA O EFEITO DA SECAGEM SOBRE O ARQUEAMENTO EM TÁBUAS

Análise de variância para o efeito da secagem sobre o arqueamento

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
N1*N2	5	175.014303	35.002861	1.985	0.0789
erro	634	11177.581682	17.630255		
Total corrigido	639	11352.595984			
CV (%) =	84.40				
Média geral:	4.9748438	Número de observações:	640		

Onde: N1= condição de umidade; N2= tratamento

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
N1	/1 1	15.593780	15.593780	0.884	0.3473
N1	/2 1	252.134069	252.134069	14.301	0.0002
N1	/3 1	117.142801	117.142801	6.644	0.0102
N1	/4 1	13.044175	13.044175	0.740	0.3900
N1	/5 1	199.520032	199.520032	11.317	0.0008
N1	/6 1	215.940496	215.940496	12.248	0.0005
Erro	634	11177.581682	17.630255		

Codificação usada para o desdobramento

cod. N2

- 1 = classe diamétrica 1 destinadas ao desdobro tangencial em bloco
- 2 = classe diamétrica 2 destinadas ao desdobro tangencial em bloco
- 3 = classe diamétrica 1 destinadas ao desdobro radial
- 4 = classe diamétrica 2 destinadas ao desdobro radial
- 5 = classe diamétrica 1 destinadas ao desdobro tangencial em bloco com face curva
- 6 = classe diamétrica 2 destinadas ao desdobro tangencial em bloco com face curva

Teste de Tukey para o desdobramento de N1 dentro da codificação:

1	Tratamentos	Médias	Resultados do teste
	verde	4.206750	a1
	seca	5.089750	a1

2	Tratamentos	Médias	Resultados do teste
	verde	3.483191	a1
	seca	6.758723	a2

3	Tratamentos	Médias	Resultados do teste
	verde	5.924655	a1
	seca	7.934483	a2

4			
Tratamentos	Médias	Resultados do teste	
verde	4.935753	a1	
seca	5.533562	a1	

5			
Tratamentos	Médias	Resultados do teste	
verde	2.077949	a1	
seca	5.276667	a2	

6			
Tratamentos	Médias	Resultados do teste	
verde	2.466667	a1	
seca	5.084921	a2	

APÊNDICE 7 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA O ARQUEAMENTO EM TÁBUAS NA CONDIÇÃO SECA

Análise de variância para o arqueamento em tábuas na condição seca – desdobramento da classe diamétrica dentro de cada método de desdobro

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO*CLASSE	2	214.014518	107.007259	5.803	0.0033
erro	317	5845.852257	18.441174		
Total corrigido	319	6059.866775			
CV (%) =	71.89				
Média geral:	5.9732688	Número de observações:	320		

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CLASSE /1	1	60.196917	60.196917	3.264	0.0718
CLASSE /2	1	186.408958	186.408958	10.108	0.0016
CLASSE /3	1	0.882666	0.882666	0.048	0.8270
Erro	317	5845.852257	18.441174		

Análise de variância para o arqueamento em tábuas na condição seca – desdobramento do método de desdobro dentro de cada classe diamétrica

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO	2	118.601399	59.300699	3.270	0.0393
CLASSE	1	33.474023	33.474023	1.846	0.1752
METODO*CLASSE	2	214.014518	107.007259	5.901	0.0030
erro	314	5693.776836	18.133047		
Total corrigido	319	6059.866775			
CV (%) =	71.29				
Média geral:	5.9732688	Número de observações:	320		

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO /1	2	254.118810	127.059405	7.007	0.0010
METODO /2	2	78.497107	39.248553	2.164	0.1144
Erro	314	5693.776836	18.133047		

APÊNDICE 8 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA O ENCURVAMENTO EM TÁBUAS NA CONDIÇÃO VERDE

Análise de variância para o encurvamento em tábuas na condição verde – desdobramento da classe diamétrica dentro de cada método de desdobro

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO*CLASSE	2	11.273807	5.636904	0.369	0.6918
erro	317	4843.744816	15.279952		
Total corrigido	319	4855.018624			
CV (%) =	90.58				
Média geral:	4.3155281	Número de observações:	320		

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CLASSE /1	1	70.380271	70.380271	4.606	0.0326
CLASSE /2	1	47.142765	47.142765	3.085	0.0800
CLASSE /3	1	90.775034	90.775034	5.941	0.0153
Erro	317	4843.744816	15.279952		

Análise de variância para o encurvamento em tábuas na condição verde – desdobramento do método de desdobro dentro de cada classe diamétrica

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO	2	15.815242	7.907621	0.536	0.5855
CLASSE	1	197.024263	197.024263	13.359	0.0003
METODO*CLASSE	2	11.273807	5.636904	0.382	0.6827
erro	314	4630.905312	14.748106		
Total corrigido	319	4855.018624			
CV (%) =	88.99				
Média geral:	4.3155281	Número de observações:	320		

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO /1	2	6.398946	3.199473	0.217	0.8053
METODO /2	2	20.690103	10.345052	0.701	0.4933
Erro	314	4630.905312	14.748106		

APÊNDICE 9 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA O EFEITO DA SECAGEM SOBRE O ENCURVAMENTO EM TÁBUAS

Análise de variância para o efeito da secagem sobre o encurvamento

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
N1*N2	5	295.967092	59.193418	4.472	0.0005
erro	634	8392.729677	13.237744		
Total corrigido	639	8688.696769			
CV (%) =	74.72				
Média geral:	4.8695469	Número de observações:	640		

Onde: N1= condição de umidade; N2= tratamento

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
N1	/1 1	11.137781	11.137781	0.841	0.3594
N1	/2 1	21.446915	21.446915	1.620	0.2035
N1	/3 1	15.112904	15.112904	1.142	0.2857
N1	/4 1	11.609376	11.609376	0.877	0.3494
N1	/5 1	7.974405	7.974405	0.602	0.4380
N1	/6 1	424.967937	424.967937	32.103	0.0000
Erro	634	8392.729677	13.237744		

Codificação usada para o desdobramento

cod. N2

- 1 = classe diamétrica 1 destinadas ao desdobro tangencial em bloco
- 2 = classe diamétrica 2 destinadas ao desdobro tangencial em bloco
- 3 = classe diamétrica 1 destinadas ao desdobro radial
- 4 = classe diamétrica 2 destinadas ao desdobro radial
- 5 = classe diamétrica 1 destinadas ao desdobro tangencial em bloco com face curva
- 6 = classe diamétrica 2 destinadas ao desdobro tangencial em bloco com face curva

Teste de Tukey para o desdobramento de N1 dentro da codificação:

1	Tratamentos	Médias	Resultados do teste
	Seca	4.210250	a1
	Verde	4.956500	a1

2	Tratamentos	Médias	Resultados do teste
	Verde	3.151489	a1
	Seca	4.106809	a1

3	Tratamentos	Médias	Resultados do teste
	Verde	5.204483	a1
	Seca	5.926379	a1

4	Tratamentos	Médias	Resultados do teste
	Verde	3.995753	a1
	Seca	4.559726	a1

5		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Verde	5.523333	a1
Seca	6.162821	a1

6		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Verde	3.582540	a1
Seca	7.255556	a2

APÊNDICE 10 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA O ENCURVAMENTO EM TÁBUAS NA CONDIÇÃO SECA

Análise de variância para o encurvamento em tábuas na condição seca – desdobramento da classe diamétrica dentro de cada método de desdobro

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO*CLASSE	2	88.255543	44.127772	3.941	0.0204
erro	317	3549.061488	11.195778		
Total corrigido	319	3637.317031			
CV (%) =	61.70				
Média geral:	5.4231188	Número de observações:	320		

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CLASSE /1	1	0.235949	0.235949	0.021	0.8847
CLASSE /2	1	60.347112	60.347112	5.390	0.0209
CLASSE /3	1	28.819500	28.819500	2.574	0.1096
Erro	317	3549.061488	11.195778		

Análise de variância para o encurvamento em tábuas na condição seca – desdobramento do método de desdobro dentro de cada classe diamétrica

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO	2	353.015434	176.507717	17.347	0.0000
CLASSE	1	1.147018	1.147018	0.113	0.7373
METODO*CLASSE	2	88.255543	44.127772	4.337	0.0139
erro	314	3194.899036	10.174838		
Total corrigido	319	3637.317031			
CV (%) =	58.82				
Média geral:	5.4231188	Número de observações:	320		

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO /1	2	94.113294	47.056647	4.625	0.0102
METODO /2	2	347.157683	173.578841	17.060	0.0000
Erro	314	3194.899036	10.174838		

APÊNDICE 11 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA O ENCANOAMENTO EM TÁBUAS NA CONDIÇÃO VERDE

Análise de variância para o encanoamento em tábuas na condição verde – desdobramento da classe diamétrica dentro de cada método de desdobro

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO*CLASSE	2	166.709326	83.354663	3.256	0.0398
erro	317	8114.162549	25.596727		
Total corrigido	319	8280.871875			
CV (%) =	121.64				
Média geral:	4.1593750	Número de observações:	320		

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CLASSE /1	1	38.549285	38.549285	1.506	0.2207
CLASSE /2	1	55.654761	55.654761	2.174	0.1413
CLASSE /3	1	746.735617	746.735617	29.173	0.0000
Erro	317	8114.162549	25.596727		

Análise de variância para o encanoamento em tábuas na condição verde – desdobramento do método de desdobro dentro de cada classe diamétrica

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO	2	2039.735105	1019.867553	59.301	0.0000
CLASSE	1	674.230337	674.230337	39.204	0.0000
METODO*CLASSE	2	166.709326	83.354663	4.847	0.0085
erro	314	5400.197106	17.198080		
Total corrigido	319	8280.871875			
CV (%) =	99.70				
Média geral:	4.1593750	Número de observações:	320		

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO /1	2	211.129645	105.564822	6.138	0.0024
METODO /2	2	1995.314787	997.657393	58.010	0.0000
Erro	314	5400.197106	17.198080		

APÊNDICE 12 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A INTENSIDADE DE RACHADURAS EM TÁBUAS NA CONDIÇÃO VERDE

Análise de variância para a intensidade de rachaduras em tábuas na condição verde – desdobramento da classe diamétrica dentro de cada método de desdobro

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO	2	36477.149959	18238.574979	58.146	0.0000
CLASSE	1	564.641460	564.641460	1.800	0.1807
METODO*CLASSE	2	2406.371038	1203.185519	3.836	0.0226
erro	314	98492.237883	313.669547		
Total corrigido		319	137940.400339		
CV (%) =	98.80				
Média geral:	17.9264375	Número de observações:		320	

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO /1	2	8912.425258	4456.212629	14.207	0.0000
METODO /2	2	29971.095738	14985.547869	47.775	0.0000
Erro	314	98492.237883	313.669547		

Análise de variância para a intensidade de rachaduras em tábuas na condição seca – desdobramento do método de desdobro dentro de cada classe diamétrica

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO	2	36477.149959	18238.574979	58.146	0.0000
CLASSE	1	564.641460	564.641460	1.800	0.1807
METODO*CLASSE	2	2406.371038	1203.185519	3.836	0.0226
erro	314	98492.237883	313.669547		
Total corrigido		319	137940.400339		
CV (%) =	98.80				
Média geral:	17.9264375	Número de observações:		320	

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CLASSE /1	1	1259.642543	1259.642543	4.016	0.0459
CLASSE /2	1	618.185245	618.185245	1.971	0.1613
CLASSE /3	1	1093.184710	1093.184710	3.485	0.0629
Erro	314	98492.237883	313.669547		

APÊNDICE 13 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA O EFEITO DA SECAGEM SOBRE A INTENSIDADE DE RACHADURAS EM TÁBUAS

Análise de variância para o efeito da secagem sobre a intensidade de rachaduras

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
N1*N2	5	1251.769338	250.353868	0.404	0.8456
erro	634	392442.009160	618.993705		
Total corrigido	639	393693.778497			
CV (%) =	113.96				
Média geral:	21.8311875	Número de observações:	640		

Onde: N1= condição de umidade; N2= tratamento

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
N1	/1 1	834.761205	834.761205	1.349	0.2460
N1	/2 1	4744.790060	4744.790060	7.665	0.0058
N1	/3 1	826.098221	826.098221	1.335	0.2484
N1	/4 1	1884.320138	1884.320138	3.044	0.0815
N1	/5 1	1387.620771	1387.620771	2.242	0.1348
N1	/6 1	1332.305384	1332.305384	2.152	0.1428
Erro	634	392442.009160	618.993705		

Codificação usada para o desdobramento

cod. N2

- 1 = classe diamétrica 1 destinadas ao desdobro tangencial em bloco
- 2 = classe diamétrica 2 destinadas ao desdobro tangencial em bloco
- 3 = classe diamétrica 1 destinadas ao desdobro radial
- 4 = classe diamétrica 2 destinadas ao desdobro radial
- 5 = classe diamétrica 1 destinadas ao desdobro tangencial em bloco com face curva
- 6 = classe diamétrica 2 destinadas ao desdobro tangencial em bloco com face curva

Teste de Tukey para o desdobramento de N1 dentro da codificação:

1	Tratamentos	Médias	Resultados do teste
	Verde	31.245500	a1
	Seca	37.706000	a1
2	Tratamentos	Médias	Resultados do teste
	Verde	38.358085	a1
	Seca	52.567447	a2
3	Tratamentos	Médias	Resultados do teste
	Verde	11.881897	a1
	Seca	17.219138	a1
4	Tratamentos	Médias	Resultados do teste
	Verde	7.508493	a1
	Seca	14.693562	a1

5		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Verde	18.648205	a1
Seca	27.083846	a1

6		
Tratamentos	Médias	Resultados do teste
Verde	11.416825	a1
Seca	17.920317	a1

APÊNDICE 14 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A INTENSIDADE DE RACHADURAS EM TÁBUAS NA CONDIÇÃO SECA

Análise de variância para a intensidade de rachaduras em tábuas na condição seca – desdobramento da classe diamétrica dentro de cada método de desdobro

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO	2	49593.895810	24796.947905	41.110	0.0000
CLASSE	1	17.850143	17.850143	0.030	0.8635
METODO*CLASSE	2	6983.666465	3491.833233	5.789	0.0034
erro	314	189399.839301	603.184202		
Total corrigido		319	245995.251719		
CV (%) =	95.43				
Média geral:	25.7359375	Número de observações:		320	

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO /1	2	9999.025996	4999.512998	8.289	0.0003
METODO /2	2	46578.536279	23289.268140	38.611	0.0000
Erro	314	189399.839301	603.184202		

Análise de variância para a intensidade de rachaduras em tábuas na condição seca – desdobramento do método de desdobro dentro de cada classe diamétrica

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO	2	49593.895810	24796.947905	41.110	0.0000
CLASSE	1	17.850143	17.850143	0.030	0.8635
METODO*CLASSE	2	6983.666465	3491.833233	5.789	0.0034
erro	314	189399.839301	603.184202		
Total corrigido		319	245995.251719		
CV (%) =	95.43				
Média geral:	25.7359375	Número de observações:		320	

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CLASSE /1	1	2022.695335	2022.695335	3.353	0.0680
CLASSE /2	1	206.158165	206.158165	0.342	0.5592
CLASSE /3	1	4772.663107	4772.663107	7.912	0.0052
Erro	314	189399.839301	603.184202		

APÊNDICE 15 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A LARGURA DAS TÁBUAS NA CONDIÇÃO VERDE

Análise de variância para a largura das tábuas na condição verde – desdobramento da classe diamétrica dentro de cada método de desdobro

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO	2	285223.756511	142611.878256	159.292	0.0000
CLASSE	1	6143.530847	6143.530847	6.862	0.0092
METODO*CLASSE	2	23407.064331	11703.532165	13.072	0.0000
erro	314	281120.327444	895.287667		
Total corrigido	319	595894.679134			
CV (%) =	27.72				
Média geral:	107.9404156	Número de observações:		320	

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CLASSE /1	1	20389.713699	20389.713699	22.774	0.0000
CLASSE /2	1	4030.137572	4030.137572	4.502	0.0346
CLASSE /3	1	5130.743907	5130.743907	5.731	0.0173
Erro	314	281120.327444	895.287667		

Análise de variância para a largura das tábuas na condição verde – desdobramento do método de desdobro dentro de cada classe diamétrica

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO	2	285223.756511	142611.878256	159.292	0.0000
CLASSE	1	6143.530847	6143.530847	6.862	0.0092
METODO*CLASSE	2	23407.064331	11703.532165	13.072	0.0000
erro	314	281120.327444	895.287667		
Total corrigido	319	595894.679134			
CV (%) =	27.72				
Média geral:	107.9404156	Número de observações:		320	

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO /1	2	124461.781766	62230.890883	69.509	0.0000
METODO /2	2	184169.039076	92084.519538	102.855	0.0000
Erro	314	281120.327444	895.287667		

APÊNDICE 16 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A LARGURA DAS TÁBUAS NA CONDIÇÃO SECA

Análise de variância para a largura das tábuas na condição seca – desdobramento da classe diamétrica dentro de cada método de desdobro

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO*CLASSE	2	20254.786099	10127.393050	6.213	0.0023
erro	317	516746.823298	1630.116162		
Total corrigido	319	537001.609398			
CV (%) =	41.66				
Média geral:	96.9253031	Número de observações:	320		

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CLASSE /1	1	16362.608936	16362.608936	10.038	0.0017
CLASSE /2	1	2998.361900	2998.361900	1.839	0.1760
CLASSE /3	1	5028.319593	5028.319593	3.085	0.0800
Erro	317	516746.823298	1630.116162		

Análise de variância para a largura das tábuas na condição seca – desdobramento do método de desdobro dentro de cada classe diamétrica

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO	2	236095.704774	118047.852387	134.050	0.0000
CLASSE	1	4134.504330	4134.504330	4.695	0.0310
METODO*CLASSE	2	20254.786099	10127.393050	11.500	0.0000
erro	314	276516.614195	880.626160		
Total corrigido	319	537001.609398			
CV (%) =	30.62				
Média geral:	96.9253031	Número de observações:	320		

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO /1	2	102164.840040	51082.420020	58.007	0.0000
METODO /2	2	154185.650833	77092.825416	87.543	0.0000
Erro	314	276516.614195	880.626160		

APÊNDICE 17 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A VARIAÇÃO DA ESPESSURA DAS TÁBUAS NA CONDIÇÃO VERDE EM RELAÇÃO À ESPESSURA NOMINAL

Análise de variância para a variação da espessura das tábuas na condição verde em relação à espessura nominal – desdobramento da classe diamétrica dentro de cada método de desdobro

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CLASSE*M_TODO	2	62.237336	31.118668	0.392	0.6760
erro	317	25164.756419	79.384090		
Total corrigido	319	25226.993755			
CV (%) =	93.48				
Média geral:	9.5317188	Número de observações:	320		

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CLASSE /1	1	144.453965	144.453965	1.820	0.1783
CLASSE /2	1	54.860657	54.860657	0.691	0.4064
CLASSE /3	1	8.439691	8.439691	0.106	0.7446
Erro	317	25164.756419	79.384090		

Análise de variância para a variação da espessura das tábuas na condição verde em relação à espessura nominal – desdobramento do método de desdobro dentro de cada classe diamétrica

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
M_TODO*CLASSE	2	62.237336	31.118668	0.392	0.6760
erro	317	25164.756419	79.384090		
Total corrigido	319	25226.993755			
CV (%) =	93.48				
Média geral:	9.5317188	Número de observações:	320		

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
M_TODO /1	2	5397.716828	2698.858414	33.997	0.0000
M_TODO /2	2	6638.207981	3319.103990	41.811	0.0000
Erro	317	25164.756419	79.384090		

APÊNDICE 18 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA A VARIAÇÃO DA ESPESSURA DAS TÁBUAS NA CONDIÇÃO SECA EM RELAÇÃO À ESPESSURA NOMINAL

Análise de variância para a variação da espessura das tábuas na condição seca em relação à espessura nominal – desdobramento da classe diamétrica dentro de cada método de desdobro

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CLASSE*M_TODO	2	11.053379	5.526689	0.127	0.8806
erro	317	13767.983831	43.432126		
Total corrigido	319	13779.037210			
CV (%) =	57.01				
Média geral:	11.5594687	Número de observações:	320		

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CLASSE /1	1	15.456130	15.456130	0.356	0.5512
CLASSE /2	1	28.752705	28.752705	0.662	0.4165
CLASSE /3	1	156.749271	156.749271	3.609	0.0584
Erro	317	13767.983831	43.432126		

Análise de variância para a variação da espessura das tábuas na condição seca em relação à espessura nominal – desdobramento do método de desdobro dentro de cada classe diamétrica

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
M_TODO*CLASSE	2	11.053379	5.526689	0.127	0.8806
erro	317	13767.983831	43.432126		
Total corrigido	319	13779.037210			
CV (%) =	57.01				
Média geral:	11.5594687	Número de observações:	320		

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
M_TODO /1	2	55.003005	27.501502	0.633	0.5284
M_TODO /2	2	379.466679	189.733339	4.369	0.0131
Erro	317	13767.983831	43.432126		

APÊNDICE 19 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA O RENDIMENTO TOTAL EM MADEIRA SERRADA NA CONDIÇÃO VERDE

Análise de variância para o rendimento total em madeira serrada na condição verde – desdobramento da classe diamétrica dentro de cada método de desdobro

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO*CLASSE	2	17.140300	8.570150	0.849	0.4419
erro	21	211.925796	10.091705		
Total corrigido	23	229.066096			
CV (%) =	8.03				
Média geral:	39.5804167	Número de observações:	24		

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CLASSE /1	1	78.062512	78.062512	7.735	0.0112
CLASSE /2	1	15.764113	15.764113	1.562	0.2251
CLASSE /3	1	12.827112	12.827112	1.271	0.2723
Erro	21	211.925796	10.091705		

Análise de variância para o rendimento total em madeira serrada na condição verde – desdobramento do método de desdobro dentro de cada classe diamétrica

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO	2	111.174633	55.587317	89.037	0.0000
CLASSE	1	89.513438	89.513438	143.378	0.0000
METODO*CLASSE	2	17.140300	8.570150	13.727	0.0002
erro	18	11.237725	0.624318		
Total corrigido	23	229.066096			
CV (%) =	2.00				
Média geral:	39.5804167	Número de observações:	24		

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO /1	2	57.966867	28.983433	46.424	0.0000
METODO /2	2	70.348067	35.174033	56.340	0.0000
Erro	18	11.237725	0.624318		

APÊNDICE 20 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA O RENDIMENTO TOTAL EM MADEIRA SERRADA NA CONDIÇÃO SECA

Análise de variância para o rendimento total em madeira serrada na condição seca – desdobramento da classe diamétrica dentro de cada método de desdobro

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO*CLASSE	2	8.265808	4.132904	0.962	0.3983
erro	21	90.218687	4.296128		
Total corrigido	23	98.484496			
CV (%) =	6.51				
Média geral:	31.8170833	Número de observações:	24		

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CLASSE /1	1	18.911250	18.911250	4.402	0.0482
CLASSE /2	1	7.960050	7.960050	1.853	0.1879
CLASSE /3	1	0.103512	0.103512	0.024	0.8781
Erro	21	90.218687	4.296128		

Análise de variância para o rendimento total em madeira serrada na condição seca – desdobramento do método de desdobro dentro de cada classe diamétrica

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO	2	50.535658	25.267829	21.685	0.0000
CLASSE	1	18.709004	18.709004	16.056	0.0008
METODO*CLASSE	2	8.265808	4.132904	3.547	0.0503
erro	18	20.974025	1.165224		
Total corrigido	23	98.484496			
CV (%) =	3.39				
Média geral:	31.8170833	Número de observações:	24		

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO /1	2	46.451017	23.225508	19.932	0.0000
METODO /2	2	12.350450	6.175225	5.300	0.0148
Erro	18	20.974025	1.165224		

APÊNDICE 21 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA O RENDIMENTO EM MADEIRA
SERRADA DESCONTANDO AS RACHADURAS NA CONDIÇÃO
VERDE

Análise de variância para o rendimento em madeira serrada descontando as rachaduras na condição verde – desdobramento da classe diamétrica dentro de cada método de desdobro

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO*CLASSE	2	93.746908	46.873454	2.128	0.1440
erro	21	462.504892	22.024042		
Total corrigido	23	556.251800			
CV (%) =	15.36				
Média geral:	30.5600000	Número de observações:	24		

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CLASSE /1	1	136.207512	136.207512	6.184	0.0214
CLASSE /2	1	29.491200	29.491200	1.339	0.2602
CLASSE /3	1	4.018613	4.018613	0.182	0.6736
Erro	21	462.504892	22.024042		

Análise de variância para o rendimento em madeira serrada descontando as rachaduras na condição verde – desdobramento do método de desdobro dentro de cada classe diamétrica

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO	2	362.721025	181.360512	137.086	0.0000
CLASSE	1	75.970417	75.970417	57.424	0.0000
METODO*CLASSE	2	93.746908	46.873454	35.430	0.0000
erro	18	23.813450	1.322969		
Total corrigido	23	556.251800			
CV (%) =	3.76				
Média geral:	30.5600000	Número de observações:	24		

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO /1	2	59.524617	29.762308	22.497	0.0000
METODO /2	2	396.943317	198.471658	150.020	0.0000
Erro	18	23.813450	1.322969		

APÊNDICE 22 - ANÁLISE ESTATÍSTICA PARA O RENDIMENTO EM MADEIRA SERRADA DESCONTANDO AS RACHADURAS NA CONDIÇÃO SECA

Análise de variância para o rendimento em madeira serrada descontando as rachaduras na condição seca – desdobramento da classe diamétrica dentro de cada método de desdobro

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO*CLASSE	2	102.683433	51.341717	2.749	0.0870
erro	21	392.198829	18.676135		
Total corrigido	23	494.882262			
CV (%) =	20.26				
Média geral:	21.3287500	Número de observações:	24		

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
CLASSE /1	1	42.827513	42.827513	2.293	0.1449
CLASSE /2	1	6.072612	6.072612	0.325	0.5746
CLASSE /3	1	54.653512	54.653512	2.926	0.1019
Erro	21	392.198829	18.676135		

Análise de variância para o rendimento em madeira serrada descontando as rachaduras na condição seca – desdobramento do método de desdobro dentro de cada classe diamétrica

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO	2	379.101900	189.550950	279.054	0.0000
CLASSE	1	0.870204	0.870204	1.281	0.2725
METODO*CLASSE	2	102.683433	51.341717	75.585	0.0000
erro	18	12.226725	0.679262		
Total corrigido	23	494.882262			
CV (%) =	3.86				
Média geral:	21.3287500	Número de observações:	24		

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
METODO /1	2	64.634017	32.317008	47.577	0.0000
METODO /2	2	417.151317	208.575658	307.062	0.0000
Erro	18	12.226725	0.679262		