

**AVALIAÇÃO DA MADEIRA DE *Eucalyptus* sp.  
PARA A PRODUÇÃO DE PISO A PARTIR DE  
TORAS DE PEQUENOS DIÂMETROS**

**IÊDO SOUZA SANTOS**

**2008**

**IÊDO SOUZA SANTOS**

**AVALIAÇÃO DA MADEIRA DE *Eucalyptus* sp. PARA A PRODUÇÃO  
DE PISO A PARTIR DE TORAS DE PEQUENOS DIÂMETROS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração em Processamento e Utilização da Madeira para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. José Tarcísio Lima

LAVRAS  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2008

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da  
Biblioteca Central da UFLA**

Santos, Iêdo Souza.

Avaliação da madeira de *Eucalyptus* sp. para a produção de piso a partir de toras de pequenos diâmetros / Iêdo Souza Santos. – Lavras : UFLA, 2008.

66 p. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2008.

Orientador: José Tarcísio Lima.

Bibliografia.

1. Piso. 2. Madeira. 3. Eucalyptus sp. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 634.97342

**IÊDO SOUZA SANTOS**

**AVALIAÇÃO DA MADEIRA DE *Eucalyptus* sp. PARA A PRODUÇÃO  
DE PISO A PARTIR DE TORAS DE PEQUENOS DIÂMETROS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração em Processamento e Utilização da Madeira, para a obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 28 de novembro 2008

Prof. Dr. Paulo Fernando Trugilho                      UFLA

Prof. Dr. Giovanni Francisco Rabelo                      UFLA

Prof. Dr. José Tarcísio Lima

UFLA

(Orientador)

LAVRAS

MINAS GERAIS – BRASIL

## ENTRADA NA MADEIRA

*“Com minha razão apenas, com os meus dedos,...  
de secretas madeiras inclusas,  
e ando entre úmidas fibras arrancadas  
ao vivo ser de substância e silêncio.  
Doce matéria...morta  
diante de tuas pálidas espadas mortas,...  
diante de tua silenciosa multidão.  
Sou eu empreendedor  
sou eu com meus lamentos sem origem,  
sem alimento, insone, sozinho,  
entrando escurecidos corredores  
chegando à tua matéria misteriosa.  
Poros, veios, círculos de doçura,  
peso, temperatura silenciosa,  
flechas pessa, à tua alma caída,  
seres adormecidos na tua boca espessa,  
poeira de doces polpa consumida,  
cinza cheia de apagadas almas,...  
e à vossa vida, à vossa morte juntai-me,  
e a vossos materiais submetidos,  
a vossas mortas pombas neutras,  
e façamos fogo, e silêncio, e sim  
e andamos, e calemos, e simos.”*

Pablo Neruda (1904 - 1973)

À “Vovó Chiquinha”, pela inspiração (*in memoriam*).

#### DEDICO

Aos meus pais, Benedito e Fátima, por tudo.

As minhas irmãs, Antonia Maria e Iêda, pela força.

Aos meus sobrinhos, Jhon, Ianca, Leticia e Tarsila, pela alegria.

#### OFEREÇO

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida.

Ao meu orientador, professor José Tarcisio Lima, sou especialmente grato pelos ensinamentos e dedicação na orientação dos trabalhos realizados.

À Fapemig, pela concessão de bolsa de estudos.

À empresa V&M, pela doação de material utilizado no presente trabalho.

Aos professores Paulo Fernando Trugilho e Geovanni Francisco Rabelo, pelas valiosas contribuições no momento da defesa.

Aos professores do curso de Engenharia Florestal da UFLA, pelo ensinamento, convívio e amizade. Em especial, ao professor José Reinaldo Moreira da Silva, pela co-orientação e ao Dr. Osmar Romeiro de Aguiar, pelo apoio e incentivo.

Aos funcionários Carlos Henrique, Bernardo “Seu Vico”, José Francisco “Zé Fazenda” (serraria), Ernani, Gilson (marcenaria) e Claret (Laboratório de Tecnologia).

Às secretarias Cristiane, Rose, Francisca, Renatinha (Cerne) e às funcionárias Meire e Luciléia e ao Seu Zé.

Aos colegas Allan, Gabriel, Murilo, Pedro Paulo, Pollyana Rios, Laurenn, Mariana, Mateus, Leo, Edy, Renato, Paulo, Ana Carolina, Selma, Lívia, Benedito, Marcelo, Hudson, Kalliene, Renata Renzo, Clésio, Vássia, Luciana, Renata, Maíra, Natalia, Thisa, Bola, Adalberto, Nerci, Ricardo, Débora, Marina e Lina, pela amizade e ajuda no desenvolvimento do meu experimento.

Aos amigos Carla, Dessiree, Duda, Alan, Faustin, Nory, Clavícula, Raiana, Taís, Dagna, Carolina, Cassiana em especial Gleyce, Marisa, Meire, Simonne e Vitor.

A Luciano Pinto da Silva, pela força e ajuda durante a realização deste trabalho.

Aos amigos e companheiros de república, Edilson e Joaquim Junior.

Aos casais Rommleo & Juliana e Éber Lúcio/Tassiana, pela amizade e apoio.

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

## SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT .....	ii
1 INTRODUÇÃO .....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO .....	4
2.1 A produção e o mercado de piso de madeira no Brasil.....	4
2.2 Espécies utilizadas para a produção e tipos de pisos de madeira.....	4
2.3 Piso de madeira maciça.....	7
2.4 A utilização do gênero <i>Eucalyptus</i> como matéria-prima na produção de piso de madeira maciça .....	8
2.4.1 Propriedades físicas da madeira importantes para a produção de piso .....	10
2.4.1.1 Densidade .....	10
2.4.1.2 Retratabilidade.....	10
2.4.1.3 Umidade.....	11
2.4.2 O desdobro da madeira de <i>Eucalyptus</i> e suas implicações na utilização como madeira maciça .....	11
2.4.2.1 Rendimento da madeira .....	12
2.4.2.2 Defeitos pós-desdobro .....	13
2.4.3 A secagem de <i>Eucalyptus</i> e seus reflexos na produção de piso.....	13
2.4.3.1 Secagem convencional.....	14
2.4.3.2 Defeitos de secagem .....	15
2.5 Avaliação dos pisos de madeira maciça.....	16
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	17
3.1 Caracterização da região de coleta do material.....	18
3.2 Amostragem e coleta .....	18
3.3 Propriedades físicas .....	18
3.3.1 Densidade básica.....	19
3.3.2 Retratabilidade.....	20
3.3.2.1 Contrações tangenciais e radiais .....	20
3.3.2.1 Contrações volumétricas.....	21
3.4 Desdobro.....	21

3.5 Avaliação dos defeitos pós-desdobro.....	22
3.5.1. Dimensões das tábuas .....	22
3.5.2 Rachadura das peças .....	23
3.5.2.1 Rachadura de topo .....	23
3.5.2.2 Rachadura de superfície.....	24
3.5.3 Empenamentos.....	25
3.5.3.1 Encurvamento das tábuas.....	25
3.5.3.2 Arqueamento das tábuas .....	26
3.5.3.3 Encanoamento.....	27
3.6 Classificação dos defeitos.....	27
3.7 Secagem da madeira .....	28
3.8 Defeitos pós-secagem .....	29
3.8.1 Avaliação do colapso pós-secagem em estufa convencional.....	29
3.8.2 Classificação do colapso .....	31
3.9 Ensaio de simulação de piso em serviço.....	32
3.9.1 Preparo dos corpos-de-prova .....	32
3.9.2 Ensaio de impacto da esfera de aço cadente .....	32
3.9.3 Ensaio da carga rolante.....	36
3.9.4 Ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas ...	38
3.10 Análises estatísticas .....	40
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	41
4.1 Densidade básica.....	41
4.2 Retratibilidade.....	43
4.3 Desdobro.....	48
4.4 Secagem.....	51
4.5 Simulação do piso em uso .....	55
4.5.1 Piso com 8 mm de espessura .....	55
4.5.2 Piso com 14 mm de espessura .....	57
5 CONCLUSÕES .....	60
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61

## RESUMO

SANTOS, Iêdo Souza. **Avaliação da madeira de *Eucalyptus* sp. para a produção de piso a partir de toras de pequenos diâmetros.** 2008. 66 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira/Processamento e Utilização da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

Árvores de *Eucalyptus* sp. com diâmetro médio de 20 cm são consideradas como pequenas por algumas indústrias de base florestal. Entretanto, existem aquelas que produzem pisos de dimensões pequenas e que podem aproveitar essas árvores. A produção de pisos de madeira a partir de toras de pequenas dimensões de *Eucalyptus* sp. contribui para o aumento da diversidade de aplicações desse gênero. Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a madeira de dois clones MN 249 e MN 89 de *Eucalyptus*, visando à produção de pisos a partir de toras de pequenos diâmetros. Foram considerados as propriedades físicas da madeira, o rendimento do desdobro das toras e a avaliação dos defeitos das tábuas pós-desdobro e pós-secagem, como também a simulação do produto em serviço. O desdobro utilizado foi o tangencial balanceado paralelo ao centro da tora e a avaliação do pós-desdobro e pós-secagem foi conforme adaptações feitas em normas para medição e classificação de madeiras serradas de folhosas. Para a avaliação do colapso foi utilizado um software de análise de imagem. Foram realizados os ensaios de simulação de uso para piso de madeira com duas espessuras (8 e 14 mm). A densidade básica do clone MN 89 encontrada foi maior. As contrações foram maiores no clone MN 249, no entanto, o coeficiente de anisotropia desse clone foi menor. Para o rendimento pós-desdobro foi superior o clone MN 89 e pós-secagem no clone MN 249. O defeito mais evidente pós-desdobro foi rachadura de topo e, pós-secagem, foi o colapso. A secagem durou 17 dias e a umidade da madeira atingiu 11%. Para os ensaios de simulações de uso, o piso produzido pelo clone MN 249 foi o que teve o menor índice de deformação. No piso de 8 mm de espessura, além das diferença entre clones, houve interação entre as posições para o ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas. As deformações obtidas para o piso com 14 mm de espessura, produzido com o clone MN 89, foram superiores às encontradas na literatura para o ensaio de endentação por carga aplicada sobre área pequena. O clone MN 249 apresentou os melhores resultados em ambas as espessuras.

---

\* Comitê orientador: José Tarcísio Lima – UFLA (Orientador), José Reinaldo Moreira da Silva (Co – orientador) – UFLA

## ABSTRACT

SANTOS, Iêdo Souza. **Evaluation of *Eucalyptus* sp. wood for flooring production from small diameters logs.** 2008. 66 p. Dissertation (Master in Wood Science and Technology/Processing and Utilization of Wood)-Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.\*

*Eucalyptus* sp. trees with 20 cm of diameter are considered small by some forestry industries. However, industries that produce small dimensions floorings can use these trees. The production of floorings using small dimensions *Eucalyptus* sp. logs contributes to increase their diversity of applications. The aim of this work was to evaluate two *Eucalyptus* clones, MN 249 and MN 89, for the production of floorings using small diameter logs. The physical properties, the logs sawing yield, the board defects post-sawing and post-kiln drying and the simulated service testing of wood flooring were considered. The balanced tangential parallel to the log center sawing was used. The evaluation of the post-sawing and post-drying were done according to adaptations applied in the standards of measurement and classification to tropical lumber. The collapse was evaluated using image analysis software. The simulated service of wood flooring was done using two thickness flooring (8 and 14 mm). The basic density of the clone MN 89 was higher. The shrinkages were higher in the clone MN 249, but its anisotropic coefficient was lower. The yield post-sawing was higher in the clone MN 89, however the yield post-drying was higher to the clone NM 249. The most evident defect post-sawing was end-splitting and post-drying was the collapse. The drying process spent 17 days and the wood moisture content reached 11%. The clone MN 249 presented the lowest damage for the simulated service testing. The 8 mm thick floorings presented, besides the differences between clones, interaction between the test positions and indentation caused by loads applied on small areas. The deformations obtained to the 14 mm thick floorings produced with clone MN 89 were higher than those founded in the literature considering the indentation tests applied on small areas. The clone MN 249 presented the best results in both thicknesses.

---

\* Advising Committee: José Tarcísio Lima (Adviser) – UFLA; José Reinaldo Moreira da Silva (Co – adviser) – UFLA

## 1 INTRODUÇÃO

As indústrias de base florestal estão inseridas no contexto do crescimento industrial brasileiro que é reflexo do aumento da produção e do consumo de produtos de maior valor agregado.

Na construção civil, o consumo de piso de madeira aumenta a cada ano e a matéria-prima usada na confecção desse produto ainda é proveniente de florestas nativas, em especial da Amazônia. A diversidade de espécies utilizadas na produção de piso é pequena quando comparada ao grande número de essências florestais disponíveis com potencial de uso.

Devido a barreiras ambientais existentes para as espécies nativas, principalmente quando se considera a seletividade da matéria-prima que é utilizada, surge a necessidade de procurar espécies alternativas para atender à demanda de utilização de piso, como as das plantações florestais. O *Eucalyptus* se apresenta como uma dessas alternativas.

As florestas de produção surgiram no Brasil com a finalidade principal de abastecer as indústrias de papel e as siderúrgicas, sendo o *Eucalyptus* o principal gênero cultivado e melhorado geneticamente. Porém, pesquisas para a obtenção de material melhorado, com a finalidade de utilizá-lo como madeira maciça, cresceram nos últimos anos. Esse material genético torna-se uma opção viável e competitiva no abastecimento para indústrias, dentre elas as de piso.

Entre 1996 e 2007, a produção de piso de madeira apresentou acréscimo de 13,6% e o consumo de 16,6% (Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente - ABIMCI, 2007). A espécie *Eucalyptus grandis* Hill faz parte desse contexto, pois a confecção de pisos com madeira dessa essência, proveniente de plantação, já é uma realidade em indústrias do setor. Padilha et al. (2006) identificaram madeiras de clones de *Eucalyptus* com potencial para a produção de piso.

Durante a manutenção das florestas de produção, alguns tratamentos silviculturais são aplicados, dentre eles o desbaste, que tem como finalidade diminuir a concorrência entre árvores, dando melhores condições de crescimento às remanescentes. Dependendo da época em que essa técnica é aplicada, as árvores desbastadas já possuem diâmetros que as deixam aptas a serem utilizadas pela indústria.

Árvores de *Eucalyptus* com diâmetro em torno de 25 cm são normalmente consideradas como pequenas por algumas indústrias de base florestal, que também classificam essa madeira como de baixa qualidade devido à predominância do lenho juvenil. Entretanto, existem indústrias que produzem pisos de dimensões pequenas e que podem aproveitar essas árvores, sejam elas provenientes de desbaste ou não. Para elas, pesquisas que possam avaliar sua viabilidade para a produção de pisos se tornam necessárias.

Dentre os vários tipos de pisos disponíveis no mercado existe o *parquet*, que são peças de dimensões pequenas e menos espessas que podem ser instaladas individualmente ou em forma de mosaico. Muito utilizados no passado, em castelos e palácios, os *parquet*, devido ao seu tamanho, eram manipulados pelos artesãos que montavam verdadeiras obras de arte. Atualmente, ainda é muito empregada em ambientes de pouca circulação da casa.

A produção industrial de *parquet* representa uma forma de aproveitamento dos resíduos do processo de obtenção dos pisos maiores, como o assoalho, por exemplo. Não existe uma linha de produção exclusiva desse produto e, sim, sublinha de reaproveitamento de material, identificando-se a possibilidade de produção desse produto com madeira de eucalipto com pequenos diâmetros.

A produção de pisos de madeira a partir de toras de pequenas dimensões de *Eucalyptus* aumenta a diversidade de aplicações desse gênero,

disponibilizando um aumento na oferta de material de construção e acabamento para o mercado consumidor.

Do ponto de vista social, a indústria madeireira causa impacto significativo na geração de empregos, devido ao contingente de mão-de-obra empregada. No segmento de produção de piso, essa característica se torna mais evidente, pois a classificação desse produto ainda é feita manualmente no Brasil.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar dois clones de *Eucalyptus* para a produção de pisos a partir de toras de pequenos diâmetros, considerando as propriedades físicas da madeira, o rendimento, os defeitos das tábuas pós-desdobro e pós-secagem, assim como a simulação do uso do produto em serviço.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 A produção e o mercado de piso de madeira no Brasil**

De acordo com ABIMCI (2003), as indústrias de produção de pisos de madeira são relativamente recentes, em relação a outras indústrias beneficiadoras de madeira. Em função disso, os dados a respeito desse segmento são atuais, porém, escassos. Entretanto, essa indústria experimentou um processo de modernização bastante acentuado nos últimos anos. Dentre os tipos de pisos produzidos no país, 42,2% são de madeira maciça e 57,8% de piso laminado (Associação Nacional dos Produtores de Pisos de Madeira – ANPM, 2008).

O piso de madeira (laminados e sólido) teve um crescimento da ordem de 13,6% ao ano. O consumo desse produto, por sua vez, apresentou crescimento superior, chegando a 16,6% ao ano. A produção e o consumo desse produto no ano de 2006 alcançaram 33 e 17 milhões de m<sup>3</sup>, respectivamente, movimentando mais de US\$ 600 milhões no mesmo ano (ABIMCI, 2007).

As exportações brasileiras desse segmento estão direcionadas, em sua maioria, para os Estados Unidos. No entanto, alguns países da União Européia e o Japão vêm ocupando posição de destaque como importadores. O consumo interno de piso de madeira ainda não é expressivo, sendo grande o desafio dos produtores para conquistar o mercado interno e isso tem acontecido devido à divulgação e à popularização do produto.

### **2.2 Espécies utilizadas para a produção e tipos de pisos de madeira**

As principais espécies utilizadas para a produção de piso de madeira maciça, no Brasil (ANPM, 2008) estão apresentadas na Tabela 1. A escolha da essência florestal depende do uso e do tipo de peça a ser confeccionada, e, obviamente, da estética do produto requerido.

TABELA 1 – Principais espécies madeireiras utilizadas na produção de piso

Nome vulgar	Nome científico
Amendoim	<i>Pterogyne nitens</i>
Cabreúva-vermelha	<i>Miroxylon balsamum</i>
Cumaru	<i>Dipteryx odorata</i>
Ipê	<i>Tabebuia</i> sp.
Jatobá	<i>Hymenaea</i> sp.
Muiracatiara	<i>Astronium lecointei</i>
Pau-marfim	<i>Balfourodendron riedelianum</i>
Perobinha	<i>Aspidosperma sunbincanum</i>
Roxinho	<i>Peltogyne recifensis</i>
Sucupira	<i>Diploptropis purpurea</i>

Fonte: ANPM (2008).

Segundo a ANPM (2008), os tipos de pisos maciços podem ser *decks* (utilizados em ambientes externos) e *flooring* (utilizados em ambientes internos), sendo os mais produzidos no país (Tabela 2). O local onde foi instalado é um importante fator a ser considerado, na escolha de qual o piso é mais adequado. As características de cada um dos principais tipos pisos de madeira que existem no mercado são variadas, apesar da semelhança entre eles (Padilha et al., 2006).

TABELA 2 – Principais tipos de piso de madeira maciça produzidos no Brasil

<b>Assoalho</b>
Peças com encaixe macho e fêmea em 2 ou 4 lados, geralmente apresentam uma largura fixa e comprimentos variáveis (30 a 214 cm).
<b>Lamparquet</b>
São tacos de dimensões reduzidas. Espessuras variam de 8 a 10 mm; larguras variam de 45 a 60 mm; comprimentos variam de 230 a 300 mm.
<b>Listone</b>
Variante da tábua-corrída. Tem acabamento macho e fêmea em quatro lados para encaixe.
<b>Mini Strip</b>
Variante do listone, porém com dimensões reduzidas. Tem acabamento macho e fêmea em quatro lados, para encaixe, lixado, com cantos adoçados. Espessura de 10 mm; largura de 60 ou 70 mm; e comprimento de 300 a 900 mm.
<b>Parquet</b>
Peças de pequenas dimensões (12 x 3 cm) podendo variar de 5 a 14 mm de espessura, varia do taco. São coladas em papel com formatos diferentes ou individuais. Para a sua instalação é necessário um contra piso.
<b>Parquetone</b>
São tacos de dimensões médias. Espessuras de 10 mm; larguras variam de 60 a 75 mm; comprimentos variam de 360 a 450 mm.
<b>Super Taco</b>
Consiste no taco tradicional. Espessura de 20 mm; larguras variam de 70 a 100 mm; comprimentos variam de 360 a 420 mm.
<b>Piso Chanfrado</b>
Apresentam as bordas das peças chanfradas.
<b>Piso Reto</b>
As bordas das peças são retas com ângulo de 90°.
<b>Piso Rústico</b>
É um tipo de piso composto por peças com superfície irregulares. O piso fica com uma aparência de rústico.
<b>Piso pré Acabado</b>
Piso já envernizado pronto para instalar.
<b>Piso sem Acabamento</b>
Piso que é envernizado após a instalação.
<b>Taco</b>
Peças de dimensões fixas e, geralmente, múltiplas do comprimento em relação à largura. Pode ter encaixe macho e fêmea nos 4 lados.

Fonte: Adaptado de ANPM (2008).

### **2.3 Piso de madeira maciça**

O piso de madeira maciça é aquele em que há apenas o beneficiamento da madeira, sem combinações com outros tipos de produtos processados. Silva & Bittencourt (2002) definem piso como uma superfície qualquer, contínua ou não, construída com a finalidade de permitir o trânsito leve ou pesado. Alguns fatores devem ser considerados:

- estética: o pavimento deve ficar em harmonia com o ambiente;
- economia: o custo do material para o piso tem que ser levado em consideração, bem como o desgaste, a conservação e a manutenção do mesmo;
- qualidade: resistência ao trânsito e inalterabilidade de cor e de dimensão, entre outras características;
- segurança: o piso deve possuir características, como ser antiderrapante, silencioso, atóxico e duradouro.

Segundo ANPM (2006), para escolher a madeira para a produção de piso, algumas características devem ser levadas em consideração como:

- disponibilidade de volume ofertado pelo mercado;
- ferramentas exigidas para trabalhar durante a produção;
- cor e tonalidade da madeira;
- resistência física e mecânica;
- densidade de média a alta; e
- resistência natural ao ataque de xilófagos.

Dentre as madeiras tradicionalmente utilizadas para pisos recentemente, o mercado vem oferecendo o eucalipto. Algumas características físicas e mecânicas dessas espécies são apresentadas na Tabela 3.

TABELA 3 – Características físicas e mecânicas de espécies madeireira utilizadas na produção de pisos

Espécie	Densidade a 15 % g/cm <sup>3</sup>	C R %	C T %	C V %	Resistência à compressão paralela às fibras kgf/cm <sup>2</sup>
Ipê	0,96	4,3	7,2	11,4	745
Jatobá	0,97	3,1	7,2	10,7	838
Cumaru	0,95	5,0	7,6	12,0	951
Pau -marfim	0,84	4,9	9,6	15,4	601
Cabreúva	0,95	4,0	6,7	11,0	725
Amendoim	0,77	3,5	6,5	11,0	725
Eucalipto	0,69	6,8	13,4	23,4	502

Fonte: ANPM (2006).

CR – Contração Radial; CT – Contração Tangencial; CV – Contração Volumétrica.

#### 2.4 A utilização do gênero *Eucalyptus* como matéria-prima na produção de piso de madeira maciça

Nogueira (1991) recomenda, para assoalho de madeira, nove espécies do gênero *Eucalyptus*. Avaliando sete clones desse mesmo gênero, Padilha et al. (2006) identificaram madeiras com potencialidade para aplicação de piso.

Produtora de assoalhos e *parquets*, a Indusparquet consome 2.500 m<sup>3</sup>/mês de madeira, entre nativas e eucalipto. Do total, 50% são exportados para Europa, Egito, Argentina, Estados Unidos e Ásia. Os Estados Unidos e a Europa absorvem 80% da produção de piso de eucalipto (Remade, 2002).

Em comunicação pessoal, o Sr. Marcos Ducatti, responsável pela qualidade e criação de novos produtos daquela empresa, relata que, atualmente, a produção do piso de eucalipto somente é feita sob encomenda, por meio de serviço terceirizado para a empresa Lyptus. O volume produzido corresponde a 1% do total mensal da Indusparquet.

O gênero *Eucalyptus* pertence à família das Myrtaceae, que possui mais de 600 espécies, variedades e híbridos, ocorrendo naturalmente no continente australiano, na Indonésia e ilhas adjacentes.

Embora as espécies do gênero *Eucalyptus* tenham sido introduzidas nos países do hemisfério sul no final do século passado, nas últimas décadas, verificou-se um aumento expressivo de área plantada. Segundo a Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas - ABRAF (2008), o Brasil tem 3.751.867 hectares de *Eucalyptus*, sendo o estado de Minas Gerais, com 1.105.961 hectares, o maior produtor nacional dessa madeira.

Esse maciço florestal do estado mineiro está organizado, em sua maioria, nas chamadas florestas de produção, que surgiram no Brasil com a finalidade principal de abastecer as indústrias de papel, celulose e as siderurgias (com carvão). O *Eucalyptus* é o gênero mais cultivado e melhorado geneticamente. Pesquisas para a obtenção de material melhorado, com a finalidade de utilizá-lo como madeira maciça, vêm aumentando nos últimos anos, o que possibilitará a viabilidade de abastecimento industrial, inclusive para a produção de piso. A sua utilização, pela indústria, deixou de ser uma alternativa como matéria-prima madeireira, tornando-se uma realidade a sua transformação em produtos à base de madeira maciça (Jankowsky et al., 2000). Segundo Padilha et al. (2006), nos últimos anos, o emprego de *Eucalyptus* como fonte de matéria-prima para madeira serrada vem crescendo significativamente.

O reprocessamento da madeira serrada, também denominado processamento secundário ou beneficiamento, visa transformar a madeira serrada bruta (matéria-prima secundária) em produtos acabados. Essa é a tendência que se observa nas indústrias madeireiras, uma vez que o beneficiamento é a fase que irá agregar valor à madeira (Jankowsky et al., 2004) e a produção de piso de madeira maciça participa desse quadro.

Cruz et al. (2003), ao estudarem a madeira de sete clones de *Eucalyptus*, concluíram que elas possuem características satisfatórias para serem utilizados na indústria madeireira.

#### **2.4.1 Propriedades físicas da madeira importantes para a produção de piso**

Segundo Silva & Souza (1992), dentre as propriedades físicas da madeira, as de extrema importância para as aplicações na produção de pisos são a densidade e a retratibilidade. Devido às relações água-madeira, a umidade é um importante fator a ser observado no piso de madeira, devendo verificar a umidade de equilíbrio antes de ser instalado o piso, para reduzir as contrações e expansões.

##### **2.4.1.1 Densidade**

A densidade básica é uma das principais características e a mais estudada devido à sua importância na indicação de usos da madeira.

Essa propriedade da madeira é obtida numa relação entre a massa absolutamente seca e o volume verde. Segundo Panshin & Zeeuw (1980), a densidade é uma das características fundamentais, uma vez que ela apresenta correlações com as demais características da madeira.

A densidade como parâmetro de qualidade tem ampla aceitação, devido à sua correlação com as demais propriedades de uso final da madeira (Padilha et al., 2006). Segundo Lima (1999), a densidade do *Eucalyptus* tem grande variabilidade entre e dentro da árvore, sendo maior no sentido medula-casca.

##### **2.4.1.2 Retratibilidade**

A retratibilidade da madeira é resultado da sua contração nos seus diferentes sentidos, podendo ser parcial ou total. Segundo Haygreen & Bowyer (1996) a contração ocorre com retirada forçada da água higroscópica e a

proporcionalidade desse fenômeno é de acordo com sua saída e a quantidade de massa da parede celular (Panshin & Zeeuw, 1970).

Segundo Skaar (1972), a contração e o inchamento, nos três diferentes sentidos, caracterizam a madeira como anisotrópica. O coeficiente de anisotropia é a relação entre a contração do eixo tangencial e o radial.

#### **2.4.1.3 Umidade**

A umidade da madeira deve ser compatível com as condições ambientais de uso, evitando e reduzindo as indesejáveis variações dimensionais (Mills, 1991).

Segundo Del Menezzi (2006), quando um piso de madeira maciça será instalado, deve-se levar em consideração a sua umidade. A umidade de equilíbrio média é proporcionada pelas condições ambientais do local de uso (interior e exterior) e os valores de contração e inchamento da espécie da madeira.

Para os países do hemisfério norte, recomenda-se uma umidade média entre 6% e 8%, além de considerar o comportamento anisotrópico da madeira (Haygreen & Bowyer, 1996). De acordo com a Remade (2008), a faixa de umidade entre 6% e 14% é satisfatória para a produção de piso nas condições climáticas brasileira.

#### **2.4.2 O desdobro da madeira de *Eucalyptus* e suas implicações na utilização como madeira maciça**

A madeira de eucalipto exige cuidados no desdobro porque, além da presença de tensões internas de crescimento, suas propriedades físicas e mecânicas são heterogêneas (Ferreira et al., 2004).

Nos últimos anos, vários estudos vêm sendo desenvolvidos com o objetivo de aumentar o rendimento do desdobro e melhorar a qualidade da madeira serrada de eucalipto. Dentre eles se destacam os de:

- Del Menezzi (1999), que estudou a utilização de um método combinado de desdobro e secagem para a produção de madeira serrada de duas espécies de *Eucalyptus* com diferentes idades;
- Crêspo (2000), que avaliou as tensões de crescimento e suas conseqüências, controláveis e não controláveis, no desdobro e na secagem da madeira de duas espécies de *Eucalyptus* com 20 anos de idade;
- Rocha (2000), que estudou a viabilidade de duas espécies *Eucalyptus* como fonte de matéria-prima para serraria;
- Ferreira et al. (2004), que estudaram a influência de métodos de desdobro tangenciais no rendimento e na qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus*.

#### **2.4.2.1 Rendimento da madeira**

O rendimento é o resultado do balanceamento entre o volume que entra em tora no desdobro e o que sai em madeira serrada, que possa ser aproveitado para a comercialização.

Segundo Del Menezzi (1999), o maior diâmetro produz o maior rendimento. Esse mesmo autor concluiu que o rendimento do *E. grandis* varia em diferentes posições na tora.

Ferreira et al. (2004), pesquisando métodos diferentes de desdobro, encontraram maior rendimento em clone que não tinha o maior diâmetro, deixando evidente que a metodologia empregada é uma variável importante a ser analisada no momento do desdobro.

#### **2.4.2.2 Defeitos pós-desdobro**

Os defeitos apresentados na madeira de eucalipto após o seu desdobro estão relacionados com as tensões de crescimento e a qualidade do fuste. Del Menezzi (1999) concluiu que o pior defeito é o arqueamento, isso do ponto de vista de utilização de peças produzidas. Esse defeito é gerado pela liberação das tensões de crescimento residuais na tora, no momento do desdobro.

Ferreira et al. (2004) concluíram que o método adequado pode diminuir o índice de defeito provocado durante o processo de desdobro.

#### **2.4.3 A secagem de *Eucalyptus* e seus reflexos na produção de piso**

A secagem é uma operação que merece atenção especial, pois, se não for conduzida de forma correta, leva a grandes perdas em volume de madeira serrada, devido ao surgimento das rachaduras e empenamentos das peças durante o processo. Uma alternativa é buscar o desenvolvimento de tecnologia de secagem, buscando soluções que permitam reduzir perdas (Galvão & Jankowsky, 1985).

O processo de secagem da madeira resulta em contrações lineares diferenciadas. Em sua revisão, Ducartti et al. (2001) citam Lamb que considera a madeira adequadamente seca, quando apresentar os seguintes atributos:

- livre de defeitos visíveis, tais como rachaduras, empenamentos, colapsos e manchas;
- umidade compatível com o uso pretendido;
- mínimo de variação na umidade, tanto dentro de cada peça como entre todas as peças;
- livre das tensões de secagem.

Segundo Barbosa et al. (2005), a madeira de *Eucalyptus* é difícil de secar sem que ocorram defeitos, dentre eles empenamentos, colapsos e

rachaduras. Esses defeitos são causados pela elevada instabilidade dimensional e a dificuldade de movimentação da água na madeira.

Os principais defeitos encontrados na secagem de *Eucalyptus* são colapso, empenamento (arqueamento, curvamento, torcimento e encanoamento) e rachaduras (topo e superficial) (Ciniglio, 1998; Barbosa et al., 2005). Esses defeitos refletem diretamente na qualidade e no rendimento do piso.

Analisando dados de empresas auditadas pela ANPM, Figueiredo et al. (2008) constataram que entre os itens que foram reprovados o maior percentual está relacionado com a secagem da madeira.

Santos & Lima (2007) em seus estudos observaram uma porcentagem significativa de pisos com defeitos relacionados com a secagem, os encontrados foram: arqueamento, encurvamento, torcimento, rachadura de topo e superficial.

#### **2.4.3.1 Secagem convencional**

O processo de secagem convencional é o mais empregado no mundo. A temperatura neste método se desenvolve de 40°C até 100°C, sendo conduzido em estufas com temperatura, umidade relativa e velocidade do ar controladas. A secagem da madeira obedece a um programa previamente estabelecido (Santini, 1992).

Segundo Galvão & Jankowsky (1985), as principais vantagens deste método, quando comparado com a secagem ao ar livre, são:

- a) redução do período de secagem;
- b) maior controle sobre os defeitos de secagem;
- c) diminuição de ataque na madeira causado por fungos e insetos;
- d) controle da umidade da madeira a teores pré-determinados para qualquer época do ano;
- e) dispensa a utilização de grandes pátios para a secagem natural de amplos volumes de madeira;

- f) redução da higroscopicidade;
- g) diminuição da movimentação dimensional da madeira.

Contudo, o processo de secagem artificial ocasiona o surgimento de tensões internas na madeira, que são o resultado de diferentes contrações, o que resulta em defeitos, dentre eles o colapso, o qual deprecia a madeira e, segundo Barbosa et al. (2005), é um fator limitante.

#### **2.4.3.2 Defeitos de secagem**

A ocorrência de defeitos na madeira, entre outros aspectos, pode estar associada ao processo inicial de formação, ao desdobro e à secagem, na qual ocorre grande perda de material (Brandão, 1989).

O conhecimento adequado do comportamento dos defeitos da madeira antes e após a secagem é fundamental na orientação e na seleção de matéria-prima e a obtenção de um produto final com qualidade.

Segundo Santini (1992), o conhecimento da madeira e de técnicas de secagem permite exercer um controle mais rigoroso sobre o processo, enquanto a identificação das causas dos defeitos de secagem possibilita a adoção das medidas necessárias para prevenir os defeitos desfavoráveis sobre a qualidade da madeira.

Os principais defeitos de secagem e os de maior ocorrência podem ser agrupados (Galvão & Jankowsky, 1985; Ponce & Watai, 1985; Santini, 1992; Ciniglio, 1998; Barbosa et al., 2005):

- **empenamento** – são distorções que ocorrem na peça de madeira em relação aos planos originais de sua superfície. São decorrentes de retrações diferenciadas que surgem nas peças submetidas à secagem, podendo ser causa desse fenômeno a anisotropia da madeira, o lenho inicial e tardio, a madeira juvenil e adulta e a diferença entre o cerne e o alborno. Os empenamentos são classificados como a diferença nas

contrações radial e tangencial, em consequência de grã irregular ou de desvios das tensões de crescimento da árvore, sendo conhecidos como arqueamento, encurvamento, encanoamento e torcimento;

- **rachaduras** – são defeitos evidenciados durante o processo de secagem, localizadas, basicamente, no topo e na superfície. Resultado de condições severas durante a secagem artificial, quando baixas umidades relativas provocam a rápida secagem das camadas superficiais, levando-as a valores inferiores ao ponto de saturação das fibras. Já nas camadas internas, a umidade encontra-se superior a 30%. Se os esforços originados, devido a essa diferença de gradiente, exceder a resistência da madeira, ocorrerá o surgimento das rachaduras superficial ou de topo;
- **colapso** – é um defeito que ocorre em algumas espécies quando a madeira saturada é submetida à secagem, quando a temperatura do bulbo seco é extremamente elevada nos estágios iniciais do processo de secagem em estufas. Normalmente, ocorre em madeiras poucos permeáveis, como o eucalipto, por exemplo. Consiste numa contração excessiva e irregular do lenho, caracterizada não apenas por uma deformação anormal das peças, como também uma pronunciada alteração das células do lenho, que ficam com a aparência de esmagadas. Esse fenômeno ocorre durante a remoção da água livre ou capilar do inteiro da madeira.

## **2.5 Avaliação dos pisos de madeira maciça**

Existe uma especificação da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (1984), por meio da NBR 6451-84, referente a piso de madeira maciça. Esta norma é antiga e simplificada, sendo insuficiente para atender às demandas e às exigências dos consumidores atuais. O padrão de qualidade não é citado no texto que se restringe aos padrões dimensionais.

Nos últimos anos, uma das principais ações da ANPM foi o desenvolvimento de um programa de qualidade, com o objetivo de agregar valor e qualidade aos pisos de madeira. O programa envolve, principalmente, a adaptação e a elaboração de especificações técnicas, o estabelecimento de uma marca de conformidade para os produtos e um sistema de gerenciamento baseado em avaliações de qualidade e auditorias de conformidade (Jankowsky et al., 2004). As indústrias cujos produtos atendem aos requisitos de qualidade e constância são autorizadas a usar a marca de conformidade da ANPM.

De acordo com Rezende (2007), os sistemas de certificações são conduzidos de acordo com as relações do processo de normalização e conteúdo das normas. Para a Organização Mundial do Comércio (OMC), a equivalência e o reconhecimento mútuo são ferramentas facilitadoras de mercado em relação às medidas técnicas.

Atualmente, os ensaios realizados no meio acadêmico são baseados em normas internacionais, como, por exemplo, a ASTM D 2394-83 (American Society for Testing and Materials – ASTM, 1994). Padilha et al. (2006), em seu trabalho de avaliação da qualidade da madeira de *Eucalyptus* para a produção de piso, utilizaram a referida norma com algumas adaptações.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

Este trabalho foi desenvolvido na Universidade Federal de Lavras, especificamente na Unidade Experimental de Desdobro e Secagem de Madeira, Laboratório de Tecnologia da Madeira e no Laboratório de Usinagem, no Departamento de Ciências Florestais.

### 3.1 Caracterização da região de coleta do material

O material para o estudo foi coletado próximo ao município de Paraopeba, MG, latitude 19°17'48,6" e longitude 44°30'51,23", predominando Latossolo Vermelho-Escuro. O clima é quente e seco durante a maior parte do ano, as chuvas concentram-se entre os meses de outubro e março e a precipitação anual é de 1.200 mm.

### 3.2 Amostragem e coleta

As amostras de madeira foram coletadas na Fazenda Itapuã, da V&M Florestal Ltda., localizada em Paraopeba, MG, entre espécies e clones plantados pela empresa, que utiliza esse material para a produção de carvão.

Foram selecionadas seis árvores por material genético, cujas idades e as procedências estão descritas na Tabela 4. Para este estudo, foram utilizadas as duas primeiras toras das árvores, com 3,50 metros de comprimento cada.

TABELA 4 – Material genético utilizado

Clone	Idade (anos)	Origem
MN 249	11	<i>E. camaldulensis</i>
MN 89	10	<i>E. urophylla</i>

### 3.3 Propriedades físicas

As propriedades físicas foram determinadas de acordo com a norma NBR 7190/97 (ABNT, 1997), tanto para a densidade básica como para a retratibilidade. As dimensões dos corpos-de-prova foram de 2 x 3 x 5 cm nos eixos radial, tangencial e longitudinal, respectivamente, conforme Figura 1.

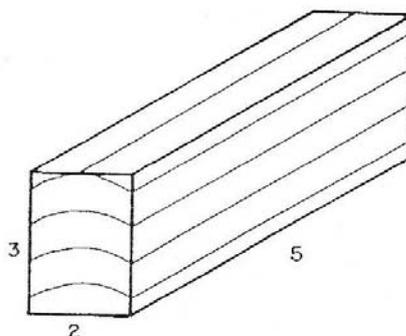


FIGURA 1 – Corpo-de-prova utilizado no ensaio de densidade básica e retratibilidade.

### 3.3.1 Densidade básica

Os corpos-de-prova utilizados foram retirados de discos cortados na primeira tora, denominada de base (0), no topo da mesma tora, denominado de meio (50) e no topo da segunda tora (100). A umidade foi mantida acima do ponto de saturação das fibras, utilizando imersão em recipientes que possibilitam o uso de vácuo. A densidade básica foi calculada de acordo com a equação 1.

$$Db = \frac{m_s}{V_{sat}} \times 100 \quad (1)$$

em que:

$Db$  = densidade básica

$m_s$  = massa seca

$V_{sat}$  = volume verde

### 3.3.2 Retratabilidade

Para essa propriedade, foram utilizados os mesmos corpos-de-prova empregados para a obtenção da densidade básica. Foram medidas apenas as contrações radiais e tangenciais. Devido à sua pequena magnitude, a contração longitudinal foi descartada.

#### 3.3.2.1 Contrações tangenciais e radiais

As contrações lineares totais foram medidas depois que as amostras foram secas em estufa com circulação de ar forçada, gradativamente, até peso constante, à temperatura de  $105^{\circ}\text{C}\pm 2$ . As dimensões lineares, no sentido radial e tangencial, foram obtidas diretamente nos corpos-de-prova, em pontos previamente marcados, por meio de paquímetro digital com precisão de 0,01 mm, com sistema de coleta de dados acoplado a um computador. As contrações lineares foram calculadas de acordo com as equações 2 e 3.

$$CT = \frac{(T_i - T_f)}{T_i} \times 100 \quad (2)$$

$$CR = \frac{(R_i - R_f)}{R_i} \times 100 \quad (3)$$

em que:

$CT$  = contração tangencial (%);

$T_i$  = medição linear tangencial verde (mm);

$T_f$  = medição linear tangencial a 0% de umidade (mm);

$CR$  = contração radial (%);

$R_i$  = medição linear radial verde (mm);

$R_f$  = medição linear radial a 0% de umidade (mm).

### 3.3.2.1 Contrações volumétricas

Para as contrações volumétricas totais, as medidas foram feitas nos corpos-de-prova verdes e a 0%. Os volumes foram obtidos por meio de imersão em água destilada. As contrações volumétricas foram calculadas de acordo com a equação 4.

$$CVT = \frac{(V_{verde} - V_{seco})}{V_{verde}} \times 100 \quad (4)$$

Onde:

$CVT$  = contração volumétrica total (%);

$V_{verde}$  = volume da amostra verde (cm<sup>3</sup>);

$V_{seco}$  = volume da amostra seca em estufa (cm<sup>3</sup>).

### 3.4 Desdobro

Antes do desdobro, as toras foram cubadas com o auxílio de uma suta e de uma trena, segundo as normas do Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal - IBDF (1984). As medidas foram feitas em três posições (Figura 2), sendo consideradas duas medidas em cada posição e utilizou-se a média para o cálculo do volume.

O desdobro foi realizado em serra de fita simples regulada para produzir peças de 2,5 e 1,5 cm de espessura, segundo o método usado por Ferreira et al. (2004), denominado de tangencial balanceado paralelo ao centro da tora.

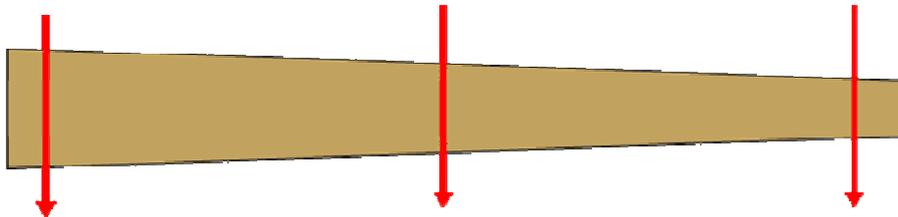


FIGURA 2 – Forma de obtenção dos diâmetros nas toras antes do desdobro

### 3.5 Avaliação dos defeitos pós-desdobro

#### 3.5.1. Dimensões das tábuas

Assim que as peças foram produzidas, as espessuras e as larguras foram medidas em três pontos [ponta (A), meio (B) e ponta (C)] conforme (Figura 3), utilizando-se um paquímetro digital e uma régua metálica graduada em 0,5 mm. As peças provenientes da serra de fita simples tiveram a largura medida após serem canteadas na serra circular, com o objetivo de obter peças com a maior largura possível, quinas vivas e sem a presença de cascas. Os comprimentos das tábuas foram medidos com trena graduada em milímetro. O volume das tábuas foi calculado tomando-se por base as menores dimensões obtidas. Esse volume foi empregado no cálculo de rendimento do desdobro.

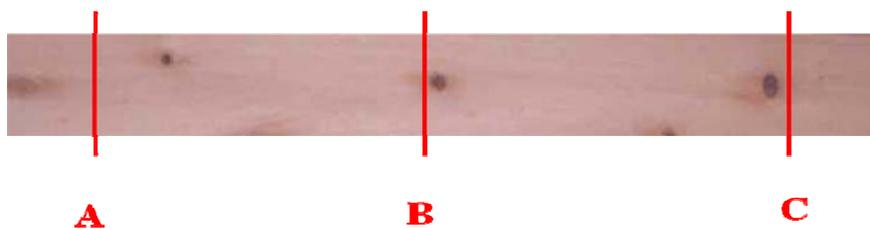


FIGURA 3 – Método de medição para posições consideradas nas tábuas pós-desdobro.

### 3.5.2 Rachadura das peças

Após o corte das tábuas, foram coletados os dados de comprimento das rachaduras de superfície e de topo em cada peça que as apresentavam.

#### 3.5.2.1 Rachadura de topo

A rachadura de topo foi medida conforme a Figura 3 e seu cálculo feito de acordo com a expressão 5:

$$Rt = \frac{(l_1 + l_2)}{L} * 100 \quad (5)$$

em que:

$Rt$  = índice da rachadura de topo, %;

$l_1 + l_2$  = comprimento individual da maior rachadura nas extremidades das tábuas, mm;

$L$  = comprimento total da peça, mm.

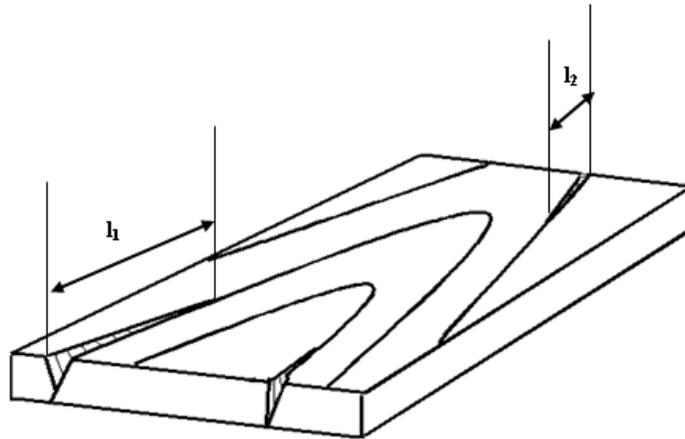


FIGURA 4 – Método de medição das rachaduras de topo nas peças.

Fonte: Rocha (2000).

### 3.5.2.2 Rachadura de superfície

A rachadura de superfície foi medida conforme ilustrado na Figura 5 e o seu cálculo seguiu a expressão 6.

$$R_s = \frac{\left( \sum_{i=1}^n l_i \right)}{L} * 100 \quad (6)$$

em que:

$R_s$  = índice da rachadura de superfície, %;

$\sum_{i=1}^n l_i$  = somatório dos comprimentos das rachaduras de superfície, mm;

$L$  = comprimento total da peça, mm.

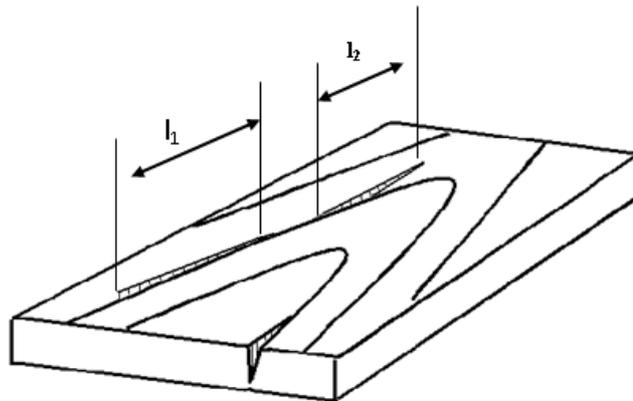


FIGURA 5 – Esquema da medição da rachadura de superfície.

Fonte: Rocha (2000).

### 3.5.3 Empenamentos

Os empenamentos (encurvamento, encanoamento e arqueamento) das tábuas recém-desdobradas foram medidos com auxílio de um paquímetro digital (0,01 mm) no local de maior flecha, esticando-se uma linha de náilon presa nas extremidades da tábua.

#### 3.5.3.1 Encurvamento das tábuas

O encurvamento foi quantificado pelo comprimento da flecha em relação ao comprimento da peça, conforme a equação 7. Esse defeito nas tábuas é ilustrado na Figura 6.

$$E = \frac{F}{L} \quad (7)$$

em que:

$E$  = encurvamento da tábua (mm/m);

$F$  = flecha (mm);

$L$  = comprimento da peça (m).

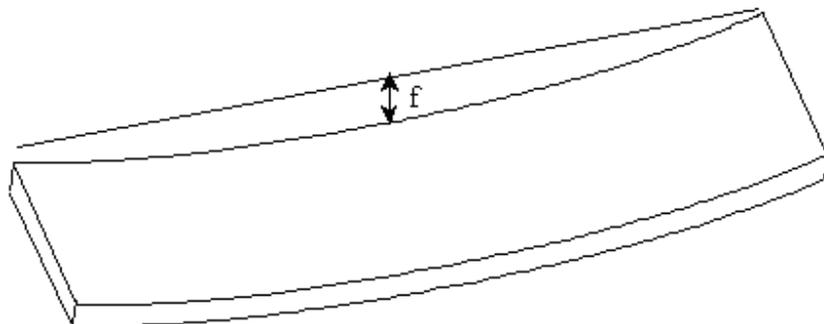


FIGURA 6 – Encurvamento das tábuas

Fonte: Ferreira et al. (2004).

### 3.5.3.2 Arqueamento das tábuas

O arqueamento foi medido esticando-se uma linha ao longo da lateral da tábua e medindo-se o local de maior afastamento, quantificado pelo comprimento da flecha em relação ao comprimento da peça, conforme equação 8. O arqueamento das tábuas está ilustrado na Figura 7.

$$A = \frac{F}{L} \quad (8)$$

em que:

$A$  = arqueamento da tábua (mm/m);

$F$  = flecha (mm);

$L$  = comprimento da peça (m).

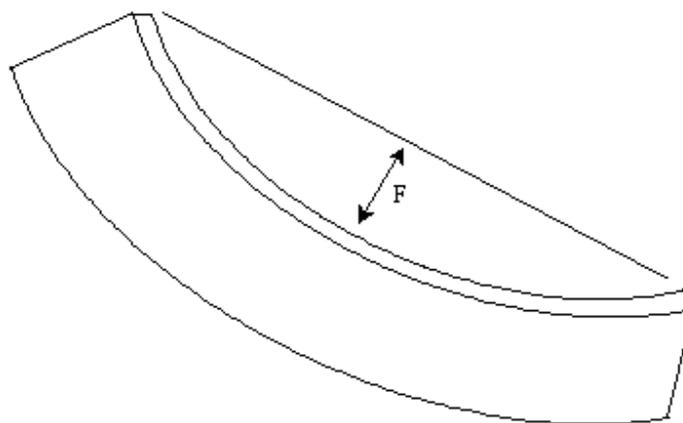


FIGURA 7 – Arqueamento das tábuas

Fonte: Ferreira et al. (2004).

### 3.5.3.3 Encanoamento

Os valores de encanoamento foram considerados como suas flechas máximas, em milímetros e medidos conforme a Figura 8, de acordo com a equação 9.

$$Ec = \frac{2 * F}{L} * 100 \quad (9)$$

em que:

$Ec$  = encanoamento da tábua (mm/m);

$F$  = flecha (mm);

$L$  = comprimento da peça (m).

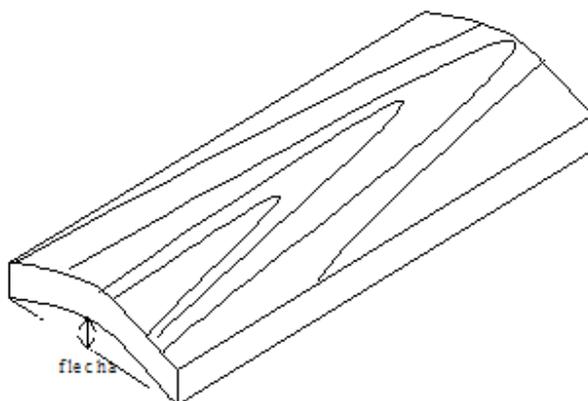


FIGURA 8 – Esquema de medição do encanoamento das tábuas

Fonte: Rocha (2000).

### 3.6 Classificação dos defeitos

A classificação foi baseada nas Normas para Classificação de Madeira Serrada de Folhosas (IBDF, 1984), em que foram admitidos valores  $\leq 5$  mm para

o arqueamento,  $\leq 4$  mm para encanoamento,  $\leq 5$  mm para encurvamento e  $\leq 10\%$  para rachaduras. Com base nestes valores, construiu-se a Tabela 5, na qual “ausente” significa o não aparecimento do defeito, “leve” é o valor abaixo ou igual ao permitido pela norma e “forte” é a magnitude do defeito acima do valor aceito pela norma.

TABELA 5 – Critérios de classificação da intensidade dos defeitos nas tábuas recém-desdobradas e após a secagem.

Defeitos	Intensidade		
	Ausente	Leve	Forte
Arqueamento, mm/m	Ar = 0	Ar $\leq$ 5	Ar $\geq$ 5
Encanoamento, mm	En = 0	En $\leq$ 4	En $\geq$ 4
Encurvamento, mm/m	Ev = 0	Ev $\leq$ 5	Ev $\geq$ 5
Rachaduras, %	Ra = 0	Ra $\leq$ 10	Ra $\geq$ 10

Ar = arqueamento, En = encanoamento, Ev = encurvamento, Ra = rachaduras

### 3.7 Secagem da madeira

Após o desdobro, definiram-se as dimensões das tábuas em 1,5 e 2,5 cm x 280 cm de comprimento, com largura variável em função do diâmetro das toras.

A secagem foi conduzida em um secador convencional, com capacidade para 2 m<sup>3</sup> de madeira, sistema de queima e secagem automatizados. O sistema de circulação do ar é realizado por um ventilador lateral sem inversão de circulação. O programa de secagem foi de acordo com Barbosa et al. (2005) (Tabela 6).

TABELA 6 – Programa de secagem elaborado para clones de madeiras de *Eucalyptus* (Barbosa et al., 2005).

Umidade da madeira (%)	TS (°C)	TU (°C)	UR (%)	UE (%)	P S
Aquecimento	40	39	94	22,0	-
>35	40	38	85	17,0	2,00
30	40	35	75	13,6	2,20
25	48	42	70	11,5	2,17
20	56	47	62	9,5	2,10
15	60	46	44	6,5	2,30
12	66	50	43	6,0	2,30
Uniformização	66	60	74	11,5	-
Condicionamento	66	62	82	13,5	-

TS = temperatura de bulbo seco; TU = temperatura de bulbo úmido; UR = umidade relativa; UE = umidade de equilíbrio e PS = potencial de secagem.

### 3.8 Defeitos pós-secagem

Os defeitos pós-secagem na forma de rachaduras e empenamentos foram avaliados conforme descrito no item 3.5 e classificados no item 3.6. Adicionalmente, foi analisado o colapso.

#### 3.8.1 Avaliação do colapso pós-secagem em estufa convencional

A determinação deste defeito ocorreu por meio da comparação da área da seção transversal da tábua, cortada a 40 cm do topo com contração normal e a área cortada também a 40 cm da tábua com deformação (colapsada). A área normal foi calculada pela medição da largura e espessura da tábua e a área com colapso avaliada com o uso do software de análise de imagem – Image Pro Plus. Para esta metodologia, amostras de 1 cm foram retiradas do topo das tábuas,

identificadas, digitalizadas individualmente e inseridas no software de imagem previamente calibrado (Figura 9). O colapso foi calculado conforme mostrado na Figura 10 e de acordo com as expressões 10 e 11.

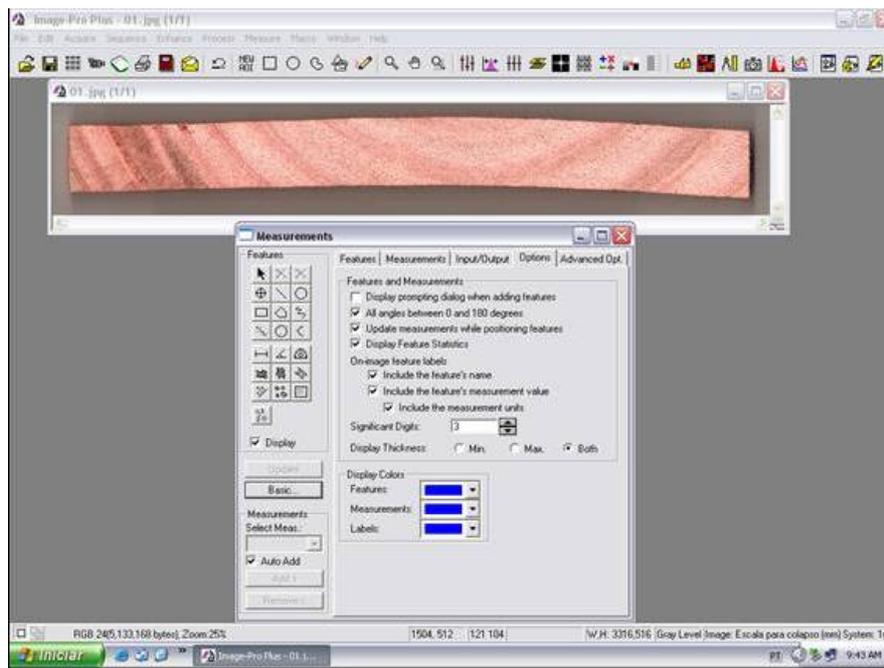


FIGURA 9 – Exemplo de uma amostra digitalizada e inserida no programa de análise de imagem.

Fonte: Baraúna et al. (2008).

$$IC\% = \frac{AC}{AN} \times 100 \quad (10)$$

em que:

$IC\%$  = índice representativo do colapso (%);

$AC$  = área colapsada, em  $cm^2$ ;

$AN$  = área normal, em  $cm^2$ .

$$AN = A \times B \quad (11)$$

em que:

$A$  = largura da tábua após a secagem, em cm;

$B$  = espessura da tábua com contração normal, em cm.

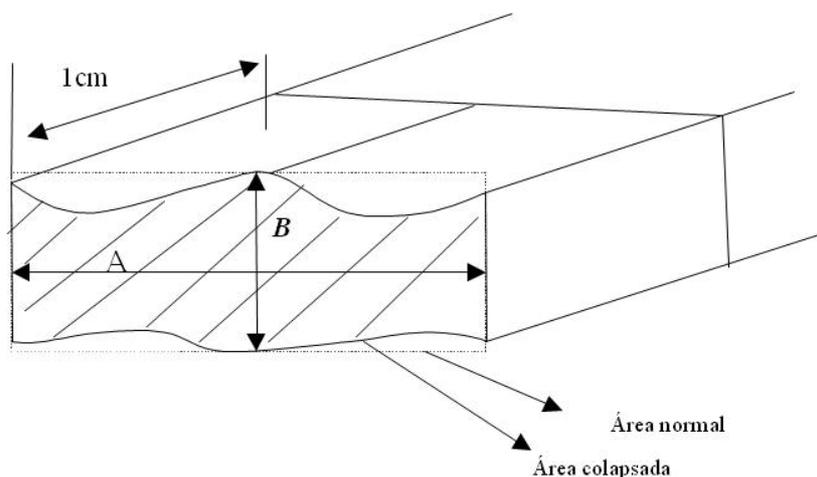


FIGURA 10 – Esquema da medição do colapso

Fonte: Barbosa et al. (2004).

### 3.8.2 Classificação do colapso

Com base na classificação adotada por Barbosa et al. (2005), foram definidos valores de intensidade do colapso após a secagem. Na Tabela 7, “ausente” expressa o não aparecimento do defeito, “leve” é o valor igual ou abaixo permitido pela classificação do autor e “forte” é a extensão do defeito acima do valor expresso.

TABELA 7 – Critério de classificação da intensidade do colapso após secagem.

Defeitos	Intensidade		
	Ausente	Leve	Forte
Colapso (%)	Co = 100	Co ≥ 98	Co ≤ 98

Co = colapso

### 3.9 Ensaio de simulação de piso em serviço

Os ensaios de simulação de piso de madeira em serviço foram realizados de acordo com a norma ASTM D 2394-83 (ASTM, 1994), com adaptações. Esta norma descreve a execução e as medições das depressões dos ensaios do impacto da esfera de aço cadente, da carga rolante, da endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas. As máquinas utilizadas para esses ensaios simulados foram adaptadas dos trabalhos de Padilha et al. (2006), com sistemas de automação para deslocamentos das cargas e algumas adaptações.

#### 3.9.1 Preparo dos corpos-de-prova

As tábuas dos clones, após processadas na Unidade Experimental de Desdobro e Secagem, foram levadas para o Laboratório de Usinagem da Madeira (no DCF/UFLA), onde foram confeccionados 1.200 corpos-de-prova com dimensões de 240 x 25 x 14 mm e 240 x 25 x 8 mm. Posteriormente, os corpos-de-prova foram transportados para uma câmara climática [ $T = (20 \pm 2)^\circ\text{C}$  e  $UR = (65 \pm 5)\%$ ] do Laboratório de Tecnologia da Madeira (DCF/UFLA), com a finalidade de mantê-los com a umidade de 12,0%, para a realização dos ensaios de simulação dos pisos em serviço.

#### 3.9.2 Ensaio de impacto da esfera de aço cadente

O equipamento utilizado para os ensaios é constituído, basicamente, de: uma pequena torre com 12 subdivisões ao longo de sua altura; uma base plana

fixa, na qual o corpo-de-prova é apoiado; uma plataforma móvel, que possui um eletroímã e se desloca verticalmente nas subdivisões e uma unidade de impacto, constituída por uma esfera de aço, de 51 mm de diâmetro e massa de 535,0 g (FIGURA 11). O ensaio consiste em liberar, das 12 diferentes alturas, a unidade de impacto sobre um corpo-de-prova. O corpo-de-prova é apoiado na base fixa, enquanto a plataforma móvel é deslocada verticalmente, obtendo-se as diferentes alturas de 15 a 180 cm. A seguir, posiciona-se o corpo-de-prova e aciona-se o eletroímã pela chave liga-desliga, prendendo a esfera de aço. Posteriormente, essa esfera é liberada desligando-se a chave liga-desliga. Uma folha de carbono é colocada sobre o corpo-de-prova para realçar a área de impacto que facilita a medição da depressão causada pela esfera (Figura 12).

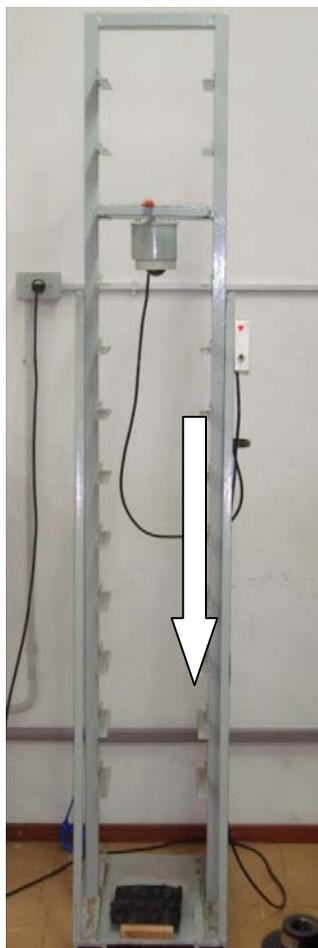


FIGURA 11 – Equipamento utilizado para o ensaio de impacto da bola de aço cadente.

Fonte: Adaptado de Martins (2008).



FIGURA 12 – Corpo-de-prova com depressões causadas pelo impacto da esfera de aço, realçadas pelo papel carbono.

Foram utilizados 18 corpos-de-prova, para cada altura de queda e por clone e para cada posição (central, intermediária e externa), tendo sido realizadas três repetições de impacto em cada amostra, na mesma altura de queda, totalizando 36 medições.

A mensuração da depressão foi realizada por meio de um relógio comparador, medindo-se quatro pontos externos e um ponto central à circunferência da depressão (Figura 13). A profundidade da depressão foi determinada pela diferença entre a média dos pontos externos e o valor do ponto central (Equação 12).

$$P_d = L_e - L_i \quad (12)$$

em que:

$P_d$  = depressão causada pelo impacto da esfera de aço cadente, mm;

$L_e$  = média aritmética das leituras externas à circunferência da depressão;

$L_i$  = leitura interna no ponto central da depressão.

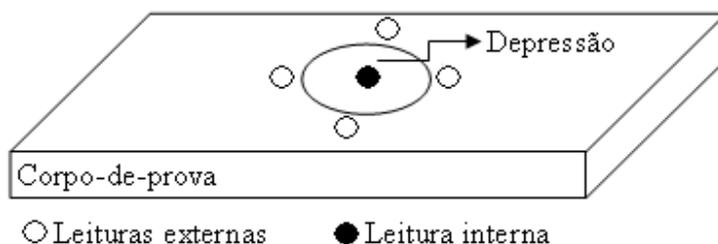


FIGURA 13 – Desenho esquemático das leituras realizadas nos corpos-de-prova do ensaio de impacto da esfera de aço cadente.

Fonte: Martins (2008).

Com os pares de valores da endentação produzida e a altura da queda da esfera de aço, foi realizada análise de regressão, obtendo-se uma equação do primeiro grau. A partir dessa equação, foi possível calcular um índice de endentação à altura de 180 mm, indicada como índice de qualidade pela Norma ASTM D 2394-83 (ASTM, 1994).

### 3.9.3 Ensaio da carga rolante

Para este ensaio, foi utilizada a máquina de simulação de arraste de objetos sobre o piso (Figura 14). Ela é composta de uma base de ferro de 1750 x 400 mm, que suporta os corpos-de-prova posicionados num ângulo de 45° entre o eixo axial da madeira e o sentido de deslocamento da carga, por uma unidade móvel com três rodas, sendo duas apoiadas sobre os trilhos e uma sobre os pisos, que exerce a carga de 890 N e por trilhos por onde o carro desliza e um motor elétrico que realiza o deslocamento do carro.



FIGURA 14 – Máquina utilizada no ensaio da carga rolante.

Fonte: Adaptado de Martins (2008).

Inicialmente, os corpos-de-prova foram distribuídos aleatoriamente, lado a lado, sobre a base de ferro, com inclinação de  $45^\circ$  em relação ao eixo de deslocamento do carro. Posteriormente, realizaram-se 10 viagens e foi medida a profundidade da depressão observada, pela diferença entre as médias de três leituras internas e seis externas (Equação 13 e Figura 15). Essa metodologia também foi aplicada após a 25ª e a 50ª viagens. É importante ressaltar que uma viagem corresponde a uma única passagem do carro sobre os corpos-de-prova, podendo ser ida ou volta. Todas as leituras das depressões foram efetuadas na região central dos corpos-de-prova para evitar efeitos de instabilidade na aplicação da carga sobre as bordas.

$$D = L_e - L_i \quad (13)$$

em que:

$D$  = depressão;

$Le$  = leituras externas;

$Li$  = leituras internas.

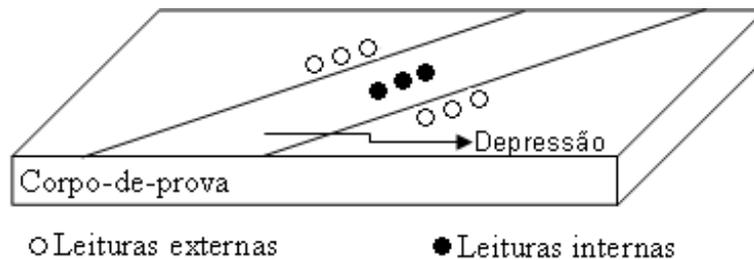


FIGURA 15 – Esquema de medição da profundidade da depressão para o ensaio da carga rolante

Fonte: Martins (2008).

#### 3.9.4 Ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas

Para realização do ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas, foi utilizada a máquina apresentada na Figura 16. Essa máquina é constituída de uma estrutura de ferro, um rolo móvel de 235 x 150 mm (comprimento x diâmetro), que possui 222 dentes cilíndricos de 5 mm de diâmetro, uniformemente distribuídos, uma carga de 890 N e um sistema de transmissão movido por um motor elétrico, que apresenta uma velocidade de 0,06 m/s.



FIGURA 16 – Máquina utilizada no ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas.

Fonte: Adaptado de Martins (2008).

No ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas, foram utilizados 482 corpos-de-prova, igualmente distribuídos para os clones e três posições. Foram realizadas 100 viagens, podendo ser ida ou volta. A seguir, as endentações foram medidas, por meio de relógio comparador, em pontos centrais dos corpos-de-prova. Em cada ponto, foram feitas cinco medições, sendo quatro externamente e uma internamente à endentação (FIGURA 17). O valor da endentação foi determinado pela diferença entre a média das medições externas e o valor da medição interna (Equação 14).

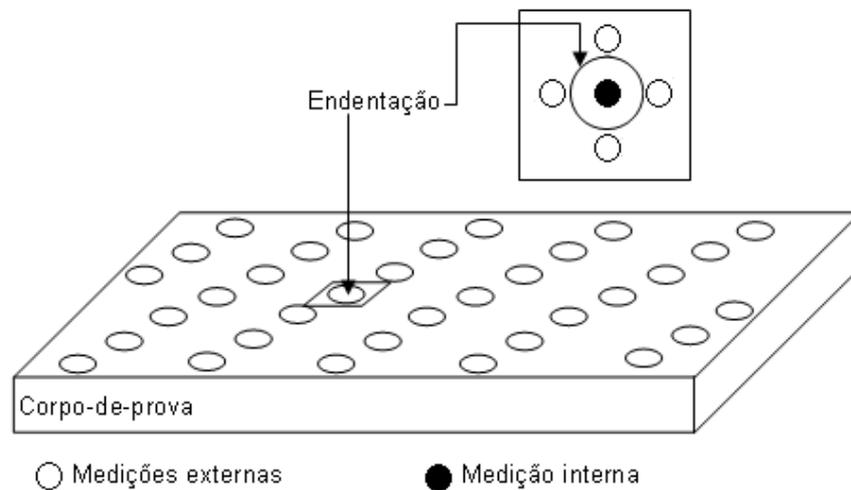


FIGURA 17 – Desenho esquemático das medições da endentação.  
 Fonte: Martins (2008).

### 3.10 Análises estatísticas

O experimento foi realizado segundo um delineamento inteiramente casualizado com seis repetições, dispostos em esquema de parcelas subdivididas, em que o efeito de parcela foi constituído de dois clones (MN 89 e MN 249) e o de subparcela dos posicionamentos de amostragem no sentido medula-casca (central, intermediária e externa). O modelo estatístico considerado é:

$$Y_{ijk} = \mu + C_i + \varepsilon_{ij} + P_k + CP_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

em que:

$Y_{ijk}$  = é o valor da variável resposta da  $i$ -ésima árvore do  $i$ -ésimo clone na  $k$ -ésima posição,  $j = 1..6$ ;

$\mu$  = é uma constante inerente a cada observação;

$C_i$  = efeito do  $i$ -ésimo clone, com  $i = 1,2$ ;

$\varepsilon_{ij}$  = é o erro experimental associado à parcela considerada independente e identicamente distribuída de uma Normal  $\sim (0, \sigma^2a)$

$P_k$  = é o efeito da k-ésima posição, com  $k = 1,2,3$ ;

$CP_{ik}$  = é o efeito da interação entre i-ésimo clone com a k-ésima posição;

$\varepsilon_{ijk}$  = é erro experimental associado à subparcela considerado independente e identicamente distribuído de uma Normal  $\sim (0, \sigma^2b)$ .

Os dados foram submetidos à análise de variância e os efeitos contemplados no modelo testados, com nível nominal de significância de 5%. Os níveis do fator clone foram comparados pelo teste t de Student e os níveis do fator posicionamento comparados pelo teste de Scott-Knott.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A discussão deste trabalho tem como base os resultados encontrados das variações entre clones e dentro das árvores, não havendo avaliação de sítio e idade.

### 4.1 Densidade básica

As médias de densidades básicas encontradas para os clones (Tabela 8) foram maiores que a obtida por Cruz et al. (2003), que obtiveram valor médio de 0,505 g/cm<sup>3</sup>, na caracterização de sete clones de *Eucalyptus* para utilização na indústria madeireira. Também trabalhando com *Eucalyptus*, Silveira (1999) encontrou densidade básica igual a 0,531 g/cm<sup>3</sup>, enquanto Assis (1996) obteve valores variando entre 0,37 e 0,55 g/cm<sup>3</sup>.

TABELA 8 – Média da densidade básica (g/cm<sup>3</sup>) entre clones de *Eucalyptus*.

Clone	Média <sup>1</sup>	Maior	Menor	C.V (%)
MN 249	0,576 b	0,691	0,481	9,257
MN 89	0,615 a	0,750	0,513	

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste t de Student, a 5% de significância.

A densidade básica do clone MN 249 se encontra dentro do intervalo apresentado por Lima (1999) para 26 clones desse mesmo gênero, o qual foi de 0,436 a 0,577 g/cm<sup>3</sup>, enquanto a densidade do clone MN 89 foi superior.

A amplitude de densidade encontrada no sentido medula-casca (Tabela 9) foi maior que a observada por Cruz et al. (2003) nas três posições, com exceção para a externa do clone 7, que foi de 0,632 g/cm<sup>3</sup>, maior que a do clone MN 249. Padilha et al. (2006) encontraram valores para a posição central no clone RB 59 de 0,591 g/cm<sup>3</sup>, sendo maior que as dos clones deste estudo.

TABELA 9 – Densidade básica (g/cm<sup>3</sup>) da madeira de clones de *Eucalyptus* no sentido medula-casca.

Clone	Posição <sup>1</sup>		
	Central	Intermediária	Externa
MN 249	0,542	0,577	0,609
MN 89	0,564	0,644	0,635
Média	0,552 a	0,610 b	0,621 b

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

Observando-se as médias da densidade básica, constata-se que o valor dessa propriedade aumentou no sentido medula-casca para o clone MN 249, estando de acordo com a literatura. O clone MN 89 teve um comportamento

diferente. Os valores médios da posição intermediária foram superiores aos das outras posições.

No sentido longitudinal, os valores são apresentados na Tabela 10. Utilizando uma metodologia similar, Cruz et al. (2003) encontraram, para um de seus clones (clone 7), média de 0,577 g/cm<sup>3</sup> para a posição do topo, sendo este maior que os encontrados neste estudo.

TABELA 10 – Densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus*, em g/cm<sup>3</sup>, no sentido longitudinal.

Clone	Posição		
	Base	Meio	Topo
MN 249	0,580	0,572	0,574
MN 89	0,627	0,613	0,527

As médias apresentadas pelos clones estudados (Tabela 10) seguem um comportamento decrescente no sentido base-topo, no MN 89 e, para o MN 249, os valores são muito próximos.

#### 4.2 Retratibilidade

A contração é uma importante característica a ser observada porque esse defeito pode ser evidenciado durante a utilização da madeira, como em um piso, caso a madeira não seja adequadamente seca. Assim, determinar a contração da madeira nos diferentes eixos pode ser um indicador de uso para o comportamento da madeira e para a sua utilização. Na Tabela 11, são apresentados os resultados dos valores médios, das contrações radiais, tangenciais, volumétricas e os coeficientes de anisotropia.

TABELA 11 – Valores médios obtidos para as contrações e o coeficiente de anisotropia, em porcentagem, para madeiras de dois clones de *Eucalyptus*.

Clone	Tangencial	Radial	Volumétrica	C A
MN 249	10,96 a	6,86 b	17,18 a	1,62 a
MN 89	10,77 a	5,98 a	16,11 a	1,81 a

\*Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste t de Student, a 5% de significância.

As médias estão próximas às apresentadas na literatura; para a contração radial, os valores são inferiores à média encontrada por Moura et al. (2003) para 10 clones, que foi de 9,09% e próximos aos de Carmo (1996), que variaram entre 5,2%-9,7%.

Na contração tangencial, os valores médios apresentados pelos clones MN 249 e MN 89 foram menores que os de Moura et al. (2003), que foram de 13,66%, maiores do que os encontrados por Cruz et al. (2003), de 5,23% e próximos aos de Carmo (1996), que variaram de 8,6% a 16,9%.

A contração volumétrica (Tabela 11) para os clones MN 249 e o MN 89 foram superiores à média encontrada por Cruz et al. (2003), que foi de 13,45% e do que a de Moura et al. (2003), que foi de 13,68%. No entanto, estão próximos aos resultados obtidos por Carmo (1996), que variaram de 14% a 23%.

Observando-se a Tabela 12 pode-se analisar o comportamento das contrações lineares e volumétricas dentro da árvore no sentido medula-casca e no longitudinal.

TABELA 12 – Valores médios das contrações radiais no sentido medula-casca e longitudinal, para madeiras de dois clones de *Eucalyptus*.

Clone	Posição (%)		
	Central	Intermediária	Externa
MN 249	7,06	6,25	6,83
MN 89	5,81	5,73	5,13
	Base	Meio	Topo
MN 249	6,73	6,80	7,12
MN 89	5,96	5,82	6,16

Os resultados de Oliveira & Silva (2003) para a contração radial de *Eucalyptus saligna* Sm., com 16 anos de idade, foram de 4,99% para a região da medula, 7,06% e 8,59% para intermediária e 9,47% para externa. Próximo à medula, o valor apresentado é inferior aos deste trabalho e as outras duas posições superiores.

Cruz et al. (2003), avaliando a contração radial parcial, umidade de equilíbrio igual a 12%, encontraram valores menores, no sentido medula casca, de 2,90% para a posição central, 2,43% para a intermediária e 2,39%, externa. No sentido longitudinal, de 2,57% na primeira tora e de 2,74% na segunda.

A contração radial do clone MN 249 não apresentou tendência no sentido medula-casca. Para o sentido base-topo, houve uma tendência crescente. Cruz et al. (2003) também descrevem essa tendência. No clone MN 89, no sentido medula-casca, houve uma tendência decrescente de dentro para fora da árvore, semelhante ao observado por Cruz et al. (2003). No sentido base-topo não houve nenhuma tendência.

Cruz et al. (2003), avaliando a contração tangencial parcial em umidade de 12% de equilíbrio, encontraram os seguintes valores no sentido medula-

casca: 6,37% para a posição central, 6,73% para a intermediária e 4,47% externa. No sentido longitudinal, a contração tangencial foi de 5,86% na primeira tora e 4,60% na segunda. Todos esses valores são inferiores aos encontrados neste trabalho (Tabela 13).

TABELA 13 – Valores médios das contrações tangenciais no sentido medula-casca e longitudinal, para dois clones de *Eucalyptus*.

Clone	Posição (%)		
	Central	Intermediária	Externa
MN 249	11,25	11,58	10,59
MN 89	9,55	10,72	11,19
	Base	Meio	Topo
MN 249	11,47	10,85	10,33
MN 89	10,59	10,85	9,89

Oliveira & Silva (2003), avaliando a contração tangencial da espécie *Eucalyptus saligna* Sm., com 16 anos de idade, encontraram os seguintes resultados: 10,89% para a região da medula, 15,20% e 15,67% para intermediária e 16,88% para externa. Próximo à medula, o valor apresentado foi menor que o do clone MN 249 e maior que o do MN 89. Para as outras posições, os valores foram maiores que os deste trabalho.

A contração tangencial do clone MN 249 no sentido medula-casca não apresentou tendência, no entanto, no sentido base-topo, comportou-se de forma decrescente, semelhante ao observado por Cruz et al. (2003). O clone MN 89, no sentido medula-casca, apresentou valores em ordem crescente de contração. Oliveira & Silva (2003) também relataram valores crescentes no mesmo sentido; na direção longitudinal não houve tendência.

Os valores apresentados na Tabela 14, para a contração volumétrica, foram maiores que os de Cruz et al. (2003), que foram de 13,51% para a posição central, 14,57% para a intermediária e 13,40% para a externa. No sentido longitudinal, também foram menores: 13,83% para a primeira tora e 13,07% para a segunda.

TABELA 14 – Valores médios de contração volumétrica no sentido medula-casca e longitudinal para madeiras de dois clones de *Eucalyptus*.

Clone	Posição (%)		
	Central	Intermediária	Externa
MN 249	17,70	17,08	16,80
MN 89	14,88	15,45	16,81
	Base	Meio	Topo
MN 249	17,58	17,03	17,05
MN 89	17,04	16,09	15,08

Avaliando a contração volumétrica na espécie *Eucalyptus saligna* Sm., com 16 anos de idade, Oliveira & Silva (2003) encontraram 21,28% para a região da medula, 27,18% e 26,57% para intermediária e 28,69% para externa. Todos os valores apresentados foram maiores do que os observados neste trabalho.

Os valores da contração volumétrica do clone MN 249, no sentido medula-casca, são decrescentes. Essa tendência também foi observada por Cruz et al. (2003). Radialmente, para esse clone, os valores foram crescentes. Longitudinalmente, o clone MN 249 não apresentou tendência definida.

O coeficiente de anisotropia é a relação entre a contração tangencial e a radial (T/R) e pode ser classificado conforme a Tabela 15. O clone MN 249,

com média de 1,62, apresentou a menor instabilidade e o clone MN 89 foi de 1,81. Esses valores são próximos ao encontrado por Moura et al. (2003), que foi de 1,74 e por Carmo (1996), que variou entre 1,61 e 1,76. No entanto, são inferiores ao apresentado por Cruz et al. (2003), que foi de 2,02.

TABELA 15 – Critério de classificação da madeira quanto ao coeficiente de anisotropia

Coeficiente de anisotropia (%)	Qualidade
1,2 – 1,5	Excelente
1,5 – 2,0	Normal
Acima de 2,0	Ruim

Fonte: Durlo & Machiori (1992).

De acordo com os critérios apresentados por Durlon & Manchiori (1992) (Tabela 15), os clones estudados têm um coeficiente de anisotropia normal. Embora os valores das contrações lineares e volumétrica aqui apresentados tenham sido superiores aos valores de outros autores citados, eles são inferiores aos valores das características físicas de espécies madeireiras utilizadas na produção de piso apresentados pela ANPM (2006) para o eucalipto, de 6,8% para o radial, 13,4% para o tangencial e 23,45 para o volumétrico, com exceção para a contração linear radial do clone MN 249, que é de 6,86%.

#### 4.3 Desdobro

Os valores do rendimento foram calculados em função das dimensões das árvores apresentadas na Tabela 16. Segundo Wade et al. (1992), o rendimento em madeira serrada aumenta com o aumento do diâmetro das toras porque o volume perdido com as costaneiras e aparas é menor em relação ao volume das mesmas. Esses valores são as médias encontradas nos diâmetros das árvores por clone, após serem divididas em toras.

TABELA 16 – Valores médios dos diâmetros e desvio padrão, em cm, das toras de clones de *Eucalyptus*.

Clone	Média	(D P)
MN 249	16,41	1,90
MN 89	18,70	1,05

O rendimento encontrado neste trabalho foi baseado, apenas para a produção de tábuas. Sendo o clone MN 89 foi superior e estão apresentados na Tabela 17 com as respectivas dimensões dos defeitos.

TABELA 17 – Rendimento e a intensidade de defeitos em tábuas recém-serradas de clones de *Eucalyptus*.

Clone	Rendimento	Defeitos				
		Ecv.	Arq.	Enc.	RT	RS
MN 249	35,33%	2,51	0,12	0,13	14,57	10,53
MN 89	40,13%	4,21	0,31	0,35	15,43	8,97
Média	37,73%	3,36	0,22	0,24	14,79	9,75

Ecv. – encurvamento (mm/m); Arq. – arqueamento (mm/m); Enc. encanoamento (mm/m); RT – rachadura de topo (%); RS – rachadura de superfície (%).

Segundo Miranda (1997), a experiência tem demonstrado que o rendimento em madeira serrada para o gênero de *Eucalyptus* varia de 35% a 60%, dependendo de fatores como o diâmetro da tora e da ocorrência de rachaduras.

Carpinelli (2002), utilizando técnica de desdobro similar à empregada neste trabalho, encontrou rendimentos de 44,16% e 57,89%, para toras de 17 e 20 cm de diâmetro, respectivamente, para madeira serrada. Esses intervalos de diâmetros por tora são próximos aos deste estudo, em que o rendimento médio foi de 37,73% (Tabela 17).

Avaliando o rendimento de tábuas em 11 clones de *Eucalyptus* spp. Ferreira et al. (2004) obtiveram média de 30,1%, utilizando a mesma metodologia de desdobro, em toras com 28,9cm de diâmetro, em média.

As intensidades de defeitos apresentadas podem ser divididas em empenamentos e rachaduras. Dentre os empenamentos apresentados nas tábuas recém-serradas, o de maior incidência foi o encanoamento. O encurvamento, o arqueamento e o torcimento foram menos acentuados.

Com média de 3,36 mm/m (Tabela 17), o encurvamento foi classificado como forte. Ferreira et al. (2004) encontraram média de 2,9 (mm/m); Crespo (2000) avaliando esse mesmo defeito em *Eucalyptus grandis*, encontrou valor médio de 1,83 (mm/m). Entretanto, Del Menezzi (1999) encontrou média de 4,04 (mm/m) para *Eucalyptus grandis*.

O arqueamento apresentou média de 0,22 mm/m (Tabela 17), sendo classificado como leve. Esse valor foi menor que os encontrados por Crêspo (2000) e Ferreira et al. (2004), os quais foram 0,9 e 0,61 (mm/m), respectivamente.

O encanoamento não é, geralmente, citado nas avaliações feitas em tábuas pós-desdobro. No entanto, a avaliação realizada neste trabalho considerou as tábuas recém-cortadas, ou seja, durante a coleta de dados, que durou em média quatro dias, possibilitando a evidência desse defeito. A sua média foi de 0,24 mm/m, sendo classificado como leve.

A rachadura de topo foi a que apresentou maior manifestação, com 14,79%, sendo classificada como forte. Entretanto, Del Menezzi (1999), Crêspo (2000) e Ferreira et al. (2004) obtiveram valores médios 18,90%, 27,3% e 16,2%, respectivamente. O menor percentual médio obtido indica que os clones aqui estudados são menos suscetíveis a esse defeito.

A rachadura de superfície, com média de 9,75%, foi classificada como leve. Esse defeito não é comumente avaliado em trabalhos acadêmicos para o desdobro, sendo mais estudado após a secagem.

Dentre os cinco defeitos avaliados, os valores médios apresentados para o clone MN 89 foram maiores que os do clone MN 249, com exceção da rachadura de superfície.

#### 4.4 Secagem

O rendimento pós-secagem e a umidade final se encontram na Tabela 18, em que se pode observar que, para o clone MN 249, o rendimento foi maior, embora no pós-desdobro tenha sido menor. Houve uma redução do comprimento das tábuas de 3,5m para 2,8m, necessário para a operação de secagem artificial.

TABELA 18 – Rendimento e a umidade final por clones

Clone	RM	U F
MN 249	85,01%	12,49
MN 89	81,47%	11,48
Média	83,24%	11,99

RM –Rendimento médio; UF – Umidade Final

Os valores médios de umidade observados ficaram próximos aos relatados por Barbosa et al. (2005), que encontraram média de 12,3% de umidade, utilizando o mesmo programa. Observando-se a Tabela 18, nota-se que esses valores tiveram um desvio padrão pequeno para as médias de umidade nas tábuas, mostrando homogeneidade.

A curva de secagem média pode ser observada na Figura 18. O programa indicado para clones e utilizado neste trabalho é considerado suave e tem uma secagem da madeira considerada lenta.

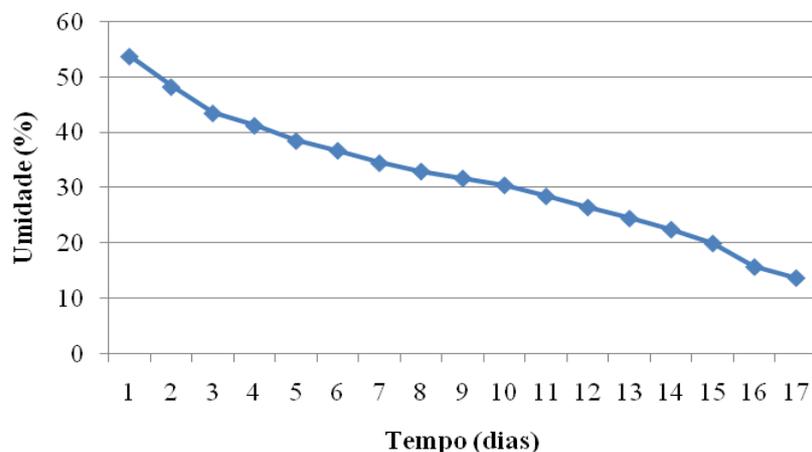


FIGURA 18 – Curva de secagem das madeiras dos clones MN 89 e MN 249.

A umidade inicial foi de 53%, variando de 41% a 64%, entre os quatro sensores do programa de acompanhamento. Para atingir umidade próxima de 14% de umidade, a secagem demorou 17 dias. Esse tempo foi ligeiramente inferior ao obtido por Barbosa et al. (2005), que foi de 18 dias. Esse acréscimo pode ser reflexo do comportamento dos clones durante o processo ou, até mesmo, a condução da secagem. Os defeitos obtidos nas tábuas na pós-secagem podem ser observados na Tabela 19.

TABELA 19 – Intensidade de defeitos pós-secagem em tábuas de dois clones de *Eucalyptus*.

Clone	Defeitos					
	Col.	Ecv.	Arq.	Enc.	RT	RS
MN 249	96,1	3,35	0,72	0,21	2,22	4,43
MN 89	94,4	3,58	1,03	0,16	0,69	1,14
Média	95,25	3,47	0,87	0,18	1,45	2,78

Col – colapso (%); Ecv. – encurvamento (mm/m); Arq. – arqueamento (mm/m); Enc. – encanoamento (mm/m); RT – rachadura de topo (%); RS – rachadura de superfície (%).

Segundo Barbosa et al. (2005), o colapso foi o defeito de maior impacto nos clones estudados por eles, apresentando média de 96,1%. Baraúna et al. (2008) encontraram média de 96,2% para a madeira de *Eucalyptus* seca pelo processo de desumidificação. O valor médio observado para o colapso (Tabela 19) foi de 95,25%, sendo classificado como forte. O clone MN 89 apresentou o menor percentual de colapso (94,4%).

O encurvamento, com média de 3,47 mm/m, foi considerado leve. No entanto, esse valor é maior que o encontrado por Barbosa et al. (2005) que foi de 2,64 mm/m (Tabela 19). O encurvamento médio para o clone MN 249 foi de 3,35 mm/m, inferior ao do MN 89.

Os valores médios encontrados para o arqueamento foram de 0,72 mm/m, para o clone MN 249 e, para o MN 89, de 1,03 mm/m, com média de 0,87 mm/m, tendo sido considerado leve (Tabela 19). Esses valores são menores do que o apresentado por Barbosa et al. (2005) (1,34mm/m), os quais consideram o arqueamento um importante defeito, pois, conforme a intensidade de ocorrência, o tamanho útil das tábuas diminui.

O encanoamento médio foi de 0,18 mm/m e, de acordo com a classificação, pode ser considerado leve (Tabela 19). Esse valor foi inferior ao encontrado por Barbosa et al. (2005) (3,69 mm), tendo esse defeito sido menos expressivo no clone MN 89.

A rachadura de topo, com média de 1,45%, foi classificada como leve (Tabela 19). Esse valor foi inferior ao apresentado por Barbosa et al. (2005), que obteve 5,15%. O clone MN 89 apresentou percentual menor de rachadura de topo.

Com índice médio de 2,78%, a rachadura de superfície foi classificada como leve (Tabela 19), sendo esse valor inferior ao apresentado por Barbosa et al. (2005) (4,89%). Esse defeito foi menos evidente no clone MN 89, que apresentou 1,14%.

Após a secagem, o clone MN 89 apresentou valores médios superiores para encurvamento e arqueamento. O clone MN 249 foi superior quanto aos demais defeitos avaliados.

O índice de colapso no sentido radial (Tabela 20) apresentou valores semelhantes. A posição intermediária do clone MN 89, com 94,4%, apresentou o menor índice para esse defeito. Barbosa et al. (2005), avaliando esse mesmo defeito, encontraram valores inferiores para a posição intermediária.

TABELA 20 – Intensidade de defeitos pós-secagem em tábuas de clones de Eucalyptus, por posição.

Clone	Posição	Defeitos					
		Col.	Ecv.	Arq.	Enc.	RT	RS.
MN 249	Central	96,0	3,87	0,55	0,00	1,23	3,09
	Intermediária	96,0	3,41	0,78	0,18	0,88	3,54
	Externa	96,1	1,87	0,77	0,00	5,06	6,95
MN 89	Central	94,7	4,82	0,39	0,00	0,00	1,47
	Intermediária	94,4	4,46	1,57	0,38	0,18	0,18
	Externa	94,6	0,84	0,76	0,00	2,32	2,34

Col – colapso (%); Ecv. – encurvamento (mm/m); Arq. – arqueamento (mm/m); Enc. encanoamento (mm/m); RT – rachadura de topo (%); RS – rachadura de superfície (%).

O encurvamento médio na posição externa do clone MN 89 apresentou o menor valor 0,84 mm/m (Tabela 20). Nos seus estudos, Barbosa et al. (2005) encontraram o menor valor médio para a posição central (3,0 mm/m).

Os valores médios para o arqueamento no clone MN 89 na posição central, com 0,55 mm/m, foi o menor encontrado (Tabela 20). No entanto, na média geral, esse clone é superior. A posição central nos estudos de Barbosa et al. (2005) também apresentou os menores valores, com média de 1,0 mm/m.

Dentre os defeitos de empenamento, o encurvamento foi ausente para duas posições (central e externa), em ambos os clones (Tabela 20), ocorrendo

apenas na intermediária. Barbosa et al. (2005), avaliando esse defeito, encontraram situação semelhante.

O índice médio de rachadura de topo para os clones no sentido medula-casca está apresentado na Tabela 20. Na posição central do clone MN 89, esse defeito foi ausente e a posição externa apresentou os maiores índices, enquanto no clone MN 249 foi de 5,06%. Nos trabalhos de Barbosa et al. (2005), a posição central foi a que apresentou os menores valores.

A rachadura de superfície apresentou índices médios no sentido radial (TABELA 20). O menor valor foi observado na posição intermediária do clone MN 89 e a maior, na externa do clone MN 249.

A posição central, nos estudos de Barbosa et al. (2005), apresentou os menores valores. Dentre as posições estudadas no sentido medula-casca, os valores foram heterogêneos.

#### **4.5 Simulação do piso em uso**

A simulação de uso do piso foi realizada, em corpos-de-prova com espessura de 8 mm e de 14 mm.

##### **4.5.1 Piso com 8 mm de espessura**

Na Tabela 21 são mostrados os resultados para o piso de 8 mm entre clones. Nos ensaios de impacto da bola de aço cadente e no da carga rolante, os valores médios de deformações causadas na madeira do clone MN 89 foram superiores aos do clone MN 249.

TABELA 21 – Comparação entre os valores médios, em mm, da deformação causada pela simulação de uso em pisos de madeiras de clones de *Eucalyptus*

Clone	Ensaio <sup>1</sup>			
	BC	C R 10	C R 25	CR50
MN 249	0,277 a	0,145 a	0,230 a	0,276 a
MN 89	0,375 b	0,284 b	0,368 b	0,471 b

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste t de Student, a 5% de significância. BC – bola cadente; CR – carga rolante (10, 25 e 50 viagens).

O índice de endentação é obtido por meio de uma regressão de simples (Figura 19).

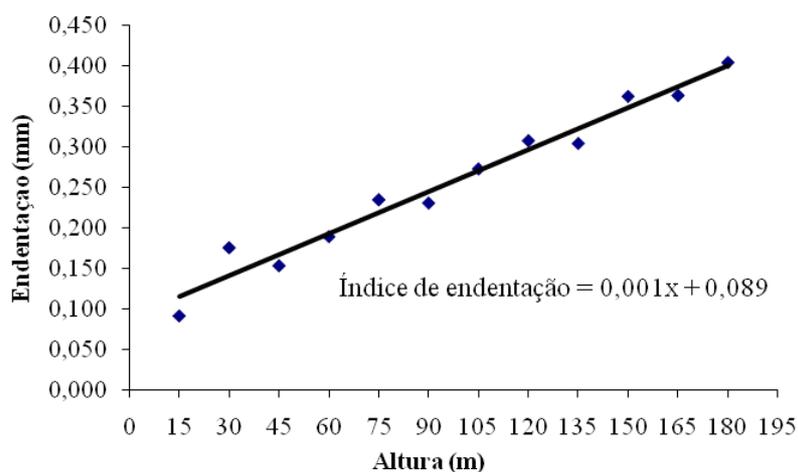


FIGURA 19 – Endentação em função da altura da posição externa de uma tora do clone MN 89.

O ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas teve interação significativa entre os clones e as posições (Tabela 22).

TABELA 22 – Endentação causada pelo cilindro, em função dos clones de *Eucalyptus* e das posições de amostragem.

Posição <sup>1</sup>	Clone <sup>2</sup>	
	MN 249	MN 89
Central	0,076 b B	0,073 b B
Intermediária	0,045 a A	0,076 b B
Externa	0,049 a A	0,081 b B

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott, a 5% de significância. <sup>2</sup> Médias seguidas de mesma letra maiúscula na coluna diferem entre si, pelo teste t de Student, a 5% de significância.

Os valores médios desse ensaio mostram que houve interação significativa entre clones e posições. No clone MN 249, as posições intermediária e externa sofreram deformações inferiores. Esse fator pode estar relacionado ao valor da densidade básica encontrada, que também foi maior, oferecendo maior resistência mecânica dessas posições. Padilha et al. (2006) encontraram resultados semelhantes para as posições externa e central.

#### 4.5.2 Piso com 14 mm de espessura

Os valores médios da deformação (Tabela 23), no ensaio da carga rolante, causada em ambos os clones são inferiores aos encontrados por Padilha et al. (2006), que variaram de 1,5-3,7mm. Esses valores são semelhantes aos apresentados por Carmo (1996) para a madeira de *E. maculata* (*Corymbia maculata*) e *E. pilulares* que foram de 0,33mm e 0,39mm, respectivamente. Entretanto, foram superiores aos obtidos por Martins (2008) para as madeiras de *E. microcorys*, *Corymbia maculata* e *E. clöziana*, que foram de 0,154mm, 0,128mm e 0,190mm, respectivamente.

Comparados com as deformações encontradas por Santos et al. (2008), em seus estudos para madeira de quatro variações de cumaru, comumente

utilizada na produção de piso, os valores médios apresentados pelos clones MN 249 e MN 89 foram superiores aos do cumaru 1, com deformação de 0,273 e cumaru 3, com 0,196 mm. No entanto, obtiveram deformações inferiores às do cumaru 2, que foi 0,342 e do cumaru 4, que foi de 0,397. Comparadas ao cumaru, as madeiras de ambos os clones são consideradas adequadas para serem utilizadas na produção de piso.

Para o ensaio de endentação causada por carga aplicada em pequena área (ensaio de endentação causada pelo cilindro), o clone MN 249 apresentou valor médio de 0,045 mm, ficando próximo aos resultados de Padilha et al. (2006), que variaram entre 0,039 e 0,092 mm e os de Martins (2008), que variaram de 0,023 a 0,050mm. Com uma deformação de 0,111 mm, causada no clone MN 89, esse valor foi superior a todos os resultados apresentados. Quando comparados aos resultados de Santos et al. (2008) para a madeira de cumaru, que variou entre 0,048 e 0,071 mm, apenas o clone MN 249 é adequado para produzir pisos, pelo menos para esse ensaio.

Os índices de endentação dos clones (Tabela 23) não foram significativos. Os valores médios foram próximos aos encontrados por Carmo (1996), que variaram de 0,22 a 0,53 mm, sendo inferiores aos obtidos por Padilha et al. (2006), que variaram de 0,352-0,505 e superiores aos apresentados por Martins (2008), que variaram de 0,20 a 0,28 mm. Os resultados dos clones para esse ensaio também estão próximos aos de Santos et al. (2008), para a madeira de cumaru, que variaram de 0,240 a 0,434 mm.

TABELA 23 – Comparação entre as médias, em mm, da deformação causada pela simulação de uso entre clones de *Eucalyptus*.

Clone	Ensaio <sup>1</sup>				
	B C	END	C R 10	C R 25	CR50
MN 249	0,300 c	0,045 a	0,274 c	0,342 c	0,358 c
MN 89	0,348 c	0,111 b	0,292 c	0,336 c	0,365 c

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste t de Student, a 5% de significância. BC – bola cadente; END – endentação; CR – carga rolante (10, 25 e 50 voltas).

Dentre os ensaios de simulação de uso do piso, para a espessura de 14 mm, a endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas foi o único a apresentar diferença significativa entre clones. A média de deformação causada no clone MN 89 foi superior à do MN 249.

Na Tabela 24 são apresentados os valores médios obtidos para as posições. Os ensaios da bola cadente e da endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas não apresentaram diferença significativa.

TABELA 24 – Comparação entre as médias, em mm, da deformação causada pela simulação de uso entre posições das toras de clones de *Eucalyptus*.

Posição	Ensaio <sup>1</sup>				
	BC	END	CR10	CR25	CR50
Central	0,313 b	1,222 a	0,313 b	0,310 b	0,382 c
Intermediária	0,326 b	0,061 a	0,306 b	0,410 c	0,395 c
Externa	0,334 b	0,050 a	0,230 a	0,304 b	0,305 b

<sup>1</sup> Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste t de Student, a 5% de significância.

O ensaio da carga rolante apresentou diferença significativa para os valores médios observados entre as posições (Tabela 25). Para as 10 viagens, a deformação causada na posição externa foi menor do que as demais. Para as 25 viagens, a posição central sofreu a maior deformação. Para as 50 viagens, a posição externa foi a que menos sofreu deformação.

Para esse mesmo ensaio, Padilha et al. (2006), observando duas posições (central e externa), encontraram valores superiores para a central de 1,5-3,7mm e, para a externa, de 1,6-2,3mm.

## 5 CONCLUSÕES

A densidade básica apresentada pelo clone MN 89 foi de 0,615 g/cm<sup>3</sup>, sendo maior que a do MN 249.

As contrações tangenciais, radiais e volumétricas foram superiores no clone MN 249, entretanto, seu coeficiente de anisotropia foi menor.

O rendimento pós-desdobro apresentado pelos clones avaliados é satisfatório para a produção de tábuas. O clone MN 89, com 40,13%, apresentou o maior índice. Entre os defeitos, o de maior intensidade foi a rachadura de topo.

O rendimento pós-secagem foi maior para o clone MN 249, com 85,01%. A umidade final apresentada nas tábuas foi de 11,99%, tendo o processo de secagem durado 17 dias. O colapso, com valor médio de 95,2%, foi o defeito avaliado na pós-secagem de maior ocorrência nos clones estudados.

Os ensaios de carga rolante causaram maior deformação no clone MN 89, enquanto os ensaios de endentação afetaram mais o clone MN 249.

No piso de 8 mm, a interação foi significativa para ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas. As posições intermediárias e externas tiveram as menores deformações entre clones.

No piso de 14 mm, houve variação significativa nos valores médios entre clones, para o ensaio da bola cadente e, entres posições, para o ensaio da carga rolante (10, 25 e 50 viagens).

Para o piso de 14 mm, o clone MN 89 no ensaio de endentação apresentou valores não recomendados à madeira para a produção de piso.

## 6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 2394-83**. Philadelphia, 1994. 608p.

ASSIS, T.F. Melhoramento genético de eucalipto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, n.185, p.32-51, 1996.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Madeira processada mecanicamente: estudo setorial**. Curitiba, 2003. 42p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Madeira processada mecanicamente: estudo setorial**. Curitiba, 2007. 44p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6451**: tacos de madeira e assoalho. Rio de Janeiro, 1984. 3p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190**: projetos de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997. 107p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF 2008**: ano base 2007. Brasília, DF, 2008. 87p.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES DE PISOS DE MADEIRA MACIÇA. **Apostila do curso básico de madeira**. Belém, 2006. 58p.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES DE PISOS DE MADEIRA MACIÇA. **Indicação de madeira para piso**. Disponível em: <<http://www.anpm.org.br/>>. Acesso em: 5 ago. 2008.

BARAÚNA, E.E.P.; LIMA, J.T.; MONTEIRO, T.C.; ALTOÉ, T.F. Avaliação do colapso pós-secagem da madeira pela desumidificação utilizando análise digital de imagem. In: CONGRESSO BRASILEIRO EM MADEIRA E ESTRUTURA DE MADEIRA, 11., 2008, Londrina. **Anais...** Londrina, 2008. p.308-315.

BARBOSA, C.G.; LIMA, J.T.; ROSADO, S.C. da S.; TRUGILHO, P.F. Elaboração de programa de secagem para a madeiras híbridos *Eucalyptus* spp. **Cerne**, Lavras, v.11, n.1, p.40-48, 2005.

BRANDÃO, A. de O. **Determinação de metodologia para a identificação de programas de secagem de madeiras**. 1989. 100p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

CARMO, A.P.T. **Avaliação de algumas propriedades da madeira de seis espécies de eucalipto**. 1996. 74p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CARPINELLI, M.S. **Rendimento no desdobro e produtividade em madeira serrada de uma floresta de *Eucalyptus grandis***. 2002. 76p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Madeira)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

CINIGLIO, G. **Avaliação da secagem de madeira serrada de *E. grandis* e *E. urophylla***. 1998. 73p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Madeira)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

CRÊSPO, E. de A. **Tensão de crescimento e suas conseqüências, controláveis e não controláveis, no desdobro e secagem do *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus saligna***. 2000. 119p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Madeira)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

CRUZ, C.R.; LIMA, J.T.; MUNIZ, G.I.B. Variação dentro das árvores e entre clones das propriedades físicas e mecânicas híbridos de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis (IPEF)**, Piracicaba, n.64, p.33-47, 2003.

DEL MENEZZI, C.H.S. **Utilização de um método combinado de desdobro e secagem para a produção de madeira serrada de *Eucalyptus saligna* Hill ex-Maiden e *E. cloeziana* F. Mull**. 1999. 87p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

DEL MENEZZI, C.H.S. Instabilidade dimensional da madeira e de seus subprodutos: causa, conseqüências e prevenção. **Comunicação Técnica Florestal**, Brasília, v.8, n.2, p.39, 2006.

DUCARTTI, M.A.; JANKOWSKY, I.P.; ANDRADE, A. de. Condições operacionais da secagem convencional em indústria madeireira no Município de Tiête, SP. **Scientia Forestalis (IPEF)**, Piracicaba, n.59, p.101-113, 2001.

DURLO, M.A.; MARCHIORI, J.N.C. **Tecnologia da madeira**: retratibilidade. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1992. 33p. (Série técnica, 10).

FABRICANTE de parquet investe em eucalipto. **Revista da Madeira**, Curitiba, n.61, p.32-33, 2002.

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

FIGUEIREDO, M.F. de; FERNANDES JUNIOR, O.B.; SANTOS, I.S. Principais defeitos responsáveis pela reprovação das empresas produtoras de piso maciço da região metropolitana de Belém nas auditorias de certificação da ANPM. In: CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA, 17.; ENCONTRO DE ENGENHARIA DE SISTEMA, 1.; WORKSHOP DE LASER E ÓPTICA NA AGRICULTURA, 4., 2008, Lavras, MG. **Anais...** Lavras: UFLA, 2008. p.620-625.

GALVÃO, A.P.; JANKOWSKY, I.P. **Secagem racional da madeira**. São Paulo: Nobel, 1985. 111p.

HAYGREEN, J.G.; BOWYER, J.L. **Forest products and wood science**: an introduction. 3.ed. Ames: Iowa State University, 1996. 484p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL. **Normas para medição e classificação de toras e madeiras de folhas**. Brasília, DF, 1984. 67p.

JANKOWSKY, I.P.; LUIZ, M.G.; ANDRADE, A. Pisos de madeira maciça: agregando valor e qualidade ao produto. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 9., 2004, Cuiabá, MT. **Anais...** Cuiabá, 2004. p.141-152.

JANKOWSKY, I.P.; SANTOS, G.R.V.; ANDRADE, A. A secagem da madeira serrada de *Eucalyptus*. In: JORNADA FORESTALES DE ENTRE RIOS, 15., 2000, Concórdia, Argentina. **Anais...** Concórdia, 2000. p.109-125.

LIMA, J.T. **Clonal variation in the solid wood properties of Eucalyptus**. 1999. 276p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira)-University of Wales, Bangor, UK.

MARTINS, M. **Ensaio de simulação de uso em piso de *Eucalyptus clöeziana* F. Muell, *Eucalyptus microcorys* F. Muell e *Corymbia maculata* Hook.** 2008. 46p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MILLS, R. **Australian timber seasoning manual**. Launceston: Australian Furniture Research and Development Institute, 1991. 259p.

MIRANDA, M.J.A.C. **Estudo da influência do espaçamento de plantio de *Eucalyptus saligna* Smith no rendimento de madeira serrada, nas condições verde e seca.** 1997. 177p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Madeira)-Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

MOURA, M.C.O.; ROSADO, S.C.S.; TRUGILHO, P.F.; CARVALHO, D. Variações genéticas e herdabilidade da estabilidade dimensional da madeira de *Eucalyptus*. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 2003, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo, 2003. p.242-249.

NOGUEIRA, M.C. **Indicações para o emprego de dezesseis espécies de eucalipto na construção civil.** 1991. 116p. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo)-Universidade de São Paulo, São Carlos.

OLIVEIRA, J.T. da S.; SILVA, J. de C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, Viçosa, n.27, p.381-385, 2003.

PADILHA, C.; LIMA, J.T.; SILVA, J.R.M.; TRUGILHO, P.F.; ANDRADE, H. B. Avaliação da qualidade da madeira de *Eucalyptus urophylla* para utilização em pisos. **Scientia Forestalis (IPEF)**, Piracicaba, n.71, p.141-147, 2006.

PANSHIN, A.J.; ZEEUW, C. de. **Textbook of wood technology**. 3.ed. New York: McGraw-Hill Book, 1970. 705p.

PANSHIN, A.J.; ZEEUW, C. de. **Textbook of wood technology**. 4.ed. New York: McGraw Hill, 1980. 722p.

PONCE, R.H.; WATAI, L.T. **Manual de secagem da madeira**. Brasília, DF: STI/IPT, 1985. 70p.

REZENDE, M.T.R. Certificação florestal: estudo da equivalência dos sistemas de acreditação e certificação. **Revista Meio Ambiente Industria**, Rio de Janeiro, n.66, p.92-95, mar./abr. 2007.

ROCHA, M.P. ***Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden e *Eucalyptus dunnii* Maiden como fontes de matéria prima para serrarias**. 2000. 185p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais)-Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

SANTINI, E.J. Métodos usuais de secagem de madeiras. In: SEMINÁRIO SOBRE SECAGEM DE MADEIRA, 1., 1992, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1992. p.47-59.

SANTOS, I.S.; LIMA, J.T. Controle de qualidade na produção de piso de madeira maciça: um estudo de caso. In: CONGRESO IBERAMERICANO DE PRODUCTOS FORESTALES (MADEREROS Y NO MADEREROS), 3., 2007, Buenos Aires, Argentina. **Anais...** Buenos Aires, 2007. p.152-159.

SANTOS, I.S.; LIMA, J.T.; SILVA, J.R.M.; BENÍCIO, M.H.M. Ensaio de serviço simulado em piso de madeira de cumaru (*Dipterys* sp.). **Cerne**, Lavras, 2008. No prelo.

SILVA, A.B.; SOUZA, J. Madeiras amazônicas para uso adequado em assoalho. In: CONGRESSO BRAILEIRO EM MADEIRA E ESTRUTURA DE MADEIRA, 4., 1992, São Carlos, SP. **Anais...** São Carlos: LAMEM-EESC-USP, 1992. v.3, p.167-178.

SILVA, F.D.; BITTENCOURT, R.M. Estudo do desgaste à abrasão do eucalipto, madeira laminada e bambu gigante laminado utilizados como elemento de piso. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 8., 2002, Uberlândia, MG. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2002. p.289-298.

SILVEIRA, V. **Comportamento de clones de *Eucalyptus* em diversos ambientes definidos pela qualidade de sítio e espaçamento**. 1999. 124p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal)-Universidade Federal de Lavras, Lavras.

SKAAR, C. **Wood-Water relations**. Berlin: Springer Verlag, 1972. 293p.

TONALIDADE varia de acordo com ambiente. **Revista da Madeira**, Curitiba, n.116, p.28-39, 2008.

WADE, M.W.; BULLARD, S.H.; STEELE, P.H.; ARAMAN, P.A. Estimating hardwood sawmill conversion efficiency based on sawing machine and log characteristics. **Forest Products Journal**, Madison, v.42, n.11/12, p.21-26, Nov./Dec. 1992.