



**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MADEIRA
DE *Eucalyptus* sp PARA UTILIZAÇÃO EM
PISOS**

CINTIA PADILHA

2005

CINTIA PADILHA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MADEIRA DE *Eucalyptus sp* PARA
UTILIZAÇÃO EM PISOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciência e Tecnologia da Madeira, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Prof. Dr. José Tarcísio Lima

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2005

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

Padilha, Cintia

Avaliação da qualidade da madeira de *Eucalyptus* sp para utilização em
pisos / Cintia Padilha. -- Lavras : UFLA, 2005.

59 p. : il.

Orientador: José Tarcisio Lima.
Dissertação (Mestrado) – UFLA.
Bibliografia.

1. Madeira. 2. Eucalipto. 3. Piso. 4. Qualidade. I. Universidade Federal de
Lavras. II. Título.

CDD-681.7676

CINTIA PADILHA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MADEIRA DE *Eucalyptus* sp PARA
UTILIZAÇÃO EM PISOS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Engenharia Florestal, área de concentração em Ciência e Tecnologia da Madeira, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 28 de fevereiro de 2005

Prof. Dr. José Reinaldo Moreira da Silva UFLA

Prof. Dr. Francisco Carlos Gomes UFLA


Prof. Dr. José Tarcísio Lima
UFLA
(Orientador)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

Aos meus amados pais: Padilha e Rosa pelo grande apoio e dedicação a mim doado, aos meus irmãos: Elaine, Giovani, Lilian e Luciana (*in memorian*) pela amizade e carinho, a minha afilhada Luana pela alegria.

OFEREÇO

Ao meu marido Wellington pelo amor, compreensão e paciência que foram imprescindíveis para realização deste trabalho,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras pelo incentivo e apoio.

Ao professor José Tarcísio Lima, pelos seus ensinamentos, amizade e orientação.

A empresa V & M pelo fornecimento do material estudado.

Ao professor Jose Reinaldo pela amizade e grande apoio desde o início de minha formação acadêmica.

Aos colegas Clair, Daniela, Débora, Juninho, Sérgio, Adalberto, Vanete, Graciane e Franciane.

Pela amizade e carinho de toda minha família: marido, pais, irmãos, sobrinha, cunhados (Elisa e Claudio) e a todos os amigos que aqui encontrei durante todo o percurso de minha formação.

Em especial minha irmã Lilian que me apoiou incondicionalmente em toda minha trajetória em Lavras.

A grande amiga que conquistei em Lavras, Gleyce, simplesmente obrigado por tudo: pela alegria, amizade, compreensão, por ser esta pessoa especial e companheira.

Simone e Débora só se for agora para agradecer o carinho e alegria que compartilhamos.

As amigas de república: Ellem, Michele e Juliana, pelos ótimos dias que passamos juntas.

A meus amigos da sociedade: Gleyce, Sheila, Débora, Simone, Edmilson, Sandro, Nadia, Nélio, Luciano (Bodinho), Adauta, Elvis, Simone, Evandro e Luis.

As pessoas que ajudaram no projeto: Ernani, Ubiratan, Aline, Tiago, Thiza e a todas as pessoas que colaboraram diretamente ou indiretamente para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	3
2.1 Considerações gerais sobre o gênero <i>Eucalyptus</i> e suas aplicações.....	3
2.2 Cultura do eucalipto no Brasil.....	3
2.3 Qualidade da madeira.....	5
2.3.1 Densidade.....	6
2.3.2 Propriedades mecânicas da madeira.....	8
2.4 Pisos de madeira.....	9
2.4.1 Tipos de pisos de madeira.....	11
2.4.2 Ensaio de simulação de piso de madeira em serviço.....	13
2.4.3 Acabamento superficial do piso de madeira.....	14
2.4.4 Padronização dos pisos de madeira.....	14
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1 Densidade.....	20
3.2 Ensaio mecânicos.....	21
3.3 Ensaio de simulação de piso em serviço.....	22
3.3.1 Ensaio de impacto da bola de aço cadente.....	22
3.3.2 Ensaio de carga rolante.....	26
3.3.3 Ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas.....	27
3.4.4 Ensaio de atrito.....	28
3.5 Análises estatísticas.....	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	31
4.1 Densidade.....	31

RESUMO

PADILHA, Cintia. Avaliação da qualidade da madeira de *Eucalyptus* sp para utilização em pisos. 2005. 59 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

As características físicas e mecânicas da madeira do eucalipto devem ser estudadas para promover seu melhoramento e melhor utilização. Para que o eucalipto se torne cada vez mais uma opção no mercado de pisos, além dessa caracterização, é importante testar esta madeira em condições que simulem sua utilização em serviço. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o comportamento das madeiras de sete clones de *Eucalyptus* para pisos. A densidade básica e os ensaios de flexão estática, compressão paralela às fibras e dureza Janka foram executados para a caracterização básica das madeiras. Os ensaios de aplicação de carga rolante, de atrito, de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas e de impacto da bola de aço cadente foram executados para simular o comportamento de pisos em serviço. Os resultados mostraram que houve diferença estatística significativa entre clones e entre as madeiras coletadas na região central e periférica do caule para a densidade básica, para as propriedades mecânicas e para os ensaios que simulam o uso de pisos em serviço, exceto para o ensaio de impacto da bola de aço cadente, que não apresentou diferenças entre os clones. Assim, entre os sete clones e posições de amostragem na tora, pôde-se identificar madeira potencialmente apta para aplicação em pisos. Destas, as madeiras mais externas dos clones RB59, VM1 e RB 121 apresentaram maiores densidades básicas, durezas Janka, resistência à compressão paralela às fibras, módulos de ruptura e elasticidade, quando comprimidas ou flexionadas. Os clones RB69 e RB67 apresentaram os menores valores dessas propriedades. Quanto aos ensaios que simulam a aplicação de pisos em serviço, as madeiras externas dos clones RB59, VM1 e RB121 apresentaram os melhores comportamentos frente aos ensaios de impacto com bola de aço, carga rolante, atrito estático, atrito dinâmico e endentação por cargas aplicadas sobre áreas pequenas.

Comitê de orientação: José Tarcísio Lima (orientador) – UFLA; José Reinaldo Moreira da Silva e Paulo Fernando Trugilho (Co-orientadores) - UFLA

ABSTRACT

PADILHA, Cintia. Evaluation of the *Eucalyptus* wood quality for flooring utilisation. 2005. 59 p. Dissertation (Master in Forest Engineering/Wood Science and Technology) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

The physical-mechanical characteristics of *Eucalyptus* wood must be studied to promote its improvement and better utilisation. In order that *Eucalyptus* becomes a growing market alternative for flooring, beyond this characterization, it is important to assess the behaviour of this wood in conditions that simulate its use in service. So, the objective of this work was to evaluate the performance of wood of seven *Eucalyptus* clones in use for flooring. The basic density and tests of static bending, compression parallel to the grain and Janka hardness were carried out for the wood basic characterisation. The tests of application of rolling load, coefficient of friction, surface indentation from small area loads and impact of the falling ball were carried out to simulate the behaviour of finish flooring in service, all based on ASTM D 2394. The results showed that significant statistical difference occurred between clones and between wood from central and peripheral regions of the stem both for the physical-mechanical and for the tests that simulate the application of the floor in service, except for the test of the falling ball that did not present differences between clones. Thus, for the seven clones and two positions of sampling in the log it was possible to identify wood potentially able for use in flooring. From these, wood from external region of the stems of clones RB59, VM1 and RB 121 presented higher basic density, Janka hardness, compression strength parallel to the grain, modulus of rupture and elasticity, when compressed or bended. The clones RB69 and RB67 presented the lowest values of these properties. In terms of the tests that simulate the use of the flooring in service, the external wood of the clones RB59, VM1 and RB121 presented the best performance face to the tests of impact of the falling ball, rolling load, static coefficient, dynamic coefficient and surface indentation from small area loads.

Advising Committee: José Tarcísio Lima (Adviser) – UFLA; José Reinaldo Moreira da Silva e Paulo Fernando Trugilho (Co-advisers) - UFLA

1 INTRODUÇÃO

A utilização do *Eucalyptus* como fonte de matéria-prima para madeira serrada tem crescido nos últimos anos. As restrições impostas ao uso de madeiras provenientes de florestas nativas associadas à necessidade crescente de diversificação das empresas florestais são os principais fatores para esse aumento.

Existem muitas vantagens comparativas e competitivas para que o eucalipto possa ser indicado como alternativa de oferta de madeira. Apesar da maior parte das florestas de eucalipto ser utilizada para a produção de madeira para usos tradicionais, como polpa celulósica e carvão vegetal, uma grande parcela pode ser destinada a aplicações na construção civil como pisos.

Até os anos de 1980, o maior objetivo na implantação de uma floresta de eucalipto era quase exclusivamente obter a máxima produção volumétrica. Atualmente, também há uma crescente preocupação com a qualidade da madeira produzida. Qualidade refere-se à característica, ou conjunto de características da madeira, que justifica sua aptidão para um determinado uso. Para pisos cor, desenho, dureza e abrasão são alguns aspectos importantes na definição dessa qualidade.

A madeira sempre ocupou lugar de destaque entre os diversos materiais usados pelo homem para muitas aplicações na construção civil. O assoalho de madeira, por ser extremamente aconchegante, torna esse material muito apreciado em ambientes residências e comerciais.

Apesar da grande diversidade de madeiras tropicais brasileiras disponíveis no mercado, poucas espécies são destinadas para pisos. Entre essas podem ser citadas cumaru, jatobá, peroba-rosa e ipê. Essas madeiras apresentam alta qualidade para a finalidade em questão, mas são caras e nem sempre encontradas em dimensões padronizadas.

Para empregar a madeira de *Eucalyptus* em larga escala para pisos é necessário avaliar suas características, seu comportamento em serviço e estabelecer padrões para a sua normalização, bem como propor sua adequada utilização. Isso pode significar um diferencial no mercado atual de assoalhos, tanto para agregar valor ao produto como para garantir qualidade ao consumidor.

Atualmente, existem poucos estudos que testam a madeira simulando o piso em serviço. Um desses, foi o trabalho desenvolvido por Shedley (2002) com madeira de *Eucalyptus globulus* de seis e oito anos de idade, plantados no oeste da Austrália. De acordo com seus resultados, painéis de três lâminas produziram pisos de alta qualidade.

Este trabalho teve como objetivo avaliar a adequação das madeiras de sete clones de *Eucalyptus* para utilização em pisos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Considerações gerais sobre o gênero *Eucalyptus* e suas aplicações

O gênero *Eucalyptus* pertence à família Myrtaceae e possui mais de 600 espécies, variedades e híbridos. Ocorre em uma gama de condições ambientais que vão desde áreas pantanosas até muito secas, solos de baixada de alta fertilidade até solos arenosos muito pobres. Além disso, ocupa ambientes altamente variáveis, tanto em termos de precipitação quanto de temperaturas. Toda essa diversidade ambiental concentra-se, principalmente, no continente australiano, apresentando também ocorrências na Indonésia e ilhas adjacentes (Assis, 1996).

O eucalipto vem sendo utilizado, na indústria de serraria, em países como Austrália, África do Sul, Argentina e Chile. Nestes países, onde os recursos florestais são abundantes, principalmente as florestas plantadas, habitações são construídas inteiramente com madeira e seus derivados. O Brasil utiliza madeira serrada de eucalipto há cerca de cem anos, mas em pequena quantidade. Há cerca de 10 anos, iniciou-se a produção em escala mais ampla (Lima, 1999). De acordo com Flynn (2003) o Brasil aparece como o segundo país fornecedor, com 19% do mercado mundial de madeira serrada de eucalipto (a Austrália é o principal fornecedor com 53% do mercado mundial). Parte da madeira exportada pelo Brasil se destina a pisos. A madeira serrada de eucalipto (solid wood) representa menos de 2% do mercado mundial de serrados (Flynn, 2003).

2.2 Cultura do *Eucalyptus* no Brasil

A introdução da eucaliptocultura no Brasil, para a produção de madeira, partiu da iniciativa privada, no início do século XX, procurando resolver principalmente seus problemas de origem energética. A expansão da

eucaliptocultura originou-se das informações resultantes dos estudos desenvolvidos pela Companhia Paulista de Estradas de Ferro (Costa, 1961). O Dr Edmundo Navarro de Andrade, trabalhando no Departamento Florestal dessa companhia, testou diversas espécies de *Eucalyptus* de origem australiana, nos hortos florestais de Jundiá e Rio Claro.

Segundo Gaiotto (1993), em 1960, era estimado que as plantações de eucalipto no Brasil ocupavam uma área de 560.000 ha, com 447.000 ha em São Paulo, 60.000 ha em Minas Gerais, 34.000 ha no Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná e 19.000 ha distribuídos entre outros estados. As espécies eram: *E. saligna* (32%), *E. alba* (18%), *E. citriodora* (14%), *E. terenticornis* (12%), *E. grandis* (9%), *E. paniculata* (6%); *E. robusta*, *E. botryoides*, *E. resinifera*, *E. camaldulensis*, *E. propinqua*, *E. pimetata* e outras (9%). Estas plantações destinavam-se à produção de lenha, carvão para siderurgia, postes, moirões de cerca, estacas para fundações de edifícios, dormentes, escoras de minas, chapas de fibras, pasta celulósica e papel. Os dados sobre área plantada de eucalipto no Brasil até o ano de 2000 podem ser observados na Tabela 1.

TABELA 1 Área plantada de eucalipto no Brasil até o ano de 2000.

Estado	Área plantada de <i>Eucalyptus</i> (ha)
Minas Gerais	1.535.290
São Paulo	574.150
Bahia	213.400
Espírito Santo	152.330
Rio Grande do Sul	115.900
Mato Grosso do Sul	80.000
Paraná	67.000
Pará	45.700
Santa Catarina	41.550
Amapá	12.500
Outros	128.060
Total	2.965.880

Fonte: SBS, 2001

Com pouco tempo de pesquisa, a história do eucalipto no Brasil começa a ser mudada. O eucalipto, que era considerado como uma madeira de péssima qualidade, sendo responsável por extenuar os solos e consumir grande quantidade de água, passou a ser considerado como uma alternativa de madeira de qualidade que pode ser aplicada em pisos, móveis e na construção civil em geral.

2.3 Qualidade da madeira

A qualidade de uma madeira está diretamente relacionada às suas características físicas, químicas, mecânicas e anatômicas, uma vez que a combinação delas irá definir a melhor forma de utilização. Para avaliar sua qualidade, é importante definir para qual uso a madeira será destinada (Moura, 2000); identificar e quantificar os fatores que afetam essa madeira, além de avaliar seus efeitos frente aos processos industriais e na qualidade do produto final. Para a obtenção de uma madeira com qualidade superior para a utilização em pisos é necessário considerar a espécie que será utilizada, bem como toda a cadeia produtiva, desde o plantio até produto final.

Os defeitos prejudicam a resistência mecânica, o aspecto e a durabilidade da madeira. Eles podem provir da constituição do tronco ou do processo de preparação das peças (Pfeil, 1978). São considerados defeitos: nós, tortuosidades do tronco, bifurcação, conicidade acentuada, sapopemas, sulcos, grãos irregulares, crescimento excêntrico, madeira de reação, tecido de cicatrização, rachaduras, apodrecimentos e perfurações (Burguer & Richter, 1991).

2.3.1 Densidade

Como parâmetro de aferição da qualidade, a densidade básica da madeira possui ampla aceitação pelo fato de estar correlacionada com diversas características e propriedades de uso do produto final, além da simplicidade de sua determinação. É também uma característica passível de melhoramento, por apresentar alto valor de herdabilidade e variabilidade entre indivíduos (Ruy, 1998).

A densidade da madeira é definida como a massa contida numa unidade de volume. Dentre as várias maneiras de se expressar a densidade da madeira, uma das mais práticas é a densidade básica, que é a relação entre a massa absolutamente seca da madeira e o seu volume verde.

Demuner & Bertolucci (1994) relataram a importância da densidade básica citando o exemplo da Aracruz Florestal S/A, que utilizando dados de densidade básica da madeira para seleção de matrizes para plantios clonais, obtiveram aumento significativo na produtividade e na uniformidade da floresta.

Dentre as propriedades da madeira, a densidade pode ser considerada boa indicadora da sua resistência mecânica. De modo geral, quando a densidade aumenta, a resistência mecânica também aumenta. Entretanto, essa relação pode variar entre as diferentes propriedades e espécies, devido às diferenças na composição celular e no teor de extrativos. Lima *et al.*, (1999) constataram que a densidade é um bom preditor da resistência à compressão paralela às fibras, e ainda, que sua influência é mais forte nas propriedades de resistência do que nas propriedades elásticas. Rocha (1994) ressalta que não se deve afirmar de imediato que quanto mais densa for a madeira, mais resistente ela será, porque a organização e dimensões dos elementos podem também exercer influências.

Lima *et al.*, (1999) constataram que a variação radial da densidade básica é maior na base das árvores que em partes mais altas e que as diferenças no sentido radial possuem maiores proporções que as diferenças longitudinais.

A partir de estudos sobre o uso adequado da densidade básica como índice de qualidade da madeira de eucalipto, Foelkel *et al.*, (1990) alertaram que o componente espécie é muito importante no processo, pois, madeiras de espécies diferentes e que apresentem o mesmo valor de densidade não são anatomicamente ou tecnologicamente semelhantes.

As variações na densidade da madeira são ocasionadas pelas diferenças na sua estrutura e devido à presença de constituintes estranhos. A estrutura da madeira é caracterizada por quantidades proporcionais de diferentes tipos de células, tais como fibras, traqueídeos, raios, canais de resina e pelas suas dimensões, especialmente no que diz respeito à espessura das paredes celulares (Kollmann & Côté, 1968). As densidades de algumas madeiras utilizadas para piso podem ser observadas na Tabela 2.

TABELA 2 Densidade de madeiras usualmente utilizadas em assoalho

Nome vulgar	Nome científico	Densidade aparente (g/cm ³)
Cumarú	<i>Dipteryx odorata</i>	0,89
Jatobá	<i>Hymenaea sp</i>	1,08
Pau-marfim	<i>Balfourodendron riedelianum</i>	0,84
Cabriúva vermelha	<i>Myroxylon balsamum</i>	0,91
Roxinho	<i>Peltogyne recifensis</i>	1,13
Peroba-rosa	<i>Aspidosperma polyneuron</i>	0,79
Ipê	<i>Tabebuia sp</i>	1,01

Fonte: IPT s/d

Ferreira e Kageyama (1978) concluíram que a definição da densidade básica da madeira depende diretamente do produto final desejado e da tecnologia a ser empregada. Para eles, o setor florestal produzir uma madeira, de maior ou menor densidade, dependendo da demanda do setor industrial.

2.3.2 Propriedades mecânicas da madeira

Segundo Lima *et al.*, (1983), as propriedades mecânicas da madeira são a expressão de seu comportamento quando submetidas à ação de forças externas. Essas propriedades são fundamentais para o uso da madeira como material de construção, principalmente no atendimento das exigências relativas aos esforços na sua utilização estrutural.

Davis *et al.*, (1964) conceituam a resistência, num sentido amplo, como sendo a capacidade de uma peça de se opor à ruptura ou à deformação excessiva. A elasticidade é considerada como uma propriedade que um corpo sólido possui de retornar ao seu estado inicial, de forma e tamanho, quando o esforço causador dessa deformação é removido (Kollmann & Côté, 1968).

As propriedades relacionadas à resistência da madeira são: resistência à flexão que é também denominada módulo de ruptura, resistência à compressão, resistência à tração, cisalhamento, dureza, entre outras. Já as propriedades relacionadas com a elasticidade da madeira são: módulo de elasticidade, coeficiente de Poisson, plasticidade e resiliência (Kollmann & Côté, 1968).

A madeira de eucalipto atende às mais diferentes exigências quanto às propriedades mecânicas. A grande variação dessas propriedades na direção da medula-casca em um tronco está relacionada à formação de madeira juvenil que se caracteriza por apresentar empenamentos, resistência mecânica muito inferior àquelas da madeira adulta e excessiva contração longitudinal (Adorno, 2002).

A dureza da madeira é um importante índice de qualificação quando ela é empregada em situações como em pisos. A dureza Janka, amplamente

utilizada, consiste em fazer penetrar na madeira uma esfera de aço de 1 cm² de área diametral até a profundidade de seu raio (ABNT, 1997).

2.4 Pisos de madeira

Pode-se definir como piso uma superfície qualquer, contínua ou descontínua, construída com a finalidade de permitir o trânsito pesado ou leve (Silva & Bittencourt, 2002). Para a escolha de um piso existem vários fatores que, segundo esses autores, 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 deste piso;
- qualidade: resistência ao trânsito e inalterabilidade (cor, dimensão), entre outras características;
- segurança: o piso deve possuir características como: ser antiderrapante, silencioso, atóxico e duradouro.

O piso de madeira, por ser aconchegante, é um dos mais procurados para ambientes de interiores. No Brasil, pode ser confeccionado a partir de vários tipos de madeiras, como jatobá, cumaru, óleo bálamo, cabreúva, peroba, ipê e eucalipto.

Assim como no Brasil, em outros países da América do Sul que cultivam *Eucalyptus* em larga escala, observa-se a necessidade de produtos com maior valor agregado. Segundo Acosta (1998), a Argentina, Uruguai, Chile e Paraguai favorecem o emprego do eucalipto como matéria-prima em indústrias para atender ao mercado de pisos (Acosta, 1998).

Obino (1996) comenta que, em pesquisas, têm sido percebidas demandas por pisos, com grande ênfase no mercado internacional. Segundo ele, a madeira produzida em florestas plantadas, incluindo eucalipto, deve buscar

algumas características com relação à sua qualidade para obter sucesso na sua colocação no mercado. Essas características são: estabilidade após secagem, homogeneidade quanto à cor e a propriedades físico-mecânicas, aptidão para recebimento de acabamentos e boa adaptação às linhas de produtos compostos.

Segundo Shield (1995), a conversão da floresta, de geradora de fibra supridora de madeira sólida à tecnologia aplicável faculta a utilização de material de pequenas dimensões, oriundo de toras finas, para a manufatura de uma ampla gama de produtos, tais como tábuas para assoalho, tacos e mosaicos e painéis laminados. Em condições padrão de processamento para a indústria de fibras, as porções de menor diâmetro da madeira são, muitas vezes, deixadas no campo e utilizadas apenas como material de decomposição e gerador de matéria orgânica para plantios futuros.

Gresham (1995) destaca que a fatia de mercado na qual melhores e mais rápidos resultados podem ser alcançados é a de produtos de maior grau de processamento como pisos, móveis e revestimentos, nos quais diversos fatores favorecem o uso de madeira de reflorestamento. Esses produtos são menos seletivos quanto à espécie utilizada, ajustam-se perfeitamente ao uso de dimensões menores e aceitam madeira laminada colada, tanto lateralmente como em emendas de topo ("finger joint").

Algumas espécies de eucaliptos são recomendadas para o uso de assoalhos de madeira. Segundo Nogueira (1991), pode-se utilizar nove espécies destacando-se *E. cloeziana*, *E. grandis* e *E. citriodora*. Englerth (1966) cita propriedades da madeira importantes para o piso, como a resistência à compressão, a resistência à abrasão, a absorção do som e a sensibilidade térmica.

Segundo Silva (2002) pisos de residências e escritórios estão sujeitos a pequeno desgaste, enquanto os pisos industriais expõem-se a condições severas. Esse desgaste é devido principalmente, a danos mecânicos, mas pode também

ser acelerado por ataque químico. Para um desgaste muito intenso, exige-se uma superfície muito dura (Silva, 2002).

2.4.1 Tipos de pisos de madeira

As propriedades mecânicas de um piso devem ser levadas em consideração no momento da escolha da espécie e tipo de piso que será utilizado. Na Tabela 3 pode-se observar valores de dureza em espécies usualmente utilizadas para assoalho.

TABELA 3 Valores de dureza em espécies usualmente utilizadas para piso.

Nome vulgar	Nome científico	Dureza Janka (N)
Roxinho	<i>Peltogyne recifensis</i>	13739
Ipê	<i>Tabebuia sp</i>	10806
Jatobá mirin	<i>Guibourtia humenifolia</i>	10689
Jatobá	<i>Hymenaea sp</i>	10463
Cabreúva- vermelha	<i>Miroxylon balsamum</i>	10140
Cumaru	<i>Dipteryx odorata</i>	9787
Sucupira	<i>Diploptropis purpurea</i>	9541
Muiracatiara	<i>Astronium lecointei</i>	7737
Pau marfim	<i>Balfourodendron riedelianum</i>	6835
Perobinha	<i>Aspidosperma sunbincanum</i>	6080
Amendoim	<i>Pterogyne nitens</i>	5972
Eucalipto	<i>Eucalyptus grandis</i>	5687
Amêndola	<i>Mimosa scabrella</i>	4971
Carvalho- americano	<i>Quercus Alba</i>	4001

Fonte: DIMAD/IPT/USP (2004)

As características específicas de cada um dos principais tipos de pisos de madeira encontrados no mercado variam bastante, apesar da semelhança entre eles após a instalação. A Tabela 4 identifica alguns tipos de piso de madeira.

TABELA 4 Principais tipos de pisos de madeira encontrados no mercado

Assoalho	
O que é	Réguas de madeira maciça com comprimento, espessura e larguras variáveis.
Instalação	Diretamente sobre contrapiso por barroteamento. Lateralmente, as peças são encaixadas.
Características	Durabilidade e acabamento. A colocação pode ser feita também em diagonal. É necessário, no entanto, observar se a espessura das réguas não vai colocar piso e portas em desnível.
Carpets de madeira	
O que é	Lâminas de madeira com base de compensado com cerca de 7 mm de espessura e dimensões variáveis.
Instalação	Tipo flutuante (as lâminas são assentadas sobre manta plástica e fixadas lateralmente por colagem).
Características	Podem ser instalados sobre pisos já existentes. Podem riscar com facilidade, não sendo indicados para áreas de circulação intensa.
Laminados	
O que é	Réguas de material composto, com cerca de 8 mm de espessura, prensados e resinados, reproduzindo na superfície padrões de madeira.
Instalação	Réguas fixadas entre si por colagem e apoiadas no piso.
Características	Possui encaixe lateral entre as peças e pode também ser instalado sobre pisos já existentes.
Tacos e parquetes	
O que é	Tacos: pequenas placas de madeira maciça com tamanhos variáveis. Parquetes: placas compostas por pequenos tacos rejuntados, formando mosaicos.
Instalação	Colagem sobre o contrapiso.
Características	Atualmente, colas especiais tornaram a fixação mais resistente, diminuindo o risco das peças descolarem.

Fonte: Revista Folha (1998)

2.4.2 Ensaio de simulação de piso de madeira em serviço

A norma ASTM D2394-83 prevê métodos padrões para simulação de piso de madeira em serviço. Os métodos de ensaio apresentados por esta norma podem ser usados para comparar diferentes pisos, bem como a sua resistência a cargas de serviços severas e pouco severas. Os ensaios apresentados pela norma são: ensaio de impacto da bola de aço cadente, ensaio de carregamento e ensaio de endentação pelo rolo e ensaio de atrito, entre outros (ASTM, 1994).

O ensaio de impacto da bola de aço cadente consiste em simular o impacto de pequenos objetos sobre o piso. Outro tipo é o ensaio de carregamento que visa obter a medida do dano na superfície da amostra a repetidas forças de rolagem. Este ensaio simula a força aplicada no piso quando arrastam-se caixas, pianos, aparelhos e objetos pesados. Já o ensaio de endentação pelo rolo visa simular o desgaste ocorrido no assoalho, provocado por pequenos objetos pontiagudos que podem aplicar uma carga concentrada numa área muito pequena, por exemplo, por salto alto de sapato feminino.

Carmo (1996) estudou a aptidão de seis espécies de eucalipto visando a confecção de assoalhos residenciais. Testes como ensaio de carregamento, carga de impacto, ensaio de endentação entre outros foram feitos nesse estudo e as espécies consideradas promissoras formam *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus maculata*. Na Austrália, a adequação da madeira de *Eucalyptus globulus* para a utilização em pisos foi estudada por Shedley (2002). Trabalhando com pisos de três laminas, o pesquisador constatou que madeiras de árvores de seis e oito anos de idade produziram pisos de melhor qualidade do que árvores com 10 anos. Segundo ele, as razões seriam menores tensões de crescimento e menor número de nós soltos produzidos nas árvores mais jovens.

2.4.3 Acabamento superficial do piso de madeira

Todo produto cuja matéria-prima constitui-se de madeira necessita de um bom tratamento, a fim de proteger o mesmo contra as diversas condições ambientais e de uso. Com um acabamento satisfatório tem-se como garantia a durabilidade e a estética do produto ao longo do tempo (Tintas Coral, 1994).

A preparação propriamente dita da superfície é de primordial importância em acabamento da madeira. Normalmente, o filme de acabamento ou revestimento não elimina os defeitos e sim os torna mais evidentes. Riscos superficiais ou imperceptíveis em madeira ao natural podem se tornar nítidos com acabamentos brilhantes (Watai, 1995).

Normalmente, pensa-se que a aplicação dos produtos de acabamento para madeira inicia-se na sua deposição sobre a peça, mas nota-se que atividades devem ser cuidadosamente controladas para que os resultados obtidos sejam satisfatórios. Dentre todas as atividades necessárias ao acabamento, pode-se destacar a vistoria das condições da superfície de ancoragem (determinada pela preparação), o preparo do produto, a regulagem dos equipamentos e a aplicação propriamente dita. Após a execução de todas estas atividades, é possível obter uma boa qualidade do produto final (Compendio..., 1992).

2.4.4 Padronização dos pisos de madeira

O estabelecimento da normalização como uma linguagem comum para a sociedade é um processo complexo e envolve um sem-número de aspectos da vida econômica (Dias, 1998). Neste domínio estão incluídos, entre muitos outros, a fixação de condições para cálculos ou projetos, para o emprego de materiais e produtos industriais, para a segurança na execução ou uso de obras, equipamentos ou instalações; as condições básicas para a aceitação ou recebimento de matérias-primas, produtos semi-acabados ou acabados; o método

de ensaio; a padronização e uniformização de características de elementos de construção, aparelhos, produtos industriais, desenhos e projetos; a terminologia, classificação e convenções gráficas para conceitos, grandezas e sistemas (Dias, 1998).

De acordo com Lobo (2001) avaliação da conformidade entende-se a implementação de uma sistemática, com regras preestabelecidas e devidamente acompanhadas e avaliadas, que propicie adequado grau de confiança de que um produto, processo ou serviço atende aos requisitos de uma norma ou regulamento técnico. O mecanismo de avaliação da conformidade mais comumente utilizado e conhecido é a certificação. A certificação caracteriza-se pela existência de uma terceira parte independente entre o produtor e o consumidor. A declaração de primeira parte ou declaração do fornecedor, cuja implantação no Brasil já vem sendo processada é, também, muito praticada nos Estados Unidos da América e na Europa (Lobo, 2001).

No Brasil, existem 45 programas de avaliação da conformidade de produtos de caráter compulsório e 82 de caráter voluntário. As estruturas de credenciamento de organismos de avaliação da conformidade e de laboratórios de calibração e de ensaios, coordenadas pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (Inmetro), são as únicas da América Latina reconhecidas internacionalmente, o que representa uma vantagem competitiva para as empresas brasileiras (Lobo, 2001).

Quanto à comercialização no mercado externo, Silva *et al.*, (1998) relatam que os principais mecanismos de compra e venda de produtos ocorrem em bolsas de mercadorias. O comércio internacional de produtos requer, cada vez mais, a padronização e a homogeneidade do bem negociado. Um importante passo para a madeira serrada brasileira é seu enquadramento como commodity, que garantirá bons resultados no mercado mundial. Para isso, a madeira ou produto à base de madeira deve atender aos requisitos de uma commodity, isto é,

representar produtos e serviços altamente padronizados, dentro de uma certa variedade ou classificação, que não possam ser diferenciados segundo a empresa produtora. Isto facilita a comercialização e permite que os compradores adquiram o produto dos fornecedores que ofereçam melhores preços. Os produtores de madeira de eucalipto, que visam crescer no mercado externo, devem se preocupar em atender a essas adequações (Carvalho, 2000).

Os trabalhos de pesquisa constataram a escassez de normalização técnica específica para pisos de madeira no Brasil. Somente uma norma diz respeito à "execução de soalho de tacos de madeira", limitando-se às dimensões das juntas entre 1,2 e 1,5 mm (<http://www.imape.com.br>).

Adequadas práticas de gestão da qualidade, normalização, metrologia e avaliação da conformidade podem representar um grande diferencial do produto no mercado consumidor.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Para o presente estudo foram utilizados sete clones de *Eucalyptus grandis*, com idade de oito anos que estavam disponíveis em área experimental da empresa Vallourec & Mannesmann Tubes (V & M) de Paraopeba-MG.

Selecionaram-se cinco árvores por material genético. O diâmetro a 1,30 metros de altura no tronco e a altura total de cada árvore foram medidos. Na Tabela 5 são apresentados os valores médios das dimensões por material genético. Após o abate, mediu-se o fuste e foram cortadas as três primeiras toras de três metros de cada árvore, conforme ilustrado na Figura 1.

TABELA 5 Valores médios de diâmetro a 1,30m e altura total da árvore por material genético.

Material genético	Diâmetro (cm)		Altura (m)	
	Média	CV (%)	Média	CV (%)
MN304	24,03	6,14	31,42	1,42
MN463	22,09	2,94	31,42	2,51
VM1	22,35	8,02	27,10	2,19
RB59	22,85	3,18	30,83	1,26
RB67	23,17	6,53	28,79	2,32
RB69	22,35	5,73	30,76	2,48
RB121	21,84	4,79	31,12	1,04

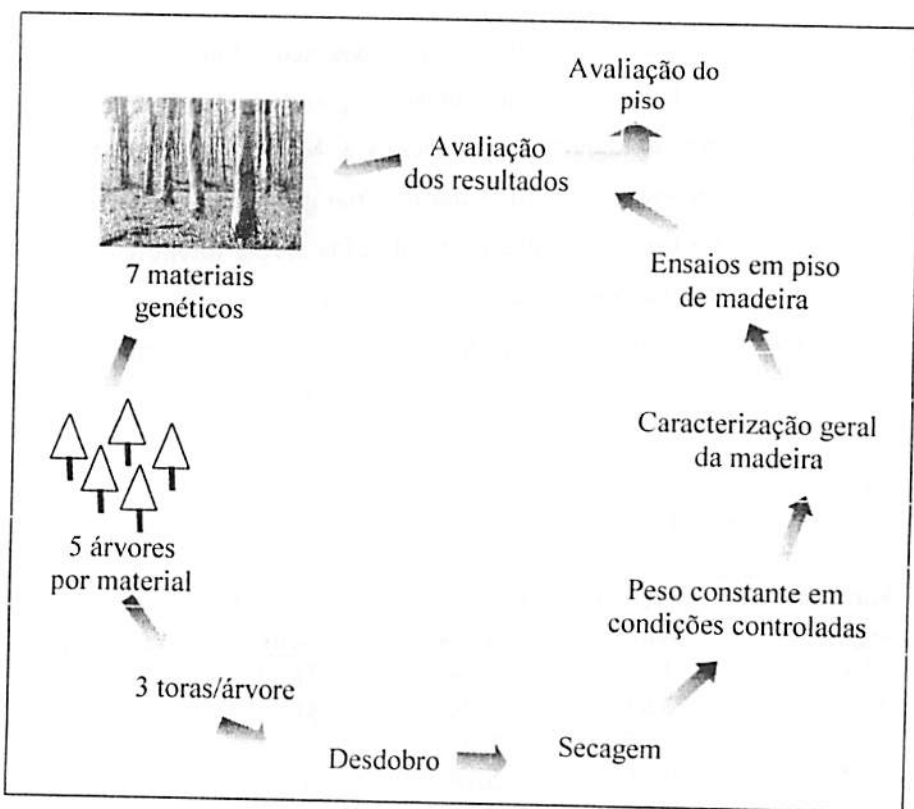


FIGURA 1 Esquema do material e métodos

As toras foram transportadas para a Unidade Experimental de Desdobro e Secagem da Madeira do Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras, onde foram desdobradas tangencialmente. As tábuas foram então classificadas segundo sua posição nas toras em centrais e externas. A seguir foram secas em estufa convencional, seguindo o programa de secagem elaborado por Barbosa (2003) apresentado na Tabela 6.

TABELA 6 Programa de secagem elaborado para madeiras dos clones de *Eucalyptus* (Barbosa, 2003).

Umidade da madeira (%)	TS (°C)	TU (°C)	UR (%)	UE	Potencial de secagem
Aquecimento	40	39	94	22,0	-
U>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
14	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 do ar, UE = Umidade de equilíbrio, U = Umidade.

O programa geral utilizado na secagem do material genético em estufa convencional foi um programa suave, apresentando uma secagem lenta, como pode ser observado na Figura 2.

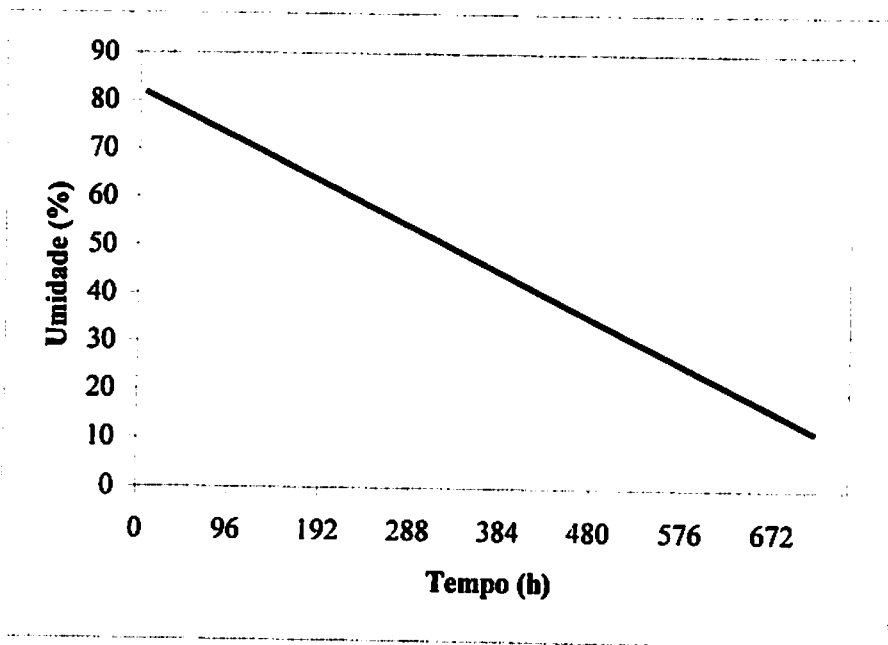


FIGURA 2 Diagrama da secagem

A secagem iniciou-se com umidade de 81%. Para atingir a umidade de equilíbrio de 10% , foram necessárias 656 horas ou, aproximadamente, 27 dias.

O condicionamento para aliviar as tensões e para a obtenção de um melhor resultado na secagem do material teve uma duração de 18 horas.

Para a caracterização física da madeira foi determinada a densidade básica, conforme descrito a seguir.

3.1 Densidade básica

Determinou-se a variação da densidade na parte externa e central do tronco em corpos-de-prova confeccionados a partir da 3ª tora da árvore. O material foi saturado em água e determinou-se o volume pelo método de imersão em água.

Os corpos-de-prova foram secos em estufa a $105 \pm 2^{\circ}\text{C}$ até atingirem massa constante. Atingindo essa condição foram pesados em balança eletrônica de precisão. A densidade básica é dada pela relação entre massa da amostra absolutamente seca e o volume da amostra verde (ABNT, 2003).

$$DB = \frac{Ms}{Vv} \quad (1)$$

Em que: DB = densidade básica (g/cm^3)

Ms = massa seca (g)

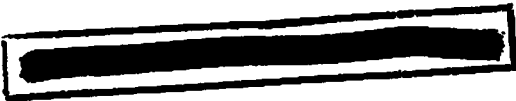
Vv = volume verde (cm^3)

3.2 Ensaios mecânicos

Os ensaios mecânicos de flexão estática e compressão paralela às fibras foram realizados em máquina universal de ensaios EMIC de 30 toneladas de capacidade, seguindo norma da *American Society for Testing and Materials* ASTM D143 – 94 (1997). O ensaio de dureza Janka foi realizado em concordância com a norma British Standard (1957).

Os corpos-de-prova estavam livres de defeitos visando à obtenção de dados comparativos das propriedades. Antes da preparação dos corpos-de-prova para serem testados na condição climatizada, o material foi levado praticamente à massa constante pela estocagem sob condição controlada de temperatura ($20^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa ($65\% \pm 2\%$).

O teste de flexão estática determinou o módulo de elasticidade (MOE) e o módulo de ruptura (MOR). O tamanho do corpo-de-prova foi $25 \times 25 \times 410$ mm e a velocidade do ensaio de 1,3 mm/min, sendo a distância entre os apoios na máquina de ensaio de 360 mm.



O teste de compressão paralela às fibras determinou o módulo de elasticidade em compressão paralela às fibras (MOEc) e a resistência à compressão (RC). O tamanho do corpo-de-prova foi de 25x25x100 mm e a velocidade do teste foi de 0,3 mm/min.

O ensaio de dureza Janka foi realizado com corpo-de-prova de 25x25x100mm e a velocidade do teste foi de 6,35 mm/min.

3.3 Ensaios de simulação de pisos em serviço

Os ensaios para simular pisos de madeira em serviço seguiram a norma ASTM D 2394-83 (1994) com algumas modificações. Esta norma descreve como deve ser executado o ensaio de impacto da bola de aço cadente, ensaio de carga rolante, ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas (ensaio do rolo) e ensaio de atrito.

Os equipamentos utilizados para os ensaios simulados foram confeccionados pela Universidade Federal de Lavras e serão descritos detalhadamente a seguir.

3.3.1 Ensaio de impacto da bola de aço cadente

O equipamento é constituído por uma base de ferro plano e liso com doze subdivisões de altura de forma crescente entre 15 cm e 180 cm (Figura 4). O equipamento possui um eletroímã para segurar e liberar a unidade de impacto (bola de aço). Essa bola possui 51 mm de diâmetro e massa de 535 g.

O teste consiste em deixar cair de diferentes alturas a unidade de impacto sobre uma folha de carbono colocada sobre a amostra de 120 x 420 mm.

Após o impacto da bola mediu-se com um paquímetro o diâmetro deixado na superfície da madeira. Através da equação 7 pôde-se calcular a profundidade de endentação. O esquema que serviu de base para a determinação

da profundidade de endentação pode ser observado na Figura 3. Os pares de profundidade-altura foram ajustados a uma equação de primeiro grau, o valor previsto de endentação produzido pela queda de 180 cm é tomado como índice de resistência à endentação.

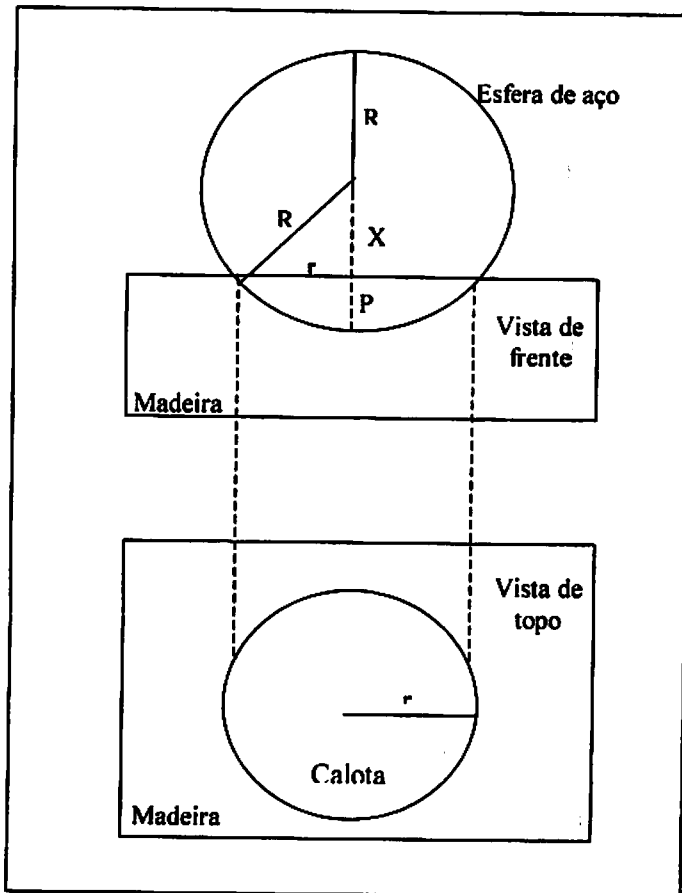


FIGURA 3 Esquema da relação entre diâmetro e profundidade

Para se determinar a profundidade de endentação causada pela queda da bola foi desenvolvido o seguinte raciocínio, que relaciona o diâmetro da esfera com o diâmetro da marca deixada por ela na superfície da madeira:

$$P = R - X \quad (2)$$

$$P = \frac{D}{2} - X \quad (3)$$

$$R^2 = X^2 + r^2 \quad (4)$$

$$X^2 = \left(\frac{D^2}{2}\right)^2 - \left(\frac{d^2}{2}\right)^2 \quad (5)$$

$$X = \sqrt{\frac{D^2 - d^2}{4}} \quad (6)$$

Substituindo a equação 6 na equação 3 temos:

$$P = \frac{D}{2} - \sqrt{\frac{D^2 - d^2}{4}} \quad (7)$$

Em que:

P: profundidade de endentação

D: diâmetro da bola de aço

d: diâmetro deixado na superfície da madeira após a queda da bola

R = raio da esfera

r = raio da calota

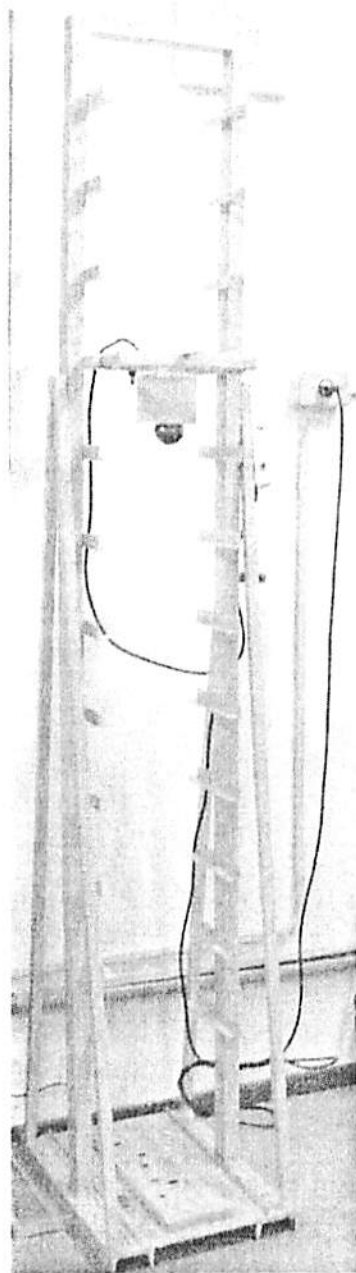


FIGURA 4 Aparelho para ensaio de impacto da bola de aço cadente

3.3.2 Ensaio de carga rolante

O aparelho utilizado para o ensaio de carga rolante (Figura 5) é constituído por uma esteira longitudinal de 1,5 m onde foi colocado um carro que desliza sobre trilhos. Este carro possui três rodas e foi construído de forma que apenas uma roda central com carga de 890 N passasse sobre a amostra, provocando uma marca.

O ensaio consiste em rolar uniformemente o carro sobre corpo-de-prova de 70 mm x 210 mm e medir a profundidade deixada. A profundidade produzida por repetidas viagens é o índice de resistência do piso. Esta profundidade foi medida com um micrômetro na 10ª, 25ª e 50ª viagens; mediu-se também a profundidade residual que permanece na amostra uma hora após a finalização do teste.

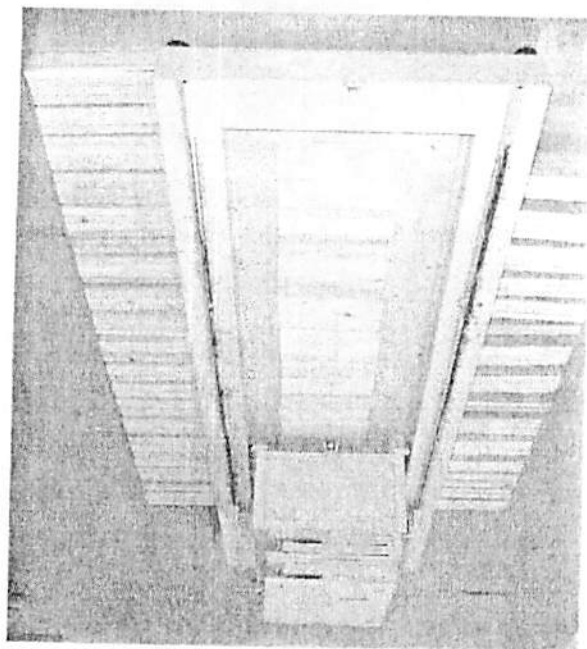


FIGURA 5 Equipamento para ensaio de carga rolante

3.3.3 Ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas (ensaio do rolo)

O ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas foi realizado em um aparelho (Figura 6) composto por uma base rígida de ferro e um rolo 457 mm de comprimento, 97 mm de diâmetro contendo, em sua superfície, “pinos” de aproximadamente 5 mm de diâmetro. O equipamento possui nas laterais uma carga de 890 N, que foi sobreposta uniformemente na amostra.

Corpos-de-prova em forma de tacos (70 mm x 210 mm) foram submetidos ao movimento mecânico por acionamento elétrico do rolo com a velocidade 0,06 m/s para um total de 100 viagens, sendo uma viagem definida com uma única passagem na amostra.

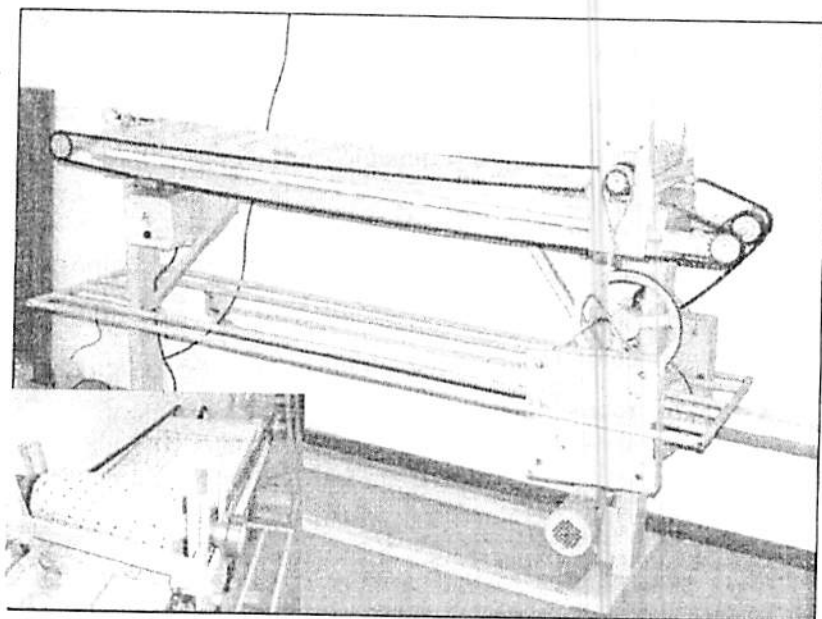


FIGURA 6 Equipamento para ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas

Na norma ASTM D 2394-83 (1994), a forma de observar o dano provocado é qualitativa de forma subjetiva, por meio da classificação do dano que pode ser de menor importância, moderado, severo e completo.

Neste trabalho, para poder quantificar o dano provocado nos tacos foram feitas medições com um micrômetro na profundidade de endentação.

3.3.4 Ensaio de atrito

O ensaio para a obtenção do atrito estático e do atrito dinâmico foi feito por meio de um artefato de ferro retangular com massa de 11,5 kg revestido na parte inferior por um pedaço de couro de sola de sapato de 102 mm x 114 mm. Este artefato foi ligado por um cabo de aço e adaptado em uma máquina de ensaio universal. O equipamento (Figura 7) registrou a força necessária para mover a massa (atrito estático) na velocidade de 1,27 mm/min e a força média para manter a massa em movimento (atrito dinâmico) na velocidade de 51 mm/min em amostras de 120 mm x 250 mm. Para a obtenção do coeficiente de atrito estático utilizou-se a força máxima dividida pela massa do artefato e para a obtenção do coeficiente de atrito dinâmico utilizou-se a força média dividida pela massa do artefato.

As amostras receberam uma camada de seladora (composição química: polímero alquídico, hidrocarbonetos aromáticos, cetonas, minerais inertes e ésteres) e cera incolor (composição química: cera de polietileno, carnaúba, parafina, ceras microcristalinas, solventes alifáticos e silicone).

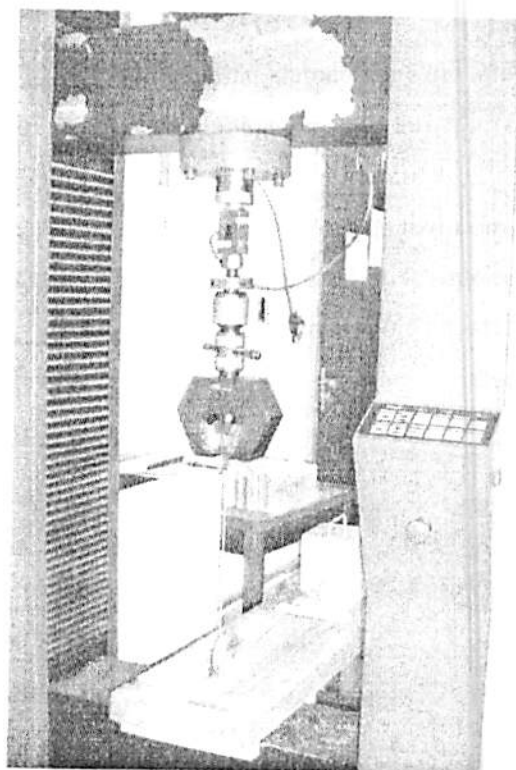


FIGURA 7 Equipamento para o ensaio de atrito

3.4 Análises estatísticas

Os dados obtidos foram comparados pelo software Sistema de Análise de Variância (SISVAR) utilizando o teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Foram feitas análises de variância para ensaios em piso em função do clone, posição radial no tronco e interação clone x posição.

Para a avaliação do experimento utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado. O modelo adequado para este experimento foi dado por:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + AB_{ij} + e_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} = observação feita em cada parcela para o clone i , posição j na repetição k .

$i = 1, 2, \dots, 7$ (clones); $j = 1, 2$ (posição medula-casca); $k =$ repetição

μ = média geral

A_i = efeito do i -ésimo nível do fator A (clone)

B_j = efeito do j -ésimo nível do fator B (posição)

AB_{ij} = efeito de interação clone x posição

e_{ijk} = erro experimental

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Densidade básica

De acordo com Assis (1999), a densidade de clones de *Eucalyptus grandis*, com sete anos de idade, varia de 0,37 g/cm³ a 0,55 g/cm³. Uma amplitude de variação desta ordem permite direcionar as propriedades da matéria-prima para os mais diversos fins.

A densidade básica média da madeira entre todos os clones aqui avaliados foi igual a 0,527 g/cm³. De modo geral, as densidades básicas das madeiras dos clones (Tabela 7) mostraram-se coerentes com as apresentadas na literatura para o gênero *Eucalyptus*, conforme exemplificado na Tabela 8. Comparando-se os materiais genéticos, as maiores diferenças de densidade entre a posição central e a externa foram observadas nos clones VM1 e RB67 (Tabela 8). O clone RB59 apresentou a maior densidade básica enquanto o clone RB69 foi o menos denso.

TABELA 7 Valores médios de densidade básica e do coeficiente de variação do material genético de clones de *Eucalyptus*.

Material genético	Posição central		Posição externa		Média do material genético
	Db (g/cm ³)	CV (%)	Db (g/cm ³)	CV (%)	
MN304	0,511	3,20	0,555	4,81	0,532 ⁽³⁾
MN463	0,498	8,65	0,539	6,25	0,506 ⁽⁵⁾
VM1	0,520	2,34	0,576	6,06	0,535 ⁽²⁾
RB59	0,591	5,51	0,578	3,58	0,575 ⁽¹⁾
RB67	0,477	2,46	0,527	3,35	0,502 ⁽⁶⁾
RB69	0,453	3,74	0,502	4,30	0,477 ⁽⁷⁾
RB121	0,509	2,15	0,545	3,93	0,527 ⁽⁴⁾

Db= densidade básica, CV= coeficiente de variação.

⁽¹⁾ Os números entre parênteses referem-se à classificação decrescente dos clones de *Eucalyptus*.

TABELA 8 Densidades básicas da madeira de *Eucalyptus* encontradas por vários autores.

Espécie	Idade	DB (g/cm ³)	Fonte
Quatro clones de <i>Eucalyptus</i>	2	0,412 a 0,472	Melo, 2004
Sete clones de <i>Eucalyptus</i>	5,5 a 10,5	0,437 a 0,577	Cruz, 2003
Dez clones de <i>Eucalyptus</i>	7,5 a 13,5	0,46 a 0,57	Barbosa, 2003
Quatro clones e uma variedade de <i>Eucalyptus</i>	12,9	0,530 a 0,658	Oliveira, 2001
44 genótipos de <i>Eucalyptus</i>	13 a 17	0,544 a 0,731	Caixeta, 2000
26 clones de <i>Eucalyptus</i>	8	0,436 a 0,577	Lima, 1999

A densidade básica apresentou uma tendência de ser menor no centro do que na porção periférica (externa) do caule. Os coeficientes de variação foram relativamente baixos (Tabela 7), o que pode ser explicado pela natureza clonal do material. A maior diferença na densidade da madeira entre a parte central e a externa foi apresentada pelo clone RB69 (11%) e a menor diferença foi apresentada pelo clone RB121 (8%). Para a industrialização e a utilização da madeira é importante que ocorra pequena variação, o que será benéfico tanto para o comportamento da madeira frente aos processos industriais como em serviço.

Pode-se observar, pelos resultados da análise de variância (Tabela 9) que a densidade básica da madeira de *Eucalyptus* difere significativamente entre os clones a 1% de probabilidade. Este fato permite a seleção do clone de maior densidade, uma característica importante para a utilização em pisos. Resultado semelhante ocorreu para a posição radial, o que torna necessário diferenciar também o material central da parte externa do lenho.

TABELA 9 Análise de variância da densidade básica em clones de *Eucalyptus*.

FV	GL	QM	Fc	Pr >Fc
Clone	6	0,051643	12,964**	0,0000
Posição	1	0,028281	42,596**	0,0000
Clone x posição	6	0,003982	1,000	0,4348
Erro	56	0,037180		
Total	69			

** Significativo a 1% de probabilidade

Dos sete clones avaliados, o clone RB59 destacou-se dos demais pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 10). Este fato indica que este material tem potencial para a utilização em pisos, tendo-se em vista a associação positiva entre a densidade da madeira e a resistência mecânica da madeira. Pôde-se também observar, pelo mesmo teste, que o clone RB69 é inferior aos demais.

A densidade básica é um bom preditor da resistência da madeira. Para a utilização em pisos, são desejadas madeiras mais resistentes. Os materiais que apresentaram maiores médias de densidade foram RB59, VM1, MN304, RB121, MN463, RB67 e RB69.

TABELA 10 Densidade básica dos clones de *Eucalyptus*.

Material genético	Densidade básica (g/cm ³)
RB69	0,479 a
RB67	0,502 ab
MN463	0,506 ab
RB121	0,527 b
MN304	0,532 b
VM1	0,535 b
RB59	0,571 c

As médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.2 Propriedades mecânicas

4.2.1 Dureza Janka

A identificação de uma madeira para ser empregada de forma adequada para pisos é fortemente influenciada pelo nível de dureza que apresenta. A dureza Janka média encontrada entre os sete clones avaliados neste trabalho foi igual a 5170 N. Pôde-se observar uma tendência de maior dureza na parte externa do lenho (Tabela 11). Apenas o clone RB59 apresentou madeira mais dura na parte central do que na parte externa, embora esta diferença seja pequena. Esse mesmo comportamento foi observado para densidade da madeira do clone RB59. A maior diferença na dureza entre a parte central e externa foi representada pelo clone VM1 (40%) e a menor diferença foi apresentada pelo clone MN304 (9%).

TABELA 11 Valores de dureza Janka em função da posição radial de amostragem no tronco em madeira de clones de *Eucalyptus*.

Material genético	Posição central		Posição externa		Média do material genético
	DJ (N)	CV (%)	D (N)	CV (%)	
MN463	4952	17,89	5403	11,29	5153 ⁽⁴⁾
MN304	4344	17,70	5962	7,60	5177 ⁽⁵⁾
VM1	4531	10,50	6345	8,85	5438 ⁽²⁾
RB59	6011	13,70	5913	8,82	5962 ⁽¹⁾
RB67	4540	12,46	5266	12,29	4903 ⁽⁶⁾
RB69	3765	8,62	4815	8,24	4290 ⁽⁷⁾
RB121	4923	10,97	5619	14,41	5271 ⁽³⁾

DJ = dureza Janka, CV= coeficiente de variação.

⁽¹⁾ Os números entre parênteses referem-se à classificação decrescente dos clones de *Eucalyptus*.

Os materiais genéticos que apresentaram maior dureza Janka foram RB59, VM1, RB121, MN304, MN463, RB67 e RB69. Para algumas madeiras utilizadas em piso, como *Dypteryx odorata* (cumarú), *Aspidosperma*

subincanum (perobinha) e *Hymenaea sp* (jatobá) os valores de dureza encontrados na literatura são, respectivamente de 9787 N, 6080 N, 10456 N. Esses valores são maiores do que os encontrados neste trabalho. Shedley (2002), constatando o mesmo comportamento em pisos de *Eucalyptus globulus*, sugeriu o tratamento de endurecimento superficial para aplicação em áreas de uso intenso.

A análise da variância da dureza Janka dos clones de *Eucalyptus* pode ser observada na Tabela 12. Conforme os resultados obtidos verifica-se que existe diferença significativa na dureza entre os clones e entre a posição radial no tronco a 1% de probabilidade. Isso significa que pode ser encontrada madeira de melhor adequação aos pisos, dependendo do clone e da posição de desdobro da madeira na tora. A interação clone x posição não exerceu influência significativa na avaliação da dureza, portanto, a classificação dos clones não é afetada pela posição radial de amostragem.

TABELA 12 Análise de variância da dureza Janka em clones de *Eucalyptus*.

FV	GL	QM	Fc	Pr >Fc
Clone	6	770,357143	7,182**	0,0000
Posição	1	4552,289286	42,441**	0,0000
Clone x posição	6	306,864286	2,861	0,0168
Erro	56	107,262500		
Total	69			

** Significativo a 1% de probabilidade

Pelo teste de Tukey (Tabela 13) a 5% de probabilidade, pôde-se constatar diferença significativa entre os materiais genéticos RB59 dos demais clones.

TABELA 13 Dureza Janka dos clones de *Eucalyptus*.

Material genético	Dureza Janka (MPa)
RB69	4290 a
RB67	4903 ab
MN463	5153 b
MN304	5177 bc
RB121	5271 bc
VM1	5438 bc
RB59	5962 c

As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

De modo geral, ocorreu uma associação direta na classificação dos clones entre densidade e dureza Janka da madeira; os clones que apresentaram maior densidade também apresentaram maior dureza.

4.2.2 Compressão paralela às fibras

O valor médio da resistência à compressão paralela às fibras, obtido para os sete clones estudados, foi de 52 MPa (Tabela 14). Esses valores estão de acordo com Cruz (2003) que estudando sete clones de *Eucalyptus* com idade de 5,5 e 10,5 anos obteve os valores de resistência à compressão paralela às fibras variando de 40 MPa a 52 MPa. Esses valores também estão de acordo com Lima (1999) que obteve uma média para a resistência à compressão paralela às fibras de 54 MPa. Pôde-se observar uma tendência de maior resistência à compressão na parte externa do lenho (Tabela 14).

Para a resistência à compressão paralela às fibras, o coeficiente de variação (CV) observado foi de 7,0% a 11,5%. Esta taxa é aproximada à encontrada por Lima (1999) que estudando 26 clones de *Eucalyptus*, observou valores variando entre 10,6% a 11,8%.

TABELA 14 Valores médios de resistência à compressão paralela às fibras em função da posição radial de amostragem em clones de *Eucalyptus*.

Material genético	Posição central		Posição externa		Média do material genético
	RC (MPa)	CV (%)	RC (MPa)	CV (%)	
MN304	49	7,80	58	7,03	53 ⁽³⁾
MN463	48	9,94	57	10,50	52 ⁽⁴⁾
VM1	46	9,97	59	11,09	52 ⁽⁵⁾
RB59	53	11,53	61	9,88	57 ⁽¹⁾
RB67	47	7,72	52	7,39	49 ⁽⁶⁾
RB69	40	7,57	51	7,02	45 ⁽⁷⁾
RB121	54	8,52	59	8,23	56 ⁽²⁾

RC= resistência a compressão paralela às fibras, CV= coeficiente de variação.

⁽¹⁾ Os números entre parênteses referem-se à classificação decrescente dos clones de *Eucalyptus*.

Para madeiras usualmente utilizadas em assoalhos, os valores de resistência à compressão paralela as fibras encontrados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (s/d) são: jatobá 65,6 MPa, peroba rosa 54,4 MPa, ipê 89,8 MPa e pau-marfim 58,9 MPa. Em geral, os valores de resistência à compressão paralela às fibras encontrados para os sete clones deste trabalho são um pouco menores do que os apresentados pelo IPT. Para a utilização em pisos, é desejável maior valor de resistência à compressão, o que permite um melhor desempenho da madeira. Os materiais genéticos que apresentaram maiores valores de resistência à compressão foram respectivamente: RB59, RB121, MN304, MN463, VM1, RB67 e RB69 (Tabela 14).

A análise de variância da resistência à compressão (Tabela 15) permite verificar que existem diferenças significativas entre os sete clones e também entre a posição radial do tronco, avaliadas pelo teste F ($p \leq 0,01$). Esse resultado mostra a necessidade de classificação do material tanto para os diferentes clones quanto para a posição no lenho.

TABELA 15 Análise de variância da resistência à compressão paralela às fibras em clones de *Eucalyptus*.

FV	GL	QM	Fc	Pr > Fc
Clone	6	867933761	5,510**	0,0002
Posição	1	6387326890	40,551**	0,0000
Clone x posição	6	372026561	2,362	0,0419
Erro	56	157514386		
Total	69			

** Significativo a 1% de probabilidade

Comparando os sete clones pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 16), pôde-se observar diferença dos clones RB59 e RB121 dos demais clones, o que permite a seleção dos materiais com maiores valores de resistência à compressão paralela às fibras, importante característica para a utilização em pisos.

TABELA 16 Resistência à compressão paralela às fibras (RC) dos clones de *Eucalyptus*.

Material genético	RC (MPa)
RB69	45 a
RB67	49 ab
VM1	52 ab
MN463	52 ab
MN304	53 bc
RB121	56 c
RB59	57 c

As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

O valor médio obtido para o módulo de elasticidade à compressão paralela às fibras foi de 8441 MPa (Tabela 17). Os valores de módulo de elasticidade à compressão paralela obtidos por Cruz (2003) variam de 6590 MPa

à 8993 MPa. Lima (1999) observou para o MOEc um valor médio de 9950 MPa. O módulo de elasticidade na compressão paralela às fibras para os sete clones estudados apresentou tendência de ser menor no centro do que na porção periférica. A maior diferença no MOEc entre a parte central e a externa foi apresentada pelo clone VM1(36%) e a menor diferença apresentada pelo clone RB121(8%). O clone que apresentou maior valor de módulo de elasticidade na compressão paralela foi RB121 e o menor módulo de elasticidade na compressão paralela às fibras foi RB69.

TABELA 17 Valores médios do módulo de elasticidade em compressão paralela às fibras em função da posição radial de amostragem em clones de *Eucalyptus*.

Material genético	Posição central		Posição externa		Média do material genético
	MOEc (MPa)	CV (%)	MOEc (MPa)	CV (%)	
MN304	7597	7,55	9177	6,01	8387 ⁽⁴⁾
MN463	8199	19,84	9861	15,54	9030 ⁽²⁾
VM1	6701	8,29	9138	5,02	7919 ⁽⁵⁾
RB59	8118	15,94	9845	7,13	8981 ⁽³⁾
RB67	7358	12,06	8423	6,18	7890 ⁽⁶⁾
RB69	6360	624	8355	5,10	7357 ⁽⁷⁾
RB121	9165	16,09	9878	7,55	9521 ⁽¹⁾

MOEc= módulo de elasticidade em compressão paralela às fibras,

CV= coeficiente de variação.

⁽¹⁾ Os números entre parênteses referem-se à classificação decrescente dos clones de *Eucalyptus*.

Para madeiras usualmente utilizadas em assoalhos os valores de MOEc encontrados pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (s/d) foram: jatobá MOEc= 13523 MPa, peroba rosa MOEc= 11738 MPa, ipê MOEc = 21466 MPa, pau-marfim MOEc= 13601 MPa. Estas madeiras são mais rígidas do que as dos sete clones empregados neste trabalho.

Pode-se observar, na Tabela 18, que existe diferença significativa do módulo de elasticidade na compressão paralela às fibras entre os clones de

Eucalyptus e também na posição radial de amostragem no caule. Já a interação clone x posição não apresentou diferença significativa, pelo teste F ($p \leq 0,01$).

TABELA 18 Análise de variância do módulo de elasticidade em compressão paralela às fibras em clones de *Eucalyptus*.

FV	GL	QM	Fc	Pr > Fc
Clone	6	684751972	4,182**	0,0015
Posição	1	7466379730	45,602**	0,0000
Clone x posição	6	241286108	1,474	0,2040
Erro	56	163728257		
Total	69			

** Significativo a 1% de probabilidade

Pela Tabela 19 pode-se verificar que dos sete clones de *Eucalyptus* estudados os clones RB121 e MN463 apresentaram diferença significativa em relação aos demais, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os clones RB67, VM1, MN304 e RB59 não possuíram diferenças significativas entre si para o módulo de elasticidade em compressão paralela às fibras. O clone que apresentou o pior desempenho foi o clone RB69 (Tabela 19).

TABELA 19 Módulo de elasticidade em compressão paralela às fibras (MOEc) dos clones de *Eucalyptus*.

Material genético	MOEc (MPa)
RB69	7357 a
RB67	7890 ab
VM1	7919 ab
MN304	8387 ab
RB59	8981 ab
MN463	9030 b
RB121	9521 b

As médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

4.2.3 Flexão estática

O valor médio do módulo de ruptura (MOR) foi de 101 MPa (Tabela 20) e o módulo de ruptura (MOR) variou de 91 MPa a 115 MPa. Esses valores são semelhantes aos obtidos por outros autores (Melo, 2004; Cruz, 2003; Oliveira, 2001; Caixeta, 2000) (Tabela 21). Comparando com idade semelhante, como o trabalho de Cruz (2003), os valores obtidos por este estudo foram maiores. Tanto para o MOR quanto para o MOEf os maiores valores foram obtidos para a posição radial externa. A maior diferença no módulo de ruptura entre a parte central e externa foi apresentada pelo clone VM1 (36%) e a menor diferença foi apresentada pelo clone RB59 (8%).

Os clones que apresentaram os menores coeficientes de variação experimental foram RB121 e RB59, o que é característica importante para a seleção de material para a industrialização.

TABELA 20 Valores médios do módulo de ruptura em função da posição radial de amostragem em clones de *Eucalyptus*.

Material genético	Posição central		Posição externa		Média do material genético
	MOR (MPa)	CV (%)	MOR (MPa)	CV (%)	
MN304	91	15,04	108	8,10	99 ⁽⁴⁾
MN463	87	20,51	104	11,08	95 ⁽⁶⁾
VM1	90	14,10	123	13,39	106 ⁽²⁾
RB59	111	11,93	120	9,98	115 ⁽¹⁾
RB67	90	14,37	104	13,73	97 ⁽⁵⁾
RB69	83	10,06	99	8,13	91 ⁽⁷⁾
RB121	97	11,82	108	7,93	102 ⁽³⁾

MOR= módulo de ruptura, CV= coeficiente de variação.

⁽¹⁾ Os números entre parênteses referem-se à classificação decrescente dos clones de *Eucalyptus*.

TABELA 21 Módulo de elasticidade e módulo de ruptura em flexão estática em *Eucalyptus* encontrados por outros autores

Espécie	Idade (anos)	MOE f (MPa)	MOR (MPa)	Fonte
Quatro clones de <i>Eucalyptus</i>	2	5434 a 6918	83 a 115	Melo, 2004
Sete clones de <i>Eucalyptus</i>	5,5 a 10,5	8768 a 9670	78 a 108	Cruz, 2003
Quatro clones de <i>Eucalyptus</i> e uma variedade	12,9	6932 a 7914	99 a 111	Oliveira, 2001
44 genótipos de <i>Eucalyptus</i>	13 a 17	13924 a 24015	97 a 143	Caixeta, 2000

Pelo resultado da análise de variância do módulo de ruptura (Tabela 22) verifica-se que existe diferença significativa a 1% de probabilidade, pelo teste F, entre os clones e a posição radial do tronco. Esse fato permite a seleção, tanto do clone quanto da posição radial de amostragem, visando um material mais resistente à ruptura da madeira quando flexionada.

TABELA 22 Análise de variância do módulo de ruptura de clones de *Eucalyptus*.

FV	GL	QM	Fc	Pr > Fc
Clone	6	68194	8,610**	0,0000
Posição	1	485389	61,285**	0,0000
Clone x posição	6	17037	2,151	0,0616
Erro	56	7920		
Total	69			

**Significativo a 1% de probabilidade.

Analisando-se a Tabela 23, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, observa-se diferença significativa do material RB59 com os demais clones.

TABELA 23 Módulo de ruptura em flexão estática dos clones de *Eucalyptus*.

Material genético	MOR (MPa)
RB69	91 a
MN463	95 ab
RB67	97 ab
MN304	99 ab
RB121	102 bc
VM1	106 bc
RB59	115 c

As médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O módulo de elasticidade em flexão estática (MOEF) médio foi de 6749 MPa (Tabela 24). Uma análise da Tabela 26 permite constatar que o MOEF variou de 6139 a 7576 MPa. Esses valores são semelhantes aos obtidos por outros autores (Tabela 21). Comparando com idade semelhante como o trabalho de Cruz (2003), os valores obtidos por este estudo foram menores. O módulo de elasticidade em flexão estática apresentou tendência de ser menor no centro do que na parte externa do lenho. A maior diferença entre a parte central e externa foi apresentada pelo clone VM1 (40%) e a menor diferença foi apresentada pelo clone RB69 (14%).

Os clones que apresentaram menores coeficientes de variação foram RB67 e RB 59, característica importante para a seleção de material para a industrialização e processamento (Tabela 24).

TABELA 24 Módulo de elasticidade em flexão estática em função da posição radial de amostragem em clones de *Eucalyptus*.

Material genético	Posição central		Posição externa		Média do material genético
	MOEf (MPa)	CV (%)	MOEf (MPa)	CV (%)	
MN304	5793	10,01	7283	8,96	6538 ⁽⁴⁾
MN463	5586	15,54	7108	9,65	6347 ⁽⁶⁾
VM1	5610	15,03	7882	13,40	6746 ⁽³⁾
RB59	6968	8,20	8110	7,96	7539 ⁽²⁾
RB67	5659	6,18	6620	4,52	6139 ⁽⁷⁾
RB69	5953	15,11	6823	7,13	6388 ⁽⁵⁾
RB121	6841	11,19	8251	9,57	7576 ⁽¹⁾

MOEf= módulo de elasticidade em flexão estática; CV = coeficiente de variação.

⁽¹⁾ Os números entre parênteses referem-se à classificação decrescente dos clones de *Eucalyptus*.

Os materiais genéticos que apresentaram maiores valores de MOEf foram: RB121, RB59, VM1, MN304, RB69, MN463 e RB67.

Para clone e posição radial ocorreram diferenças significativas ($P \leq 0,01$) pelo teste F, conforme pode ser visto na Tabela 25. Essa informação sugere a possibilidade de selecionar o material com a melhor característica para pisos.

TABELA 25 Análise de variância do módulo de elasticidade em flexão estática em clones de *Eucalyptus*.

FV	GL	QM	Fc	Pr > Fc
Clone	6	337490215	15,934**	0,0000
Posição	1	3400297780	160,536 **	0,0000
Clone x posição	6	46229456	2,183	0,0582
Erro	56	21180937		
Total	59			

** Significativo a 1% de probabilidade.

Pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (Tabela 26) pode-se observar que os clones RB121 e RB59 destacaram dos demais. Para a utilização em pisos é importante um melhor comportamento elástico do material, em que materiais com maior módulo de elasticidade apresentarão maior rigidez.

TABELA 26 Módulo de elasticidade em flexão estática dos clones de *Eucalyptus*.

Material genético	MOEf (MPa)
RB67	6139 a
MN463	6347 ab
RB69	6388 ab
MN304	6538 ab
VM1	6746 b
RB59	7539 c
RB121	7576 c

As médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.3 Ensaio de simulação de pisos em serviço

Os resultados encontrados neste estudo serão discutidos com base na relação entre as propriedades da madeira e o seu comportamento frente a ensaios em equipamentos que simulam sua utilização em situações típicas de pisos.

4.3.1 Ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas (ensaio de endentação pelo rolo)

O ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas ou ensaio de endentação pelo rolo visa simular o desgaste ocorrido no piso, provocado por objetos pontiagudos, a exemplo do salto alto de calçados femininos.

O valor médio da endentação provocada pelo rolo no material em estudo foi igual a 0,05 mm. A endentação provocada pelo rolo apresentou tendência de ser menor no centro do que na porção periférica do tronco (Tabela 27).

TABELA 27 Endentação provocada pelo rolo em função da posição radial de amostragem em clones de *Eucalyptus*.

Material genético	Central		Externa		Média do material genético
	Endentação (mm)	CV (%)	Endentação (mm)	CV (%)	
RB67	0,08	23,84	0,07	22,23	0,07 ⁽²⁾
MN304	0,08	27,15	0,07	28,81	0,07 ⁽³⁾
MN463	0,06	17,58	0,05	19,23	0,06 ⁽⁴⁾
VM1	0,03	24,07	0,04	29,91	0,04 ⁽⁶⁾
RB121	0,04	36,43	0,04	28,98	0,04 ⁽⁷⁾
RB59	0,04	36,07	0,04	26,77	0,04 ⁽⁵⁾
RB69	0,12	32,84	0,07	28,33	0,09 ⁽¹⁾

CV= coeficiente de variação.

⁽¹⁾ Os números entre parênteses referem-se à classificação decrescente dos clones de *Eucalyptus*.

A maior diferença da endentação provocada pelo rolo entre a parte central e a externa foi apresentada pelo clone RB69 (71%), os clones RB59 e RB121 não apresentaram diferença na posição radial. Para a industrialização da madeira, o clone RB69 apresentou um desempenho inferior.

O desgaste provocado nos clones testados por meio da endentação do rolo foi significativo pelo teste F ($P \leq 0,01$) entre os materiais genéticos e entre a posição radial (Tabela 28).

Analisando-se a Tabela 29 pode-se destacar os clones VM1, RB121 e RB59, que apresentaram diferença significativa dos demais clones, tendo o menor índice de endentação provocado pelo rolo, o que sugere a possibilidade de ser utilizado em pisos.

TABELA 28 Análise de variância da endentação provocada pelo rolo em clones de *Eucalyptus*.

FV	GL	QM	Fc	Pr >Fc
Clone	6	0,004322	14,759**	0,0000
Posição	1	0,002173	7,420**	0,0086
Clone x posição	6	0,000846	2,889	0,0159
Erro	56	0,000293		
Total	59			

** Significativo a 1% de probabilidade

TABELA 29 Endentação provocada pelo rolo em sete clones de *Eucalyptus*.

Material genético	Endentação (mm)
VM1	0,039 a
RB121	0,039 a
RB59	0,040 a
MN463	0,057 ab
RB67	0,071 bc
MN304	0,073 bc
RB69	0,092 c

As médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.3.2 Ensaio de impacto da bola de aço cadente

Para a obtenção do índice de endentação causado pelo impacto da bola de aço foram utilizados pares de valores endentação-altura, que foram ajustados a uma equação de primeiro grau, sendo o valor previsto de endentação produzido pela queda da bola de 180 cm. A Figura 8 apresenta a profundidade de endentação da madeira de uma árvore frente à queda da bola de várias alturas. A norma ASTM D 2394 (1994), sem citar a espécie em questão, apresenta um exemplo em que à medida que a altura de queda da bola aumenta de 305 mm

para 2133 mm, a profundidade de endentação aumentou de 0,25 mm para 1,27 mm.

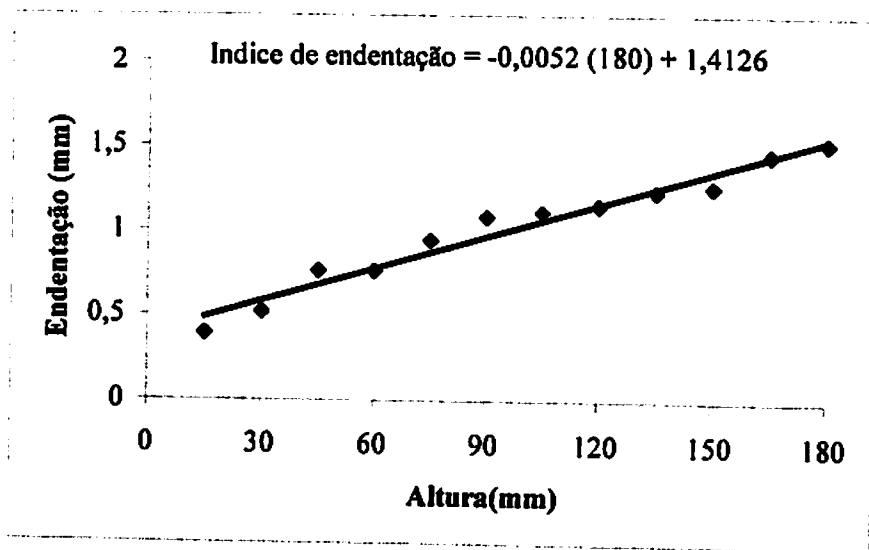


FIGURA 8 Endentação, em função da altura de uma árvore do clone RB69.

O valor médio do índice de resistência à endentação encontrada para os materiais genéticos foi de 0,46. Este índice significa que uma bola de aço de 51 mm de diâmetro, pesando 535 gramas, ao cair de uma altura de 1,80 m, imprime na madeira uma marca, cuja profundidade máxima é igual a 0,46 mm.

A endentação provocada nos clones testados por meio do impacto da bola de aço cadente foi significativa pelo teste F ($P \leq 0,01$) apenas entre a posição radial de amostragem (Tabela 30).

TABELA 30 Análise da endentação provocada pelo impacto da bola de aço em madeiras de clones de *Eucalyptus*.

FV	GL	QM	Fc	Pr > Fc
Clone	6	0,014581	2,526	0,0353
Posição	1	0,069302	12,006**	0,0012
Clone x posição	6	0,008231	1,426	0,2275
Erro	56	0,005772		
Total	59			

** Significativo a 1% de probabilidade

Os valores médios do índice de resistência encontrados para o material genético com oito anos foram menores do aqueles observados por Carmo (1996) que utilizou seis espécies de *Eucalyptus* com a idade de 21 anos, encontrando valores médios para *E. grandis* de 0,53. Para madeiras usualmente utilizadas em pisos os valores foram: cumaru: 0,33; jatobá: 0,23 e ipê: 0,32 (Carmo, 1996).

Na Tabela 31 encontra-se o índice de resistência em função da posição radial de amostragem.

TABELA 31 Índice de resistência à endentação pelo impacto da bola em clones de *Eucalyptus*, em função da posição radial de amostragem.

Material genético	Índice de resistência à endentação	
	Central	Externa
MN304	0,352 a	0,435 a
MN463	0,470 a	0,490 a
VM1	0,505 a	0,475 a
RB121	0,430 a	0,462 a
RB59	0,380 a	0,512 b
RB67	0,465 a	0,585 b
RB69	0,425 a	0,560 b

As médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

4.3.3 Ensaio de carga rolante

O ensaio de carga rolante simula o dano provocado no piso quando este está sujeito a repetidas forças de rolagem, como caixas, pianos, etc.

O desgaste provocado nos clones testados por meio da endentação do carga rolante foi significativo pelo teste F ($P \leq 0,01$) entre os materiais genéticos e entre a posição radial (Tabela 32).

TABELA 32 Análise de variância da endentação provocada pela arraste da carga de 890 N em madeiras de clones de *Eucalyptus*.

FV	GL	QM	Fc	Pr > Fc
Clone	6	0,002816	9,782**	0,0000
Posição	1	0,005143	17,866**	0,0001
Clone x posição	6	0,000160	0,554	0,7647
Erro	56	0,000288		
Total	59			

** Significativo a 1% de probabilidade

As deformações instantânea e residual, provocadas pela carga concentrada de 890 N, podem ser observadas na Tabela 33. Os valores obtidos foram maiores que os encontrados por Carmo (1996), que obteve, para *Eucalyptus grandis*, uma deformação instantânea de 2,24 mm e a deformação residual de 0,75 mm. Diferentemente, pisos de painéis de três lâminas de *Eucalyptus globulus*, submetidos ao ensaio de carga rolante produziram valores de deformação mais baixos (Shedley, 2002). Após 26 viagens a deformação média foi igual a 0,23 mm e após 50 viagens a deformação foi igual a 0,27 mm. Neste caso, o tipo de piso pode ter uma influência marcante no resultado final.

TABELA 33 Deformações provocadas por uma carga de 890 N em sete clones de *Eucalyptus*.

Material genético	Deformação instantânea (mm)		Deformação residual (mm)	
	central	externa	central	externa
VM1	3,6 a	2,4 a	2,0 a	1,6 a
RB67	3,2 a	3,4 ab	1,7 a	1,7 a
MN304	3,0 a	3,4 ab	1,6 a	1,7 a
MN463	3,2 a	3,0 ab	1,7 a	1,6 a
RB121	2,2 a	2,8 ab	1,5 a	1,6 a
RB59	3,0 a	3,2 ab	1,6 a	1,7 a
RB69	5,4 b	4,2 b	3,7 b	2,3 b

As médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

O material RB69 apresentou deformações maiores tanto para a deformação instantânea quanto para a deformação residual. Podem-se destacar os clones VM1 e MN463 por apresentarem deformações menores.

Os valores de deformação de madeiras encontradas no mercado para a utilização em piso podem ser observados na Tabela 34.

TABELA 34 Endentação instantânea e residual em amostras de madeiras nativas

Espécies	Deformação instantânea (mm)	Deformação residual (mm)
Cumarú	1,03	0,27
Jatobá	0,74	0,20
Ipê	0,83	0,27
Paraju	1,08	0,26

Fonte: Carmo (1996).

4.3.4 Ensaio de atrito

O ensaio de atrito visa simular o atrito existente entre a madeira e a sola de calçados. O valor médio do coeficiente de atrito dos sete clones de *Eucalyptus* foi 0,37 mm (Tabela 35). Os valores para atrito estático em

Eucalyptus foram maiores do que obtidos por Carmo (1996). Esta diferença pode ser explicada pela diferença de tratamento que os corpos-de-prova receberam e pelo processo de usinagem dos materiais estudados.

Entre os clones existe diferença significativa ($P \leq 0,01$) pelo teste F, para o atrito estático e atrito dinâmico conforme pode ser visto na Tabela 35 e Tabela 36. Essa informação sugere a possibilidade de selecionar o material com a melhor característica para pisos.

TABELA 35 Análise de variância do atrito estático em madeiras de clones de *Eucalyptus*.

FV	GL	QM	Fc	Pr > Fc
Clone	6	0,008152	5,176 **	0,0003
Posição	1	0,000013	0,008	0,9283
Clone x posição	6	0,000736	0,467	0,8295
Erro	56	0,001575		
Total	59			

** Significativo a 1% de probabilidade

TABELA 36 Análise de variância do atrito dinâmico em madeiras de clones de *Eucalyptus*.

FV	GL	QM	Fc	Pr > Fc
Clone	6	0,005373	41,789 **	0,0000
Posição	1	0,000173	1,344	0,2512
Clone x posição	6	0,000053	0,411	0,8686
Erro	56	0,000129		
Total	59			

** Significativo a 1% de probabilidade

Os materiais genéticos que apresentaram os maiores valores para o coeficiente de atrito estático foram: RB59, MN463, VM1, MN304, RB67, RB69

e RB121 (Tabela 37). Os maiores coeficientes de atrito dinâmico foram para os clones: RB59, RB121, MN463, MN304, RB67, VM1 e RB69 (Tabela 37). Os materiais genéticos com os maiores coeficientes de atrito possuem melhor desempenho por serem madeiras mais confortáveis e seguras ao caminhar.

TABELA 37 Coeficiente de atrito estático e atrito dinâmico em clones de *Eucalyptus* em função da posição radial de amostragem .

Material	Atrito estático		Atrito dinâmico	
	centro	externo	centro	externo
RB121	0,33 a	0,33 a	0,25 b	0,24 b
RB69	0,34 a	0,34 a	0,19 a	0,18 a
RB67	0,36 ab	0,37 ab	0,23 ab	0,23 ab
MN304	0,38 ab	0,39 ab	0,23 ab	0,23 ab
VM1	0,39 b	0,40 b	0,22 ab	0,22 ab
MN463	0,42 b	0,40 b	0,24 ab	0,24 ab
RB59	0,42 b	0,40 b	0,26 b	0,26 b

As médias seguidas da mesma letra, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

5 CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos, pôde-se concluir que:

- Existe diferença estatística significativa entre os clones e entre os corpos-de-prova coletados na região central e externa do caule para as propriedades mecânicas e para os ensaios que simulam o uso de pisos em serviço. Apenas o ensaio de impacto da bola de aço cadente não revelou diferenças entre os clones.
- Entre os sete clones de *Eucalyptus* e posições de amostragem na tora avaliada, pôde-se identificar madeiras potencialmente aptas para aplicação em pisos.
- Madeiras mais externas dos clones RB59, VM1 e RB121 apresentaram maiores densidades básicas, durezas Janka, resistência à compressão paralela às fibras, módulo de ruptura e módulos de elasticidade, tanto quando comprimidas ou flexionadas. Os clones RB69 e RB67 apresentaram os menores valores dessas propriedades.
- Para madeiras externas dos clones RB59, VM1 e RB121 os testes que simulam a aplicação de madeira em serviço apresentaram os melhores comportamentos nos ensaios de impacto com bola de aço, carregamento, atrito estático, atrito dinâmico e endentação pelo rolo.
- As madeiras dos sete clones avaliados apresentaram comportamento mecânico ligeiramente inferior quando comparadas com madeiras nativas, usualmente empregadas para pisos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, M. S. Estado de la tecnologia en usos nos tradicionales de la madera de eucalipto en el mercosur y otros paises. SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUTOS SÓLIDOS DE MADEIRA DE ALTA TECNOLOGIA, 1., 1998, Belo Horizonte-MG. Anais... Belo Horizonte, 1998. P. 82-105.
- ADORNO, M. F. C. *Propriedades tecnológicas relacionadas com as tensões de crescimento em clones de Eucalyptus grandis W. Hill EX MAIDEN e Eucalyptus urophylla S. T. Blake, utilizadas como indicadores para melhoramento da madeira serrada.* Piracicaba-SP, 2002. 164 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM D 2394-83. *Annual book of ASTM standards.* Philadelphia, 1994. 608 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *Determinação da densidade básica em madeira.* Rio de Janeiro, 2003. 6 p. (NBR 11941).
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *Projeto de estruturas da madeira.* Rio de Janeiro: ABNT, 1997. 107 p. (NBR 7190).
- ASSIS, T. F. de. *Melhoramento genético de eucalipto. Informe Agropecuário,* Belo Horizonte, v. 19, n. 185, p. 32-51, 1996.
- BARBOSA, C. G. *Incidência dos defeitos de secagem como índice de qualidade e de seleção genética para madeira de Eucalyptus.* 2003. 71 p. Dissertação (Mestrado Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavra, Lavras, MG.
- BRITISH STANDARDS INSTITUTION – BS373. *Methods of testing small clear specimens of timber.* London: BSI, 1957. 31 p.
- BURGUER, L. M.; RICHTER, H. G. *Anatomia da madeira.* São Paulo: Nobel, 1991. 154 p.
- CARMO, A. P. T. *Avaliação de algumas propriedades da madeira de seis espécies de eucalipto.* 1996. 74 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CARVALHO, A. M. Valorização da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha. Piracicaba- SP, 2000. 129 p. Dissertação (Mestrado Ciência e Tecnologia da Madeira) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

COMPENDIO de informação técnica para a indústria do mobiliário. Alternativa editorial. 1992. 198 p.

COSTA, T. G. M. Os eucaliptos no planejamento da política florestal brasileira. São Paulo: Estrada de Ferro Central do Brasil, 1961. 7 p.

DAVIS, E.H. Troxell, E.G. & Wiskocil, C.T. The testing and inspection of engineering materials. 3ª ed. New York, McGraw-Hill, 1964. 475p.

DEMUNER, B. J.; BERTOLUCCI, F. L. G. Seleção florestal: uma nova abordagem a partir de estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos para características de madeira e polpa de eucalipto. *Papel*, São Paulo, v. 55, n. 1, p. 16-23, jan. 1994.

DIAS, J. L. M. **Medida normalização e qualidade: aspectos da historia da metrologia no Brasil.** Inmetro – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, 1998. 253 p.

DIMAD/IPT/USP. Disponível em: <<http://www.indusparquet.com.br>>. Acesso em: 16 ago. 2004.

ENGLERTH, H. G. **Framework of qualitative relationships in wood utilization.** Madison: Forest Products Laboratory, 1966. 16 p.

FERREIRA, M.; KAGEYAMA, P. Y. Melhoramento genético da densidade da madeira de eucalipto. *Silvicultura*, São Paulo, v. 2, n. 14, p. 148-152, 1978.

FLYNN, R. **Competition from Southern hemisphere plantation forests.** Disponível em: <<http://www.wri-ltd.com>>. Acesso em: 20 fev. 2005.

FOELKEL, C. E. B.; MORA, E.; MENOCHÉLI, S. Densidade básica: sua verdadeira utilidade como índice de qualidade da madeira de eucalipto para produção de celulose. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., 1990, Campos do Jordão-SP. *Anais...* Campos do Joprdão, 1990. v. 3, p 719-728.

- GAIOTTO, M. R. Avaliação da madeira de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus urophylla* para produção de lâminas. 1993. 119 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- GRESHAM, G. E. Mercado de madeira de florestas plantadas. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, 1995, Piracicaba, 1995. Anais... Piracicaba: IPEF/IPT/IURO/LCF-ESALQ-USP, 1995. p. 147-165.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO. Ensaio físico e mecânico-madeiras ensaiadas. Agrupamento de propriedades físicas e mecânicas - Divisão de madeiras, (s/d).
- KOLLMANN, F. F. P.; COTÊ, W. A. Principles of wood science and technology. Berlin: Springer-Verlag, 1968. v. 1, 592 p.
- LIMA, J. T. Clonal variation in the solid wood properties of *Eucalyptus*. 1999. 276 p. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - University of Wales, Bangor.
- LIMA, J. T. Influência do teor da umidade nas propriedades mecânicas de *Eucalyptus saligna* Smith. 1983. 58 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- LIMA, T. G. Variações nos sentidos radial e longitudinal de algumas propriedades das madeiras de *Eucalyptus microcorys* F. Muell e *Eucalyptus pilularis* Sm. 1996. 106 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.
- LOBO, A. Seminário: qualidade e produtividade. Goiânia, 2001. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/infotec/artigos/docs/36.pdf>>. Acesso em: 5 jul. 2003.
- MOURA, M. C. O. Variações em características do crescimento e da madeira em clones de *Eucalyptus*. 2000. 63 p. Dissertação (Mestrado em Produção Florestal) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.
- NOGUEIRA, M. C. Indicações para o emprego de dezesseis espécies de eucalipto na construção civil. São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1991. 116 p.

- OBINO, C. R. Usos da madeira de eucalipto. In: SIMPÓSIO IPEF, 6., 1996, Piracicaba. Anais.... Piracicaba: IPEF, 1996. v. 4, p. 27-29.
- PFEIL, W. **Estruturas de Madeira**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 1978. 252 p.
- REVISTA FOLHA. Além das aparências - Agosto 1998. Disponível em: <<http://www.folha.uol.com.br/revista>>. Acesso em: 4 jul. 2003.
- ROCHA, J. S. **A segurança de estruturas de madeira determinada a partir da variabilidade da densidade básica e de propriedades mecânicas de madeiras amazônicas**. 1994. 141 p. Dissertação (Mestrado Ciência e Tecnologia da Madeira) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- RUY, O. F. Variação da qualidade da madeira em clones de *Eucalyptus urophylla* S. T. BLAKE da ilha de Flores, Indonésia. Piracicaba-SP, 1998. 69 p. SBS. 2001 Disponível em: <<http://www.sbs.org.br/estatisticas.htm>> Acesso em: 17 set. 2004.
- SHEDLEY, P. The cost benefits of small log processing: Laminated three-ply flooring- A case study in WA. Carine, Western Australia. RIRDC Publication No. 02/120. Project No. PN99.2007. 2002. 127 p.
- SHIELD, E. D. Plantation grown eucalyptus: utilisation for lumber and rotary veneers-primary conversion. In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE UTILIZAÇÃO DA MADEIRA DE EUCALIPTO PARA SERRARIA, Piracicaba, 1995, Piracicaba. Anais... Piracicaba: IPEF/IPT/IURO/LCF-ESALQ-USP, 1995. p. 133-139.
- 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. Anais... Uberlândia, 2002.
- SILVA, J. C. G. L.; LATORRACA, J. V. F. L.; NIEFER, I. A. A comercialização de produtos florestais nas bolsas de mercadorias. *Silvicultura*, São Paulo, v. 19, n. 74, p. 31-38, jan./abr. 1998.
- TINTAS CORAL. **Noções básicas em aplicação para madeira**. Santo André-SP, 1994. 9 p.

**WATAI, L. T. Tecnologia básica em acabamento de madeiras. São Paulo:
IPT, 1995. 103 p.**