



MÔNICA BEZERRA DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE PISOS
COMERCIAIS CONFECCIONADOS COM
MADEIRAS DE *Bowdichia nitida* Benth (Spr.),
Dipterxy odorata (aubl.) Willd, *Mimosa scabrella*
Benth e *Tabebuia impetiginosa***

LAVRAS - MG

2016

MÔNICA BEZERRA DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE PISOS COMERCIAIS
CONFECCIONADOS COM MADEIRAS DE *Bowdichia nitida* Benth
(Spr.), *Dipterxy odorata* (aubl.) Willd, *Mimosa scabrella* Benth e
*Tabebuia impetiginosa***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós - Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração em A Madeira como Matéria-Prima, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. José Reinaldo Moreira da Silva

Coorientador

Dr. Paulo Ricardo Gherardi Hein

LAVRAS - MG

2015

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Oliveira, Mônica Bezerra de.

Avaliação da qualidade de pisos comerciais confeccionados com madeiras de *Bowdichia nitida* Benth (Spr.), *Dipterxy odorata* (aubl.) Willd, *Mimosa scabrella* Benth e *Tabebuia impetiginosa* / Mônica Bezerra de Oliveira. – Lavras : UFLA, 2016.

56 p. : il.

Dissertação(mestrado acadêmico)–Universidade Federal de Lavras, 2015.

Orientador: José Reinaldo Moreira da Silva.

Bibliografia.

1. Ensaio de simulação de piso em uso. 2. Qualidade. 3. Produto de maior valor agregado. I. Universidade Federal de Lavras.
II. Título.

MÔNICA BEZERRA DE OLIVEIRA

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE PISOS COMERCIAIS
CONFECCIONADOS COM MADEIRAS DE *Bowdichia nitida* Benth
(Spr.), *Dipterxy odorata* (aubl.) Willd, *Mimosa scabrella* Benth e
*Tabebuia impetiginosa***

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós - Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração em A Madeira como Matéria-Prima, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 05 de agosto de 2015.

Dr. José Tarcísio Lima UFLA

Dra. Marina Donária Chaves Arantes UFES

Dr. José Reinaldo Moreira da Silva
Orientador

LAVRAS - MG

2015

*Aos meus pais,
Maurício Oliveira e Edneide Oliveira,
e a meu irmão, Daniel Oliveira,
que estão sempre me apoiando e acreditando que sou capaz.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e pelas oportunidades concedidas!

À minha família, Maurício, Neide e Daniel, pelas palavras de carinho, de força e incentivo nos momentos de desespero, que não acreditei que conseguiria. Pela compreensão dos meses fora de casa, aniversários, dia dos pais, mães e feriados ausentes. Por sorrirem meu sorriso e chorarem meu choro!

A todos os meus familiares, mesmo distantes, sempre incentivando.

Às amigas-irmãs, Tani e Thaís que compreendem que as noites de quinta tiveram uma pausa, mas não um fim. Não importa a distância, a amizade não muda.

Às FLORESteiras Ana, Bruna, Eve e Tainá. Viva o WhatsApp! Mais uma vez, não importa a distância, a amizade não muda.

À Universidade Federal de Lavras, pela possibilidade de cursar o mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira.

Ao meu orientador, professor José Reinaldo, pelos ensinamentos, por transmitir suas experiências e sabedoria, durante esta trajetória.

Ao professor e coorientador Paulo Hein, pelos conselhos e sugestões em todos os momentos. E, aos demais professores e funcionários da CTM, pelo convívio e amizade.

Ao CNPq, pela concessão de bolsa de estudos.

À FAPEMG e CAPES pela aquisição de equipamentos.

À empresa Indusparquet, pela doação de material utilizado no trabalho.

Aos amigos de turma e laboratório, Aureo, Coisinha, Lidy, Lisi, Luisinho e Thaty, o meu muito obrigada por todos os momentos, de trabalhos, aulas, risadas, churrascos e convivência. Foi ótimo!

À minha “rimã” Anna Carolina, como uma boa irmã mais velha, sempre presente, para ajudar, socorrer, incentivar, puxar a orelha e elogiar.

Aos amigos da Balalaika! Abner, Jonnys, Jordão, Junim, Raul e Rodrigo, o que seria das minhas noites e finais de semana sem vocês?! Muito obrigada pelas festas, risadas, conselhos e conversas. Vocês tornaram Lavras muito mais divertida!

E às amigas e família da República Floresteiros, Amanda, Cecília, Márcia, Milene e Tamara, por todos esses dias de convivência, de conversas à mesa e de muitos brigadeiros!

Muito obrigada a todos!!

RESUMO

Os pisos de madeira são utilizados em ambientes residenciais, comerciais e industriais, tornando-se material demandado e muito apreciado. Diante da demanda pelas espécies comumente utilizadas, novas espécies são empregadas no mercado. Esta conjuntura aumenta a gama de produtos disponibilizados pelas empresas para os consumidores. A realização de ensaios que simulem a utilização em serviço é uma das formas de garantir a qualidade e, também, obter informações para a melhor utilização dos pisos de madeira. Estes ensaios simulam o atrito existente nas zonas de contato com o piso, a pressão oferecida por cargas pontuais e o arraste e a queda de objetos. Contudo, a falta de normatização com valores de classes de referência é a grande dificuldade para estabelecimento da qualidade dos pisos de madeira. Objetivou-se neste trabalho estabelecer classes de valores para a qualidade de pisos de madeira por meio dos ensaios de simulação em serviço. Para tanto, foram utilizados pisos comerciais das madeiras de *Bowdichia nitida* Benth (Spr.) - Sucupira, *Dipterxy odorata* (aubl.) Willd - Cumaru, *Mimosa scabrella* Benth - Amêndola e *Tabebuia impetiginosa* - Ipê. Foi possível estabelecer três distintas classes de qualidade, sendo alta, intermediária e baixa. Os pisos de ipê e de cumaru foram os mais resistentes. Já, os pisos de sucupira apresentaram resistência intermediária e os pisos de amêndola apresentaram baixa resistência com maiores depressões.

Palavras-chave: Ensaio de simulação de piso em uso. Qualidade. Produto de maior valor agregado.

ABSTRACT

Wooden floors are used in residential, commercial and industrial environments, being a highly demanded and appreciated material. Given the demand for commonly used species, new species are commercially employed in the market. This conjuncture increases the range of products made available to consumers. One of the ways to guarantee quality and obtain information for improving the use of wooden floors is to conduct trials that simulate its use in service. These trials simulate the friction existent on the contact zones of the floor, the pressure caused by punctual loads and the drag and fall of objects. However, the lack of regularization of reference class values is the largest difficulty for establishing the quality of wooden floors. The objective of this work was to establish value classes for the quality of wooden floors by means of service simulation trials. For this, we used commercial floors made of woods from *Bowdichia nitida* Benth (Spr.) – Sucupira, *Dipterxy odorata* (abl.) Willd – Cumaru, *Mimosa scabrella* Benth – Amendola and *Tabebuia impetiginosa* – Ipe. It was possible to establish three distinct quality classes, high, intermediate and low. The ipe and cumaru floors were the most resistant, while the sucupira floors presented intermediate resistance and the amendola floors presented lower resistance and a higher number of depressions.

Keywords: Service floor simulation trials. Quality. Product of higher added value.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Principais países exportadores de pisos de madeira em 2010	15
Figura 2	Principais países importadores de pisos de madeira em 2010	16
Figura 3	Fluxograma de utilização dos corpos de prova para os diferentes ensaios	26
Figura 4	Setup do ensaio de atritos estático e dinâmico	28
Figura 5	Máquina do ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas	29
Figura 6	Esquema de medição da profundidade da depressão para o ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas	30
Figura 7	Setup do ensaio de carga rolante.....	31
Figura 8	Esquema de medição da profundidade da depressão para o ensaio de carga rolante	32
Figura 9	Setup do ensaio de impacto da esfera de aço cadente, em que A) máquina de ensaio; B) eletroímã com a esfera de aço e C) corpo de prova coberto com folha de carbono.....	34
Figura 10	Esquema de medição da profundidade da depressão para o ensaio de impacto da esfera de aço cadente	35
Figura 11	Esquema do corpo de prova do ensaio de esfera de aço cadente	36
Figura 12	Ranhuras do ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas, após 100 viagens. Em que: A) madeira de cumaru e B) madeira de ipê	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Principais tipos de madeira maciça e suas características.....	17
Tabela 2	Espécies florestais utilizadas para fabricação de pisos de madeira	20
Tabela 3	Comparação das médias dos coeficientes de atrito estático e dinâmico	39
Tabela 4	Comparação dos valores médios das endentações causadas por cargas aplicadas em pequenas áreas na 50 ^a e 100 ^a viagem	42
Tabela 5	Comparação dos valores médios das depressões causadas no ensaio de carga rolante nas 10 ^a , 25 ^a e 50 ^a viagens para as diferentes madeiras.....	43
Tabela 6	Comparação dos valores médios das depressões obtidas no ensaio de impacto da esfera de aço cadente	45
Tabela 7	Equação ajustada para os dados de endentação-altura e valores dos índices de endentações para cada madeira.....	46
Tabela 8	Classes de qualidade para o ensaio de atrito dinâmico	46
Tabela 9	Classes de qualidade para o ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas	47
Tabela 10	Classes de qualidade para os ensaios de carga rolante e impacto da esfera de aço cadente	48
Tabela 11	Índices para determinação das classes de qualidade dos pisos de madeira.....	49

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVO	14
3	REFERENCIAL TEÓRICO	15
3.1	Panorama internacional e nacional do setor de pisos de madeira	15
3.2	Pisos de madeira e espécies utilizadas	16
3.3	Avaliação dos pisos de madeira	21
3.4	Qualidade de pisos de madeira	22
4	MATERIAL E MÉTODOS	25
4.1	Preparo dos corpos de prova	25
4.2	Ensaio de simulação de pisos em serviços	27
4.2.1	Ensaio de atrito	27
4.2.2	Ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas	28
4.2.3	Ensaio de carga rolante	30
4.2.4	Ensaio de impacto da esfera de aço cadente	32
4.3	Análise estatística	36
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5.1	Ensaio de atrito	38
5.2	Ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas	39
5.3	Ensaio de carga rolante	42
5.4	Ensaio de impacto da esfera de aço cadente	44
5.5	Classes de qualidade dos pisos de madeira	46
6	CONCLUSÃO	50
	REFERÊNCIAS	51
	ANEXOS	54

1 INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial reflete no consumo de produtos provenientes da madeira e na necessidade de aumento da produção, ratificando a importância do setor de base florestal para suprir essas necessidades. Neste contexto, a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) realizaram projeção para demanda de 5,2 bilhões de m³ de madeira por ano, que representará, em 2050, acréscimo de 40% (INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBA, 2014).

A madeira é utilizada com destaque na construção civil, na produção de produtos de madeira de maior valor agregado, ou seja, portas, janelas, pisos, molduras e dormentes. Entre outros usos como, celulose, carvão, lenha e painéis.

Normalmente, no setor da construção civil, observa-se crescimento a cada ano, que provoca aumento do consumo de pisos de madeira para suprir esse mercado em ascensão. Segundo a Associação Nacional dos Produtores de Pisos de Madeira - ANPM (2011), em 2010, a produção de pisos atingiu 28,2 milhões de m², movimentando US\$ 919,8 milhões na economia brasileira. Apesar do aumento de consumo e da diversidade florestal existente, são poucas as espécies utilizadas na produção de pisos, entre as principais estão o cumaru, o jatobá, a peroba-rosa e o ipê.

As empresas estão investindo em pesquisas, para utilização de espécies com potencial para produção de pisos, como a amêndola. O uso de espécies alternativas diminui o impacto ambiental sobre as poucas espécies utilizadas e aumenta a gama de produtos disponibilizados para os consumidores.

No entanto, as empresas madeireiras têm enfrentado problemas relacionados à diversidade e heterogeneidade da matéria-prima e a variação dimensional da madeira referente à umidade do ambiente e ao processo de secagem. Estes fatores contribuem para a falta de padronização dos produtos,

que influenciam na qualidade dos pisos e dificultam a consolidação do setor no âmbito nacional e, principalmente, internacional. Portanto, classes de valores de referência, procedimentos para avaliação e monitoramento, como ensaios de atritos, queda da esfera de aço, de carga rolante e aplicação de cargas em pequenas áreas são importantes para o estabelecimento da qualidade de pisos de madeira.

2 OBJETIVO

Estabelecer classes de valores para a qualidade de pisos de madeira por meio dos ensaios de simulação em serviço.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Panorama internacional e nacional do setor de pisos de madeira

Segundo a Associação Nacional dos Produtores de Pisos de Madeira - ANPM, a China é o principal exportador de pisos de madeira, porém não possui matéria - prima suficiente para atender à sua produção, necessitando importar grande parte da madeira para esse fim (ANPM, 2011). Já, o Brasil, apesar de sua extensão territorial e florestal, ainda possui baixa participação nas exportações do setor (FIGURA 1).

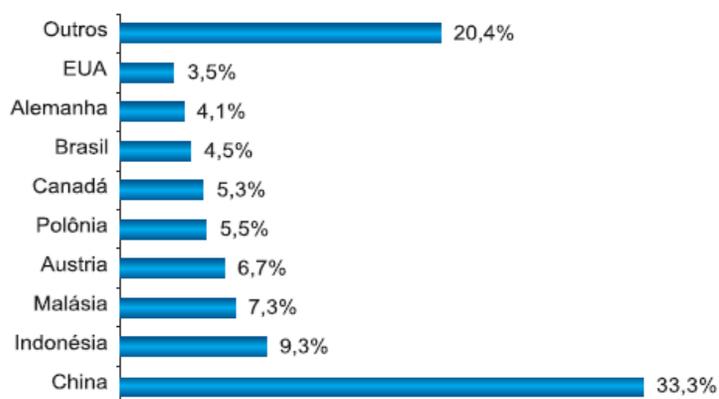


Figura 1 Principais países exportadores de pisos de madeira em 2010

Fonte: ANPM (2011)

Em sua maioria, as exportações desse segmento, de acordo com dados da Associação Brasileira da Indústria de Madeira Processada Mecanicamente - ABIMCI (2009), estão destinadas aos Estados Unidos. No entanto, países da Europa e o Japão vêm se destacando como importadores de pisos (FIGURA 2). Vale ressaltar que esses países não importam apenas o piso acabado, mas

também os semiacabados, para que etapas industriais de agregação de valor, como a aplicação de vernizes sejam realizadas em suas indústrias.

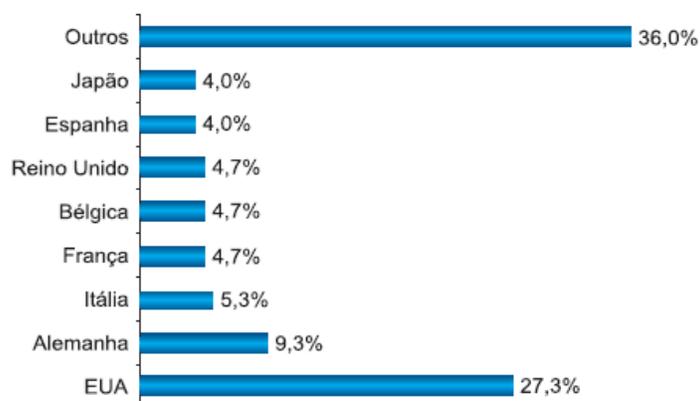


Figura 2 Principais países importadores de pisos de madeira em 2010

Fonte: ANPM (2011)

No Brasil, a dinâmica que ocorre no mercado de pisos está associada à economia interna, em que o crescimento da construção civil e o aumento de renda da população impulsionaram o consumo desses produtos nos últimos anos. Segundo a Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2014), a produção de pisos de madeira atingiu 14,1 milhões de m³ em 2013, um crescimento de 15,5% em relação à produção de 2012.

Em relação ao número de indústrias de pisos de madeira existentes no Brasil, estima-se que haja, aproximadamente, 100 indústrias com portes variados, localizadas principalmente na região Sul (ANPM, 2011).

3.2 Pisos de madeira e espécies utilizadas

Pisos podem ser definidos como uma superfície qualquer, contínua ou descontínua, que aceita o trânsito pesado ou leve (SILVA; BITTENCOURT,

2002). Durante o processo de fabricação, o tipo de piso pode ser escolhido de acordo com as necessidades do mercado e com o material disponível, visando ao maior rendimento (MARTINS et al., 2012).

Em relação aos tipos de pisos, existem diferentes classificações e definições. Isto é em virtude da falta de padronização que influencia nesta caracterização.

Uma das classificações existentes é da ANPM (2011), que dividiu os pisos de madeira em dois grupos principais: maciça (sólida) ou engenheirado, em que os pisos de madeira maciça (TABELA 1) são aqueles em que há apenas o beneficiamento da madeira, sem combinações com outros tipos de produtos processados. Eles são classificados em assoalhos, tacos e parquets, os que são utilizados em ambientes internos ou decks, que são empregados em ambientes externos, com exposição às intempéries. Nesse caso, a face superior pode ser lisa, corrugada ou ranhurada para aumentar a característica antiderrapante do produto (GALINA et al., 2013). São, frequentemente, utilizados para pisos ao redor de piscinas, mezaninos e varandas.

Tabela 1 Principais tipos de madeira maciça e suas características

Tipo	Espessura (mm)	Largura (mm)	Comprimento (mm)	Observações
Assoalho	8 a 22	57 a 210	280 e 6000	Encaixes macho/fêmea dois ou quatro nas laterais
Taco	8 a 20	Variável	Variável	Pode ou não possuir encaixes macho/fêmea
Parquet	6 e 18	Variável	Variável	Peças quadradas de formatos e dimensões variadas
Deck	6 e 18	60 a 150	Variável	Pode ou não possuir encaixes macho/fêmea

Fonte: Adaptado de ANPM (2011).

Os pisos engenheirados são conhecidos internacionalmente como Engineered Wood Flooring – EWF, os pisos estruturados e os laminados fazem parte do grupo de pisos engenheirados (ANPM, 2011).

Segundo Galina et al. (2013), os pisos estruturados podem ser classificados em três tipos:

- a) Estruturado maciço: constituído por uma base de painel de madeira e um revestimento de madeira serrada adequado para piso chamado de lamela. A lamela apresenta espessuras entre 2 e 5 mm. A base deste piso é constituída de peças de madeira maciças unidas lateralmente, em que suas espessuras variam entre 11, 15 e 19 mm;
- b) Estruturado lamela (Multi estruturado): constituído por uma base de painel de madeira e um revestimento de madeira serrada, adequado para piso chamado de lamela, com espessuras geralmente entre 2 e 5 mm. A base deste piso é de painel de madeira compensada com número de lâminas variável, conforme a espessura final do piso, que pode variar entre 9,5 e 19 mm;
- c) Estruturado lâmina (Multi laminado): constituído por uma base de painel de madeira compensada com número de lâminas variável conforme a espessura final do piso e revestido por uma lâmina mais fina de madeira com espessuras inferiores a 0,6 mm. As espessuras finais dos pisos geralmente variam entre 7 e 15 mm.

E os pisos laminados são painéis de fibras ou partículas de madeira reconstituída, como MDF (painel de fibras de média densidade). Os painéis são revestidos por uma camada de papel impregnado com resina melamínica, que proporciona variados padrões decorativos, inclusive, imitando a madeira natural (ANPM, 2011).

Apesar da semelhança entre os pisos de madeira após a instalação, as suas características específicas são bem variadas (PADILHA et al., 2006). Portanto, o momento de escolha de qual piso utilizar é importante e deve estar adequado ao uso considerando que o piso de um compartimento precisa ser compatível com seu acabamento e o pavimento de um ambiente deve ser apropriado ao ambiente (SILVA; BITTENCOURT, 2002).

Em relação à escolha das espécies, para produção de pisos, depende de fatores como a disponibilidade da madeira, o preço de aquisição e as características físicas/mecânicas e visuais de cada uma das espécies (ANPM, 2011).

Segundo Galina et al. (2013), a escolha da espécie deve ser feita em função de propriedades físicas e mecânicas, como densidade, que, no caso dos pisos de madeira, por exigir grande resistência, geralmente são indicadas madeiras pesadas e a retratibilidade, em que espécies cuja relação transversal/radial (T/R) seja baixa, sendo normalmente madeiras mais homogêneas quanto à variação dimensional e que tenderão a deformações menores.

Em estudos com madeiras de *Eucalyptus microcorys* F. Muell e *Corymbia maculata* Hook, Martins et al. (2012) encontraram densidade de 0,705 g*cm⁻³ e 0,805 g*cm⁻³ e coeficiente de anisotropia de 1,5 e 1,2, respectivamente. Além destas propriedades, os mesmos autores realizaram os ensaios de simulação dos pisos de madeira em serviço e concluíram que ambas as espécies apresentaram aptas para a produção de pisos.

Entre as principais espécies nativas utilizadas, para produção de pisos de madeira no Brasil, estão o jatobá, o ipê e o cumaru (TABELA 2). Isso se deve ao fato dessas espécies possuírem características importantes para a produção de pisos, como alta densidade, de 0,960; 1,010; 1,090 g*cm⁻³, respectivamente.

Esses altos valores promovem aumento dos valores das resistências de suas propriedades mecânicas (MAINIERI; CHIMELO, 1989).

Tabela 2 Espécies florestais utilizadas para fabricação de pisos de madeira

Nome Comercial	Nome Científico	Participação no Consumo (%)
Jatobá	<i>Hymenaea courbaril</i>	24,0
Ipê	<i>Tabebuia sp</i>	23,0
Cumaru	<i>Dipterix odorata</i>	21,0
Sucupira	<i>Bowdichia sp</i>	4,0
Muiracatiara	<i>Astronium lecointei</i>	4,0
Perobinha	<i>Aspidosperma sp</i>	3,0
Amendoim	<i>Pterogyne nitens</i>	2,0
Maçaranduba	<i>Manilkara huberi</i>	2,0
Outras	---	17,0

Fonte: Adaptado de ANPM (2011).

Apesar dos esforços para a introdução de novas espécies para comercialização, o mercado tende a utilizar espécies que tenham alta disponibilidade para processamento, como o jatobá, ipê, cumaru e as espécies de reflorestamento e de rápido crescimento, como as do gênero *Eucalyptus*.

De acordo com Andrade (2014), para resolver essa demanda, institutos de pesquisa estão realizando testes em diferentes espécies, que sejam encontradas em quantidade na natureza e tenham a mesma “qualidade visual”, avaliando o seu potencial tecnológico. É o caso da madeira de amêndola, que está sendo utilizada por algumas empresas para produção de pisos, mas que ainda é preciso realizar testes em relação à simulação de uso.

Padilha et al. (2006), também, avaliaram a qualidade da madeira de *Eucalyptus urophylla* para utilização em pisos de madeira. Os resultados apontaram como madeiras, potencialmente aptas para serem utilizadas como

pisos, entretanto, o comportamento mecânico foi inferior quando comparado com madeiras usualmente empregadas, como o jatobá, ipê e cumaru.

As empresas, também, estão desenvolvendo novos produtos, como pisos mais estreitos e, ou menos espessos de madeira maciça. Esse fato tem como objetivo reduzir o desperdício de peças no processamento primário e secundário. Também têm sido desenvolvidos pisos com lamela e substrato de compensado de madeiras plantadas e copiando as linhas de pintura e de textura das espécies nativas (ANPM, 2011).

3.3 Avaliação dos pisos de madeira

Segundo Jankowsky, Luiz e Andrade (2004), a desorganização do setor e a ausência de padrão referencial da qualidade dos pisos tornam a estratégia de preços a principal característica da competição de pisos no mercado. Apesar da melhoria quanto à organização do setor, a falta de padrões de referência ainda existem.

Os tipos de pisos produzidos mundialmente têm composição, formas e dimensões variáveis que estão relacionadas às características de cada país. Dentre os fatores que influenciam essas características, a ANPM (2011) destacou as seguintes:

- a) Características construtivas: o mercado de pisos está ligado à construção civil, portanto, o tipo de processo construtivo determina os padrões de fabricação, as características do piso e as diferentes aplicações;
- b) Evolução tecnológica da indústria e do mercado consumidor: cada país possui diferentes tecnologias e processos de industrialização da madeira (tanto em maquinário como em arquitetura de processos);

- c) Características e disponibilidade da matéria-prima: a disponibilidade de espécies florestais, as características físicas e mecânicas de cada madeira e aspectos visuais (cor, “desenho” das fibras, padrão de acabamento) interferem no modelo de industrialização adotado no país;
- d) Demandas impostas: os maiores mercados consumidores mundiais determinam “padronização” para os pisos, tais como coloração, dimensões, características de acabamento e instalação.

No momento da escolha de qual piso utilizar, existem fatores que devem ser observados como: i) Adequação: o piso deve estar apropriado com o ambiente; ii) Economia: o desgaste, a manutenção e a conservação do piso; iii) Qualidades: resistência ao desgaste ao trânsito, atrito necessário ao trânsito, fácil conservação, inalterabilidade (cor, dimensão) e decorativo (SILVA; BITTENCOURT, 2002).

3.4 Qualidade de pisos de madeira

De acordo com Cerqueira Neto (1991), aspectos relacionados à gestão da qualidade trazem benefícios como melhoria na qualidade de produtos, redução de perdas e custos de operação, disponibilidade de dados importantes para o marketing da empresa e, principalmente, para diminuição de barreiras técnicas e aumento da competitividade.

Porém, qualidade é um termo difícil de ser definido e depende do objetivo final do produto, da empresa e do consumidor. Uma definição mais abrangente de qualidade inclui melhor preço, ausência de defeitos, obediência ao projeto, adequação ao uso e satisfação do cliente por meio de melhoria contínua nos produtos e serviços oferecidos (ALMEIDA, 2000).

Os conceitos e as aplicações relacionadas à qualidade de produtos industriais tiveram início no Japão. Após a Segunda Guerra Mundial, iniciou-se o movimento de padronização dos produtos japoneses para que esses voltassem ao mercado competidor. No final dos anos 80, os Estados Unidos começaram a sentir o impacto desses produtos japoneses, que se destacavam em termos de qualidade e eram reconhecidos mundialmente (CARVALHO; PALADINI, 2012).

Historicamente, a qualidade de produtos de madeira das empresas brasileiras é variável, inclusive, nas empresas de pisos, que não apresentam padronização e as ações relacionadas à qualidade são poucas. A maioria das empresas não utiliza equipamentos, procedimentos e recursos humanos adequados e capacitados, fornecendo produtos de qualidade inferior, inconstantes, desuniformes ou despadronizados (ANDRADE, 2014).

Andrade e Milan (2011) afirmaram que, para pisos de maneira geral, existe dificuldade na identificação de defeitos no processo produtivo. Também é observada a elevada ocorrência de problemas após a instalação do produto. Assim, é necessário que as empresas desenvolvam e implementem estratégias para comercializar produtos com qualidade.

Segundo Coletti, Bonduelle e Iwakiri (2010), para garantir a permanência no mercado e crescimento, é importante padrão mínimo de qualidade para os produtos serem comercializados e utilizados. A implantação de normas, para a padronização, cursos para capacitação e auditorias internas e/ou externas para fiscalização, são formas de melhorias da qualidade.

De acordo com pesquisas realizadas, até o ano de 2010, as duas normas existentes especificamente para pisos de madeira no Brasil eram as da ABNT denominadas “Taco de madeira para soalho” e “Tacos modulares de madeira para soalhos na construção coordenada modularmente”. São normas antigas que não condizem com os tipos de pisos produzidos atualmente (ANDRADE, 2014).

A padronização da qualidade em relação à resistência ao uso dos pisos de madeira, também, faz-se necessária, sendo importante estabelecer valores máximos e mínimos de referência.

Segundo Padilha et al. (2006), é necessário avaliar as características dos pisos, seu comportamento em uso e propor a sua utilização adequada. E isso pode significar um diferencial no mercado, tanto para agregar valor ao produto final como para garantir qualidade ao consumidor.

Uma das formas de avaliar pisos de madeira em serviço e garantir a qualidade destes é por meio de testes realizados de acordo com a norma D 2394-05 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM, 2011), que 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.

4 MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de pisos foram fornecidas pela empresa IndusParquet, localizada na cidade de Tietê, São Paulo. Em visita à empresa, definiu-se por realizar os ensaios nos pisos das espécies de cumaru, ipê, sucupira e amêndola. As três primeiras espécies são as mais vendidas pela empresa e a amêndola, por ser a espécie inserida recentemente no rol de produtos da empresa. Igualmente, para todas as espécies, os pisos foram selecionados aleatoriamente no setor de linha de produção e embalagem da empresa, com dimensões variadas.

4.1 Preparo dos corpos de prova

Os pisos selecionados foram levados para o Laboratório de Usinagem da Madeira (DCF/UFLA) e processados para confeccionar 40 corpos de prova com dimensões de 24 x 14 x 2 cm e 28 x 14 x 2 cm. Os ajustes foram realizados apenas no comprimento dos pisos, não havendo alteração na espessura e nas faces do piso. Posteriormente, os corpos de prova foram transportados para a câmara de climatização [$T = (20 \pm 2)^\circ\text{C}$ e $\text{UR} = (65 \pm 5)\%$] do Laboratório de Ciência e Tecnologia da Madeira (DCF/UFLA), com a finalidade de mantê-los com a umidade de 12% para a realização dos ensaios de simulação dos pisos em serviço.

Para a realização dos ensaios, foi utilizada apenas a face do corpo de prova que possuía acabamento. Em cada corpo de prova foram realizados dois ensaios subsequentes. Nos corpos de prova de 24 x 14 x 2 cm, fez-se primeiro o ensaio de atrito estático e dinâmico, de caráter não destrutivo. Posteriormente, realizou-se o ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas. Já, nos corpos de prova de 28 x 14 x 2 cm, realizou-se, inicialmente, o ensaio de carga rolante e, posteriormente, o ensaio de impacto da esfera de aço

cadente, tendo o cuidado para que a queda da esfera não atingisse a região da depressão do ensaio anterior (FIGURA 3).

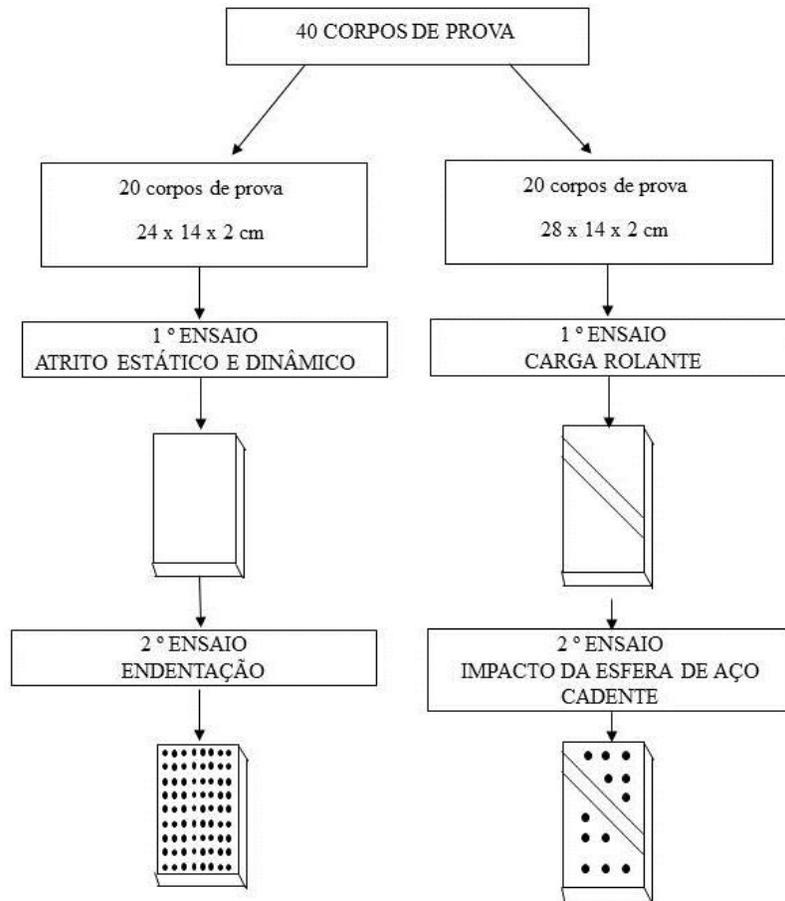


Figura 3 Fluxograma de utilização dos corpos de prova para os diferentes ensaios

4.2 Ensaios de simulação de pisos em serviços

De acordo com a norma D 2394-05 (ASTM, 2011), foram realizados os ensaios de atrito estático e dinâmico, endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas, carga rolante e o impacto da esfera de aço cadente. As máquinas utilizadas para estes ensaios foram as mesmas utilizadas por Padilha et al. (2006), porém com controle das velocidades de deslocamento por meio de motores elétricos, adaptações realizadas por Martins et al. (2012) e Santos, Lima e Silva (2010).

Os corpos de prova foram dispostos aleatoriamente nas máquinas, independentes da espécie.

4.2.1 Ensaio de atrito

O ensaio para a obtenção dos coeficientes de atrito estático e dinâmico foi realizado na máquina de ensaio universal de 30 toneladas (FIGURA 4). Para este ensaio, foi utilizada uma mesa horizontal e um artefato de ferro retangular com massa de 11,5 kg, revestido na parte inferior por couro de sola de sapato. Para uniformizar a superfície do couro, o mesmo foi lixado. Este artefato foi ligado, por meio de um cabo de aço, à célula de carga com capacidade de 5000 N existente da máquina universal de ensaio. Para cálculo do coeficiente de atrito estático e dinâmico, foram utilizadas as razões entre a força máxima e média, respectivamente, e a massa do artefato.



Figura 4 Setup do ensaio de atritos estático e dinâmico

4.2.2 Ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas

O ensaio de endentação simula o efeito dos objetos que tenham cargas aplicadas em pequenas áreas como o caminhar de sapatos de salto alto de mulheres, travas de chuteiras e outros. A máquina de ensaio (FIGURA 5) é constituída de estrutura de ferro e rolo móvel de 235 x 150 mm (comprimento x diâmetro). O rolo possui 225 dentes cilíndricos, com diâmetro de 5 mm, uniformemente distribuídos de modo a se ter nove dentes simultaneamente

apoiados sobre o corpo de prova, os quais suportaram carga total de 890 N. A velocidade de deslocamento do rolo endentado foi de $0,06 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

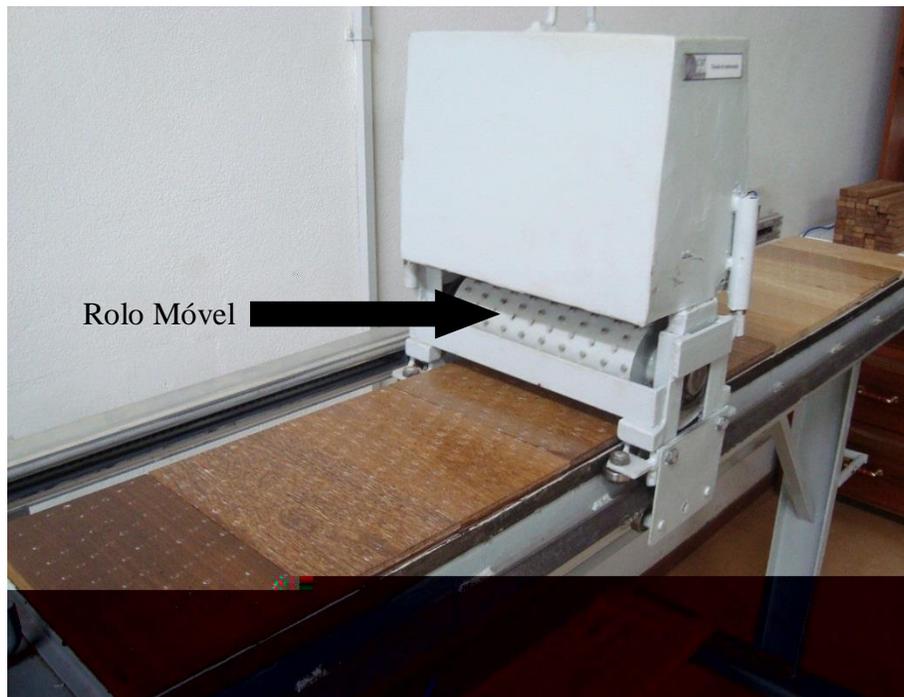


Figura 5 Máquina do ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas

Realizaram - se 100 viagens e cada viagem representou uma passagem sobre os corpos de prova. As medições das depressões foram realizadas após 50 e 100 viagens.

Para realizar as medições das endentações, foram realizadas cinco leituras, com relógio comparador ($0,01 \text{ mm}$), sendo quatro externamente e uma internamente à endentação. O valor da endentação foi determinado pela diferença entre a média das leituras externas e interna (EQUAÇÃO 1). Para

evitar efeitos de instabilidade na aplicação da carga sobre as bordas dos corpos de prova, foram medidas três endentações centrais (FIGURA 6).

$$P_d = L_e - L_i \quad (1)$$

Em que:

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

L_e = média das leituras externas, mm;

L_i = leitura interna no ponto central da depressão, mm.

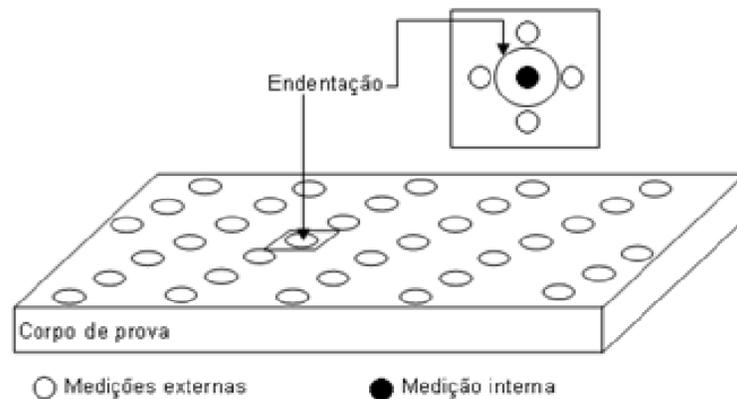


Figura 6 Esquema de medição da profundidade da depressão para o ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas

Fonte: Martins (2008).

4.2.3 Ensaio de carga rolante

O ensaio de carga rolante simula o arraste de objetos, como móveis, no piso de madeira. A máquina de ensaio é composta de base de ferro de 1750 x 400 mm. Os corpos-de-prova são posicionados em ângulo de 45° entre o eixo axial da madeira e o sentido de deslocamento da carga (FIGURA 7). A carga de

890 N é aplicada sobre uma roldana móvel que transfere a força para o corpo de prova. Também existe apoio de duas outras roldanas sobre trilhos laterais, mas que não possuem contato com o corpo de prova. A velocidade de deslocamento da carga foi de $0,06 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.



Figura 7 Setup do ensaio de carga rolante

No ensaio da carga rolante, foram realizadas 50 viagens, em que cada viagem corresponde a uma passagem da unidade móvel sobre os corpos de prova.

Com auxílio do relógio comparador (0,01 mm), foi medida a profundidade da depressão, sendo três leituras internas e seis externas (FIGURA 8). O valor final da depressão foi calculado conforme Equação 2. Essa metodologia foi aplicada após a 10^a, 25^a e a 50^a viagem. Para evitar efeitos de instabilidade de aplicação da carga na borda dos corpos de prova, todas as leituras das depressões foram efetuadas na região central dos mesmos.

$$D = L_e - L_i \quad (2)$$

Em que:

D = depressão, mm;

L_e = média das leituras externas, mm;

L_i = média das leituras internas, mm.

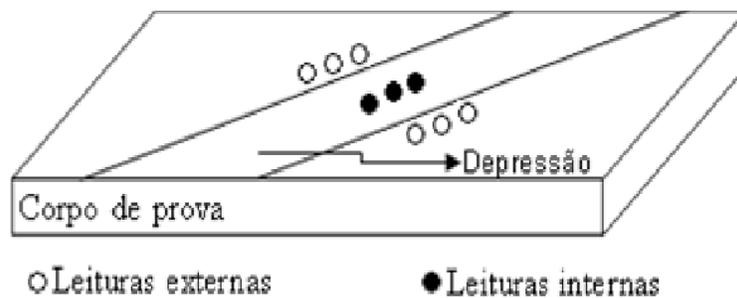


Figura 8 Esquema de medição da profundidade da depressão para o ensaio de carga rolante

Fonte: Martins (2008)

4.2.4 Ensaio de impacto da esfera de aço cadente

O equipamento utilizado (FIGURA 9-A), para o ensaio de impacto da esfera de aço cadente, é constituído por uma torre com divisões verticais até

altura máxima de queda de 1,80 m. Também possui uma plataforma móvel com eletroímã (FIGURA 9-B), que se move nas diferentes divisões verticais. Essa máquina, também, possui uma base plana fixa, onde o corpo de prova é apoiado, para suportar a queda da esfera.

O ensaio consiste na liberação da esfera de aço de 51 mm de diâmetro e massa de 535,0 g para causar o impacto com as alturas entre 30 e 180 cm. Este ensaio simula a queda de objetos de diferentes alturas. Segundo indicação da D 2394-05 (ASTM, 2011), utilizou-se uma folha de carbono, colocada sobre o corpo de prova, para realçar a área de impacto e facilitar a medição da depressão (FIGURA 9-C).

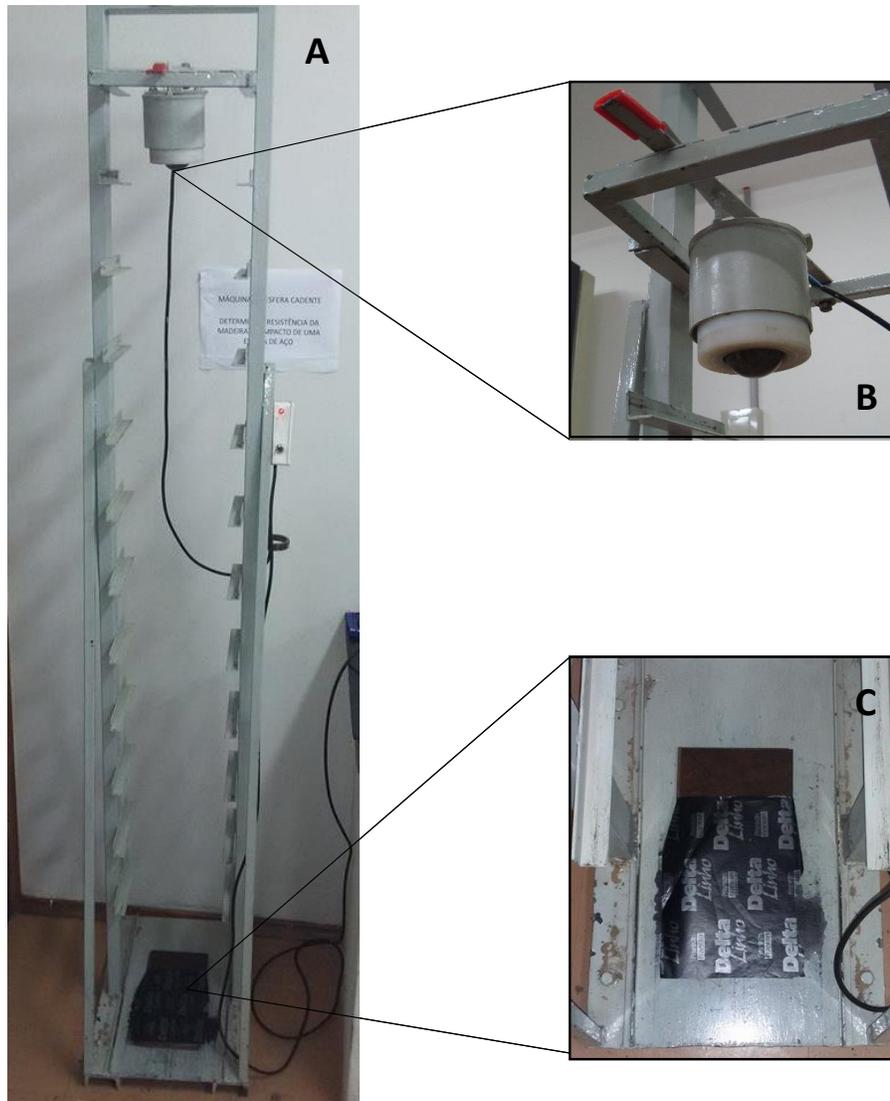
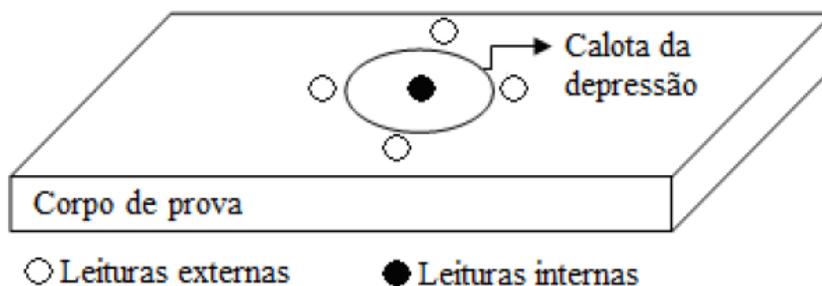


Figura 9 Setup do ensaio de impacto da esfera de aço cadente, em que A) máquina de ensaio; B) eletroímã com a esfera de aço e C) corpo de prova coberto com folha de carbono

Para realizar as medições das depressões, foram realizadas cinco leituras, com relógio comparador (0,01 mm) sendo quatro externamente e uma

internamente à depressão (FIGURA 10). O valor foi determinado pela diferença entre a média das leituras externas e interna (EQUAÇÃO 1).



Fonte: Martins (2008)

Figura 10 Esquema de medição da profundidade da depressão para o ensaio de impacto da esfera de aço cadente

Foi realizada análise de regressão com os pares de valores da endentação produzida e da altura da queda da esfera de aço, obtendo-se o ajuste da equação do primeiro grau para cada espécie estudada. Com base nessa equação, foi possível calcular o índice de endentação para altura de 180 cm, indicada como índice de qualidade pela ASTM D 2394-05 (ASTM, 2011).

Para este trabalho, foram selecionadas quatro alturas (30, 110, 150 e 180 cm), sendo cinco corpos de prova por espécie e o mesmo corpo de prova para todas as alturas selecionadas. Foram realizadas três repetições de impacto, em cada corpo de prova, na mesma altura de queda (FIGURA 11).

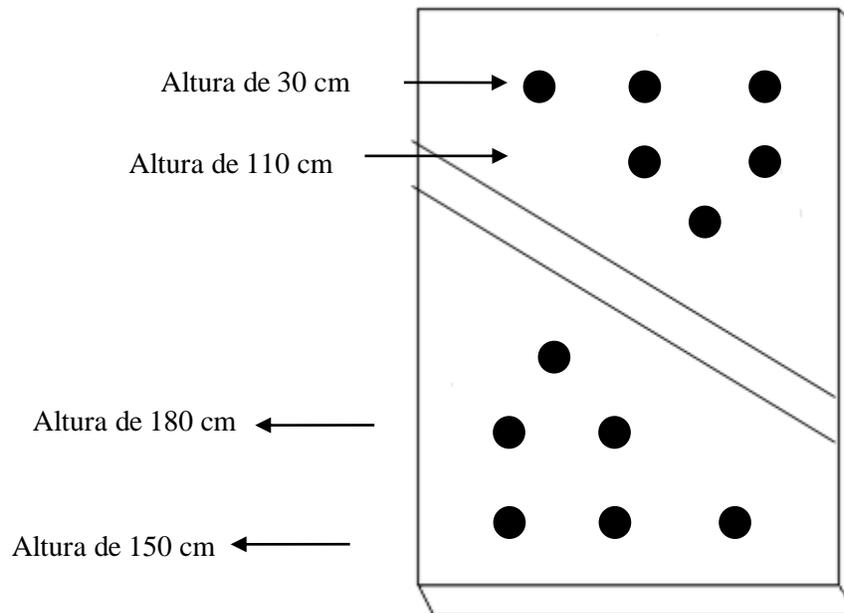


Figura 11 Esquema do corpo de prova do ensaio de espera de aço cadente

4.3 Análise estatística

O experimento foi realizado segundo um delineamento inteiramente casualizado com cinco repetições em cada teste e quatro tratamentos (espécies). O modelo estatístico considerado foi:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + \epsilon_i$$

Em que:

Y_{ij} = valor observado para variável resposta para i -ésimo tratamento e i -ésima resposta;

μ = médias dos valores de variável resposta;

t_i = efeito do tratamento no valor observado Y_{ij} ;

ϵ_i = erro experimental.

Os dados foram submetidos à análise de variância e os efeitos contemplados no modelo testado, com significância de 5% e, quando necessário, foram aplicados os testes de médias de Scott-Knott, a 5% de significância.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Ensaio de atrito

Na análise inicial dos resultados gerais do ensaio de atrito estático foi observado, para todas as madeiras estudadas, que valores máximos, médios e mínimos dos coeficientes encontrados foram de 0,150; 0,259 e 0,350, respectivamente. Observou-se pequena variação entre os valores, que corresponderam ao coeficiente de variação geral de 5,92%. A madeira de sucupira apresentou maior coeficiente de variação (28,24%). O resumo da análise de variância, a 5% de significância, encontra-se no Anexo 1A. Não houve diferença significativa entre as médias do ensaio de atrito estático, para as diferentes madeiras.

No ensaio de atrito dinâmico, os valores máximos, médios e mínimos foram de 0,060; 0,175 e 0,300, respectivamente. O coeficiente de variação geral foi de 6,98%. Obteve-se, novamente, para a madeira de sucupira, o maior coeficiente de variação (51,58%) a qual pode estar relacionada à sua grã, caracterizada como reversa (MAINIERI; CHIMELO, 1989) e ligeiramente reversa (SOUZA, 1997).

O resumo da análise de variância, para o ensaio de atrito dinâmico, a 5% de significância, encontra-se no Anexo 2A. As médias do coeficiente de atrito dinâmico apresentaram diferença significativa, os valores das médias podem ser observados na Tabela 3. Encontrou-se o maior valor de média para a madeira de ipê, enquanto para amêndola o menor valor. As madeiras de cumaru e sucupira foram estatisticamente iguais, no ensaio de atrito dinâmico.

Tabela 3 Comparação das médias dos coeficientes de atrito estático e dinâmico

Espécie	Ensaio de atrito	
	Estático	Dinâmico
Ipê	0,269	0,198 a
Cumaru	0,253	0,175 b
Sucupira	0,254	0,173 b
Amêndola	0,265	0,154 c

Médias seguidas de, pelo menos, uma mesma letra na vertical não diferem entre si a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

Padilha et al. (2006), estudando diferentes clones de *Eucalyptus urophylla*, encontraram valores de coeficiente de atrito estático e dinâmico de 0,376 e 0,230, respectivamente, valores superiores aos encontrados neste trabalho. Esta diferença pode ser explicada por serem madeiras diferentes e pelo tratamento que os corpos de prova receberam. Os pisos utilizados por Padilha et al. (2006) eram de madeira crua, receberam apenas camada seladora, enquanto os pisos utilizados neste trabalho receberam acabamento e foram envernizados, prontos para serem comercializados.

Em estudo realizado por Martins et al. (2012), para *Eucalyptus clöziana* e *Eucalyptus microcorys*, os valores das médias dos coeficientes de atrito estático foram 0,25 e 0,28, respectivamente, valores próximos aos obtidos neste trabalho. O mesmo aconteceu para os coeficientes de atrito dinâmico para *Eucalyptus clöziana* (0,15) e *Eucalyptus microcorys* (0,13).

5.2 Ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas

Observou-se, na análise inicial dos resultados gerais do ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas após 100 viagens, que as madeiras de amêndola e sucupira apresentaram depressões com valores máximos, médios e mínimos de 0,0024; 0,021 e 0,075 mm, respectivamente. A

variação entre estes valores corresponderam ao coeficiente de variação geral de 47,42%. A madeira amêndola apresentou maior coeficiente de variação (77,38%), este alto valor pode ser explicado pela variação medula-casca que influencia na densidade. Santos, Lima e Silva (2010), para clones de *Eucalyptus camaldulensis* no ensaio de endentação, causada por cargas aplicadas em pequenas áreas, encontraram variação no sentido medula-casca, em que a posição externa sofreu deformações inferiores e este fator pode estar relacionado ao valor da densidade básica encontrada no trabalho, que também foi maior, oferecendo maior resistência mecânica dessas posições.

O resumo da análise de variância, a 5% de significância, encontra-se no Anexo 3A. Observou-se que não houve diferença significativa entre as médias das duas madeiras.

As madeiras de cumaru e ipê não apresentaram depressões após 100 viagens, os danos observados foram apenas ranhuras na película de verniz (FIGURA 12). Este resultado pode ter ocorrido em razão da dureza dessas madeiras, relacionada as suas densidades de 1,09 e 1,01 g*cm⁻³ para cumaru e ipê, respectivamente, as quais foram classificadas como muito pesadas (MAINIERI; CHIMELO, 1989). Essas altas densidades proporcionaram maior resistência e dureza, as quais refletem na resistência à carga aplicada. Os resultados indicam essas duas madeiras como potenciais para utilização em locais de intenso tráfego, como restaurantes, shoppings e bancos.



Figura 12 Ranhuras do ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas, após 100 viagens. Em que: A) madeira de cumaru e B) madeira de ipê

Os valores médios das endentações, causadas por cargas aplicadas em pequenas áreas para as madeiras de sucupira e amêndola, foram de 0,009 e 0,019 mm, respectivamente, para 50 viagens e 0,016 e 0,024 mm, respectivamente, para 100 viagens (TABELA 4).

Tabela 4 Comparação dos valores médios das endentações causadas por cargas aplicadas em pequenas áreas na 50^a e 100^a viagem

Espécie	Média das depressões (mm)	
	50 viagens	100 viagens
Sucupira	0,009 a	0,016 a
Amêndola	0,019 a	0,024 a

Médias seguidas de, pelo menos, uma mesma letra na vertical não diferem entre si a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

Padilha et al. (2006) encontraram valores de endentação para madeiras de *Eucalyptus urophylla*, entre 0,049 e 0,092 mm. Martins et al. (2012), para *Eucalyptus microcorys*, encontraram valores de 0,050 mm, valores superiores aos encontrados no presente trabalho.

Por não apresentar diferença estatística, a amêndola se comportou de forma semelhante à sucupira, espécie utilizada comercialmente (ANPM, 2011) indicando dessa forma o potencial de comercialização da amêndola.

5.3 Ensaio de carga rolante

Na análise inicial dos resultados gerais do ensaio de carga rolante, os valores máximos, médios e mínimos encontrados para as depressões de todas as madeiras, após 50 viagens foram de 0,038; 0,219 e 0,696 mm, respectivamente. A madeira cumaru apresentou mais homogênea com o menor coeficiente de variação (18,76%), o coeficiente de variação geral foi de 55,56%. Os altos valores de coeficiente de variação são explicados pela heterogeneidade dos corpos de prova, compostos por diferentes madeiras, amêndola, cumaru, ipê e sucupira.

No Anexo 4A encontra-se o resumo da análise de variância para os dados de depressões do ensaio de carga rolante; observa-se que houve diferença estatística, a 5% de significância, para as madeiras estudadas.

Na Tabela 5 encontram-se as médias das depressões do ensaio de carga rolante, após a décima, a vigésima quinta e a quinquagésima viagens. As depressões médias para as madeiras de ipê, cumaru e sucupira foram consideradas estatisticamente iguais entre si, em todas as viagens.

Tabela 5 Comparação dos valores médios das depressões causadas no ensaio de carga rolante nas 10^a, 25^a e 50^a viagens para as diferentes madeiras

Espécie	Média das depressões (mm)		
	10 ^a viagem	25 ^a viagem	50 ^a viagem
Ipê	0,035 a	0,070 a	0,105 a
Cumaru	0,066 a	0,093 a	0,110 a
Sucupira	0,107 a	0,156 a	0,205 a
Amêndola	0,271 b	0,383 b	0,458 b

Médias seguidas de, pelo menos, uma mesma letra na vertical não diferem entre si a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

As médias das depressões das madeiras de amêndola e sucupira na quinquagésima viagem foram superiores às encontradas por Martins et al. (2012) em madeiras de *Eucalyptus microcorys* e *Eucalyptus clöziana*. Esses autores obtiveram valores de 0,154 e 0,190 mm, respectivamente, sendo consideradas estatisticamente diferentes.

Pode-se observar que os valores das depressões da quinquagésima viagem foram inferiores aos observados por Santos, Lima e Silva (2010), com madeira de *Eucalyptus urophylla*, cuja média da depressão da quinquagésima viagem foi de 0,471 mm e por Carmo (1996) que encontrou valores de depressão de 1,03 e 0,83 mm, para as madeiras de cumaru e ipê, respectivamente. É importante salientar que no trabalho de Carmo (1996) não está apresentada a

forma de realização das medições, bem como o cálculo das depressões e se até mesmo foi utilizada a depressão média ou máxima.

O menor valor de depressão encontrado foi para a madeira de ipê e o maior para a amêndola. É importante destacar que quanto maior a depressão, menor a resistência mecânica da madeira, sendo assim, a amêndola não é indicada para locais onde ocorrem arraste de objetos pesados, como máquinas em empresas, estantes em lojas e armários em casas. Ressalta-se que esses dois últimos objetos podem ser arrastados se forem retiradas as cargas que os mesmos possuem.

5.4 Ensaio de impacto da esfera de aço cadente

Numa análise geral dos dados, para todas as madeiras, das depressões obtidas no ensaio de impacto da esfera de aço cadente à altura de 1,80 m observou-se que os valores máximos, médios e mínimos foram de 0,080; 0,337 e 0,700 mm, respectivamente. Também se observou que o coeficiente de variação total foi de 18,66% e que a madeira amêndola apresentou mais homogênea com menor coeficiente de variação (17,41%). O resumo da análise de variância encontra-se no Anexo 5A. Observou-se que houve diferença estatística, a 5% de significância.

A média das depressões para todas as madeiras encontram-se na Tabela 6. Os resultados indicam existir relação entre os valores das depressões e a densidade do material. A maior média de endentação, de 0,358 mm, foi observada na madeira da amêndola, que segundo Mainieri e Chimelo (1989), possui de densidade de $0,670 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$, sendo a menor densidade utilizada neste trabalho. Já o cumaru apresentou a menor depressão, de 0,129 mm, e que possui o maior valor de densidade ($1,01 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$) (MAINIERI; CHIMELO, 1989).

Tabela 6 Comparação dos valores médios das depressões obtidas no ensaio de impacto da esfera de aço cadente

Madeiras	Média das depressões (mm)	Densidade (g*cm ⁻³) ¹
Cumaru	0,129 a	1,090
Ipê	0,159 a	1,010
Sucupira	0,262 b	0,940
Amêndola	0,358 c	0,670

Médias seguidas de, pelo menos, uma mesma letra na vertical não diferem entre si a 5% de significância, pelo teste de Scott-Knott.

¹ Fonte: Mainieri e Chimelo (1989).

Martins et al. (2012) trabalhando com madeiras de *Corymbia maculata* com densidade de 0,805 g*cm⁻³, *Eucalyptus microcorys* com densidade de 0,795 g*cm⁻³ e *Eucalyptus clöziana* com densidade de 0,740 g*cm⁻³, encontraram os respectivos valores de depressão 0,206, 0,213 e 0,265 mm, também observando que aumento da densidade da madeira, reduz a profundidade das depressões.

Carmo (1996) e Padilha et al. (2006) encontraram para *Eucalyptus urophylla* valores médios de depressão de 0,530 e 0,468 mm, respectivamente. Carmo (1996) encontrou valores de 0,330 e 0,320 mm, para madeiras de cumaru e ipê, respectivamente. Todos estes valores de depressões foram superiores aos encontrados neste trabalho, vale ressaltar que maiores depressões demonstram que as madeiras apresentaram-se menos resistentes. As diferenças de depressões do ensaio de impacto da esfera de aço cadente entre as madeiras podem estar relacionadas às densidades mais altas e a diferentes formas de acabamento.

Na Tabela 7 encontram-se as equações de regressão para cada espécie, utilizando os dados das depressões causadas pela queda da esfera e a altura da queda. Com base nessa equação, foi possível determinar o índice de endentação para cada espécie. Este índice é calculado pela queda da esfera da altura de 180 cm.

Tabela 7 Equação ajustada para os dados de endentação-altura e valores dos índices de endentações para cada madeira

Madeiras	Equação ajustada	Índice de Endentação
Cumaru	Índice da endentação = $0,001 \times \text{Altura de queda} + 0,0055$	0,186
Ipê	Índice da endentação = $0,0014 \times \text{Altura de queda} - 0,011$	0,241
Sucupira	Índice da endentação = $0,0021 \times \text{Altura de queda} + 0,0118$	0,390
Amêndola	Índice da endentação = $0,0029 \times \text{Altura de queda} + 0,0154$	0,537

O índice de endentação significa que quanto menor for o seu valor, maior será a resistência do piso de madeira frente à depressão que objetos de queda irão causar. Portanto, a madeira de cumaru possui a maior resistência dentre as madeiras estudadas.

5.5 Classes de qualidade dos pisos de madeira

Por meio dos resultados obtidos em cada ensaio e comparação com literaturas de madeiras diferentes, foi possível definir classes de qualidade em relação à simulação de pisos em uso para as madeiras estudadas. Na Tabela 8 encontram-se as classes de qualidade para o ensaio de atrito dinâmico.

Tabela 8 Classes de qualidade para o ensaio de atrito dinâmico

Espécie	Densidade ¹	Ensaio de atrito dinâmico	Classes de Qualidade
Ipê	1,010	0,198	Alta
Cumaru	1,090	0,175	Intermediária
Sucupira	0,940	0,173	
Amêndola	0,670	0,154	Baixa

¹ Fonte: Mainieri e Chimelo (1989).

O atrito é uma característica que pode ser alterada, por meio de adaptações no piso, tornando-o menos escorregadio e mais seguro quando se aumenta o valor do atrito, diminuindo o número de acidentes. Em relação ao atrito estático, não foi possível definir classes, pois seus resultados foram estatisticamente iguais entre si.

Para o ensaio de endentação, causada por cargas aplicadas em pequenas áreas, as classes de qualidade estão na Tabela 9.

Tabela 9 Classes de qualidade para o ensaio de endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas

Espécie	Densidade¹ (g*cm⁻³)	Ensaio de carga aplicada (mm)	Classes de qualidade (resistência)
Ipê	1,010	0	Alta
Cumaru	1,090	0	
Sucupira	0,940	0,016	Intermediária
Amêndola	0,670	0,019	
<i>Eucalyptus microcorys</i> ²	0,795 ²	0,050	Baixa
<i>Eucalyptus urophylla</i> ³	0,614 ³	0,092	

Fonte: ¹ Mainieri e Chimelo (1989); ² Martins et al. (2012); ³ Santos, Lima e Silva (2010).

As classes formadas neste trabalho foram: alta para as madeiras de ipê e cumaru, intermediária para sucupira e amêndola e a baixa, por meio de comparações com literaturas, para dois gêneros de *Eucalyptus*.

As classes de qualidade, para os ensaios de carga rolante e queda da esfera de aço cadente, encontram-se na Tabela 10.

Tabela 10 Classes de qualidade para os ensaios de carga rolante e impacto da esfera de aço cadente

Espécie	Densidade¹	Ensaio de carga rolante	Ensaio de impacto da esfera de aço cadente	Classes de qualidade (resistência)
Ipê	1,010	0,105	0,159	Alta
Cumaru	1,090	0,110	0,129	
Sucupira	0,940	0,205	0,262	Intermediária
Amêndola	0,670	0,458	0,358	Baixa

¹ Fonte: Mainieri e Chimelo (1989).

Por meio das classes de qualidade, é possível indicar qual piso se adequa melhor para ser instalado em determinado local. Ambientes com muito tráfego, onde há o arraste ou a queda de objetos, como indústrias, são indicados pisos de resistência intermediária – alta.

Na Tabela 11 encontram-se os valores limites das classes de qualidades de diferentes madeiras para uso em pisos. Estas classes poderão ser utilizadas como índices de comparação com outras madeiras. Também, pode-se observar que essas classes fornecem subsídios para as empresas que produzem pisos de madeira possam fornecer informações aos seus consumidores sobre as resistências de seus produtos, em uso.

Tabela 11 Índices para determinação das classes de qualidade dos pisos de madeira

Ensaio	Classes de qualidade dos pisos		
	Alta	Intermediária	Baixa
Atrito	Maior que 0,181 (Ex: Ipê)	De 0,161 a 0,180 (Ex: Cumaru e Sucupira)	Menor que 0,181 (Ex: Amêndola)
Carga Aplicada	Menor que 0,005 (Ex: Ipê e Cumaru)	De 0,006 a 0,030 (Ex: Sucupira e Amêndola)	Maior que 0,031 (Ex: <i>Eucalyptus</i>)
Carga Rolante	Menor que 0,120 (Ex: Ipê e Cumaru)	De 0,121 a 0,300 (Ex: Sucupira)	Maior que 0,301 (Ex: Amêndola)
Impacto da esfera	Menor que 0,180 (Ex: Ipê e Cumaru)	De 0,181 a 0,300 (Ex: Sucupira)	Maior que 0,301 (Ex: Amêndola)

6 CONCLUSÃO

Foram criadas três classes de qualidade quanto à simulação de uso de pisos de madeira. Essas classes servirão de referência para comparações com outras madeiras para uso em pisos e para indicar informações ao consumidor, para que os pisos possam ter vida útil maior. As classes compreendem a:

1) Classe alta - representada pelas madeiras com os menores valores de depressões nos ensaios realizados, significando que estas madeiras possuem maiores resistências. No ensaio de atrito dinâmico, as madeiras apresentaram coeficientes maiores que 0,181. Nos ensaios de cargas aplicadas em pequenas áreas, de carga rolante e de impacto da esfera de aço cadente, as madeiras apresentaram valores menores que 0,005 mm, que 0,120 mm e que 0,180 mm, respectivamente.

2) Classe intermediária - madeiras que apresentaram coeficientes de atrito dinâmico de 0,161 a 0,180 e nos ensaios de cargas aplicadas em pequenas áreas, de carga rolante e de impacto da esfera de aço cadente, apresentaram valores de 0,006 a 0,030 mm, de 0,121 a 0,300 mm e de 0,181 a 0,300 mm, respectivamente.

3) Classe baixa - representada pelas madeiras com os maiores valores de depressões nos ensaios realizados, significando que estas madeiras possuem menores resistências. No ensaio de atrito dinâmico, madeiras apresentaram coeficientes menores que 0,181. Nos ensaios de cargas aplicadas, em pequenas áreas, de carga rolante e de impacto da esfera de aço cadente, as madeiras apresentaram valores maiores que 0,031 mm, que 0,301 mm e que 0,301 mm, respectivamente.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. R. C. **Gestão operacional da qualidade: uma abordagem prática e abrangente no setor florestal.** Campinas: UNICAMP, 2000. 128 p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D 2394-05: simulated service testing of wood and wood-base finish flooring.** West Conshohocken, 2011. 11 p. Annual Book of ASTM Standards.

ANDRADE, A. **A certificação como estratégia para melhoria da qualidade de pisos de madeira.** 2014. 128 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2014.

ANDRADE, A.; MILAN, M. Programa de certificação de qualidade para pisos de madeira. In: ENCONTRO DE AUDITORES DE SISTEMA DE GESTÃO, 4., 2011, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2011. 1 CD-ROM.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Estudo setorial 2009 ano base 2008 indústria de madeira processada mecanicamente.** Curitiba, 2009. 48 p.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES DE PISOS DE MADEIRA. **Análise tecnológica e econômica do setor brasileiro de pisos de madeira.** Piracicaba, 2011. 69 p.

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

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e casos.** Rio de Janeiro: Elsevier; ABEPRO, 2012. 420 p.

CERQUEIRA NETO, E. P. **Gestão da qualidade: princípios e métodos.** São Paulo: Pioneira, 1991. 156 p.

COLETTI, J.; BONDUELLE, G. M.; IWAKIRI, S. Avaliação de defeitos no processo de fabricação de lamelas para pisos de madeira engenheira dos com uso de ferramentas de controle de qualidade. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 40, n. 1, p. 135-140, 2010.

GALINA, I. C. M. et al. **Instalação de pisos**. Piracicaba: ANPM, 2013. 53 p.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **IBÁ 2014 publicações**. São Paulo, 2014. 100 p.

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. **Anais...** Cuiabá, 2004. p. 141-152.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J. P. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, 1989. 419 p.

MARTINS, M. **Ensaio de simulação de uso em pisos de *Eucalyptus clöeziana* F. Muell, *Eucalyptus microcorys* F. Muell e *Corymbia maculata* Hook**. 2008. 54 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

MARTINS, M. et al. Simulação em uso dos pisos de madeira de *Eucalyptus* sp e *Corymbia maculata*. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 1, p. 151-156, jan./mar. 2012.

PADILHA, C. et al. Avaliação da qualidade da madeira de *Eucalyptus urophylla* para utilização em pisos. **Revista do Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais**, Piracicaba, v. 2, n. 71, p. 141-147, ago. 2006.

SANTOS, I. S.; LIMA, J. T.; SILVA, J. R. M. Avaliação de pisos produzidos a partir de toras de clones de *Eucalyptus* sp. com pequenos diâmetros. **Revista Cerne**, Lavras, v. 16, n. 4, p. 473-478, out./dez. 2010.

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: UFU, 2002. p. 289-298.

SOUZA, M. H. **Madeiras tropicais brasileiras**. Brasília: IBAMA, 1997. 152 p.

ANEXOS

ANEXO A - Resumo das análises de variância para os ensaios de simulação nas diferentes madeiras

	Página
ANEXO 1A Resumo da análise de variância para o atrito estático, em função das diferentes madeiras ..	53
ANEXO 2A Resumo da análise de variância para o atrito dinâmico, em função das diferentes madeiras	53
ANEXO 3A Resumo da análise de variância para a endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas, em função das diferentes madeiras	53
ANEXO 4A Resumo da análise de variância para a depressão causada pela carga rolante, em função das diferentes madeiras	54
ANEXO 5A Resumo da análise de variância para a depressão causada pelo impacto da esfera de aço cadente, em função das diferentes madeiras	54

ANEXO 1A Resumo da análise de variância para o atrito estático, em função das diferentes espécies de madeiras

Fonte de Variação	GL	QM do atrito estático
Espécie	3	0,000308 ^{n.s.}
Resíduo	16	0,000237
Total	19	

n.s.- não significativo, a 5% de significância.

ANEXO 2A Resumo da análise de variância para o atrito dinâmico, em função das diferentes espécies de madeiras

Fonte de Variação	GL	QM do atrito dinâmico
Espécie	3	0,001621*
Resíduo	16	0,0001497
Total	19	

*- significativo, a 5% de significância.

ANEXO 3A Resumo da análise de variância para a endentação causada por cargas aplicadas em pequenas áreas, em função das diferentes espécies de madeiras

Fonte de Variação	GL	QM da endentação	
		50 viagens	100 viagens
Espécie	3	0,000218 ^{n.s.}	0,000021 ^{n.s.}
Resíduo	16	0,000049	0,000067
Total	19		

n.s.- não significativo, a 5% de significância.

ANEXO 4A Resumo da análise de variância para a depressão causada pela carga rolante, em função das diferentes espécies de madeiras

Fonte de Variação	GL	QM da depressão		
		10 viagens	25 viagens	50 viagens
Espécie	3	0,054990 *	0,102401*	0,136852*
Resíduo	16	0,005852	0,010860	0,014855
Total	19			

*- significativo, a 5% de significância.

ANEXO 5A Resumo da análise de variância para a depressão causada pelo impacto da esfera de aço cadente, em função das diferentes espécies de madeiras

Fonte de Variação	GL	QM da depressão
Espécie	3	0,163094*
Resíduo	16	0,028727
Total	19	

*- significativo, a 5% de significância.