



**FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**Secção de Ciência e Tecnologia da Madeira**

**Curso: Licenciatura em Engenharia Florestal**

**Projecto final**

**Avaliação da qualidade da madeira de *Brachystegia spiciformis*  
(Benth) para fabricação de pisos tendo como espécies de controlo  
*Pterocarpus angolensis* e *Androstachys johnsonii***

**Autora:** Solange Alberto Muiambo

**Supervisor:** Doutor Narciso Fernando Bila, Eng.

Maputo, Setembro de 2024



**FACULDADE DE AGRONOMIA E ENGENHARIA FLORESTAL**

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA MADEIRA DE *BRACHYSTEGIA SPICIFORMIS*  
(BENTH) PARA FABRICAÇÃO DE PISOS TENDO COMO ESPÉCIES DE  
CONTROLO *PTEROCARPUS ANGOLENSIS* E *ANDROSTACHYS JOHNSONII***

**Autora:** Solange Alberto Muiambo

**Supervisor:** Doutor Narciso Fernando Bila, Eng.

Projecto Final submetido à Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal da Universidade Eduardo Mondlane como requisito parcial para obtenção do grau de Licenciatura em Engenharia Florestal.

Maputo, Setembro de 2024

## **Dedicatória**

Este trabalho dedico à:

Minha filha Ariela Lúcia Juma e minha mãe Mónica Da Ancha Matusse

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar agradeço a Deus pelo dom da vida.

Agradeço aos meus pais, Alberto Azarias Muiambo e Mónica Da Ancha Matusse; à minha madrinha Carla Vasco Chauque; aos meus tios Januário Matusse, Silvestre Matusse; às minhas tias Filomena Matusse, Carolina Manhiça.

Agradeço as minhas irmãs Apolinária Alberto Muiambo, Gilda Alberto Muiambo e Ancha Eugénia Alberto Muiambo; Verónica Bobone; à minha filha Ariela Lúcia Juma; às minhas primas em geral.

O meu especial agradecimento vai para o meu supervisor, Doutor Narciso Fernando Bila, Eng. pela paciência, confiança e apoio incondicional para concretização deste trabalho, assim como a todos docentes da Faculdade de Agronomia e Engenharia Florestal em especial aos docentes do DEF.

De igual modo estendo os meus agradecimentos aos meus amigos e companheiros de longa data, Zaira Valgi Macheve, Sara David Chabana, Felicidade Machava, Salima Tembe, Olímpia Cuna, Hercílio Macamo, Estevão Zeco, Leila Uqueio, Cleyde Moniz, Edna Rita, DjulianDjuds, Délcio Munissa, Manuel Notiço, Arnaldo Janela, Antumane Dias, InaiaChidano, Focas Bacar, Edilson Gomes, Nascir Morreira, Manuel de Jesus, Séfora Bambo, Joana Govene, Gisela Mucumba.

Finalmente, agradeço aos meus colegas, Arsénio Dinis, Noe Púngue, Simão Rafael, Amós Culuse, Elton Tonela, Paulo Chiringo, Rui Tuança

## Resumo

A caracterização tecnológica da madeira de espécies pouco valorizadas no mercado moçambicano é fundamental para ampliar suas possíveis aplicações em diversos segmentos da indústria madeireira. Essa iniciativa pode substituir as espécies tradicionalmente usadas, aumentando as opções disponíveis no mercado e promovendo o desenvolvimento de novos produtos de maior valor agregado. Nesse contexto, o presente estudo teve como objectivo avaliar a qualidade da madeira de *Brachystegia spiciformis* (Benth) para fabricação de pisos. Estudos sobre o uso de madeira de espécies secundárias como as messassas para produção de pisos ainda são escassos em Moçambique. Para atingir o objectivo, foram realizados ensaios de aderência, brilho e resistência à abrasão da madeira dessa espécie, tendo como espécie de controlo a *Androstachys johnsonii* que são comumente usadas para produção de parquet. Observou-se que a taxa de desgaste variou entre 14,795 a 18,023 mg/500 ciclos, comparando as três espécies, a *Brachystegia spiciformis* mostrou uma tendência de menor taxa de desgaste, seguida por *Pterocarpus angolensis*, enquanto *Androstachys johnsonii* demonstrou a maior taxa de desgaste. Com base nos resultados pode se afirmar que *Brachystegia spiciformis* (Benth) (a semelhanças de outras espécies analisadas) possui potencial para ser utilizada para fabricação de pisos que acauteladas todas especificidades da espécie.

**Palavras-chaves:** Messassa comum, valorização de espécies secundarizadas, produtos de maior valor agregado.

## Índice

Dedicatória.....	i
Agradecimentos.....	ii
Resumo.....	iii
Lista de Abreviaturas.....	vi
1. Introdução .....	1
1.1 Justificação de estudo.....	2
1.2 Objectivos.....	3
1.2.1 Objectivo geral .....	3
1.2.2 Objectivos específicos .....	3
2. Revisão bibliográfica .....	4
2.1 Caracterização das espécies em estudo .....	4
2.2 Indústria madeireira Moçambicana.....	4
2.3 Propriedades da madeira .....	5
2.3.2.1. Massa específica básica.....	6
2.3.2.2. Humidade .....	6
2.3.2.3 Retracção.....	7
2.3.2.4 Anisotropia.....	7
2.3.2.5 Dureza.....	8
2.3.3. Propriedades mecânicas .....	9
2.4 Pisos de madeira .....	9
2.5 Avaliação da qualidade de pisos de madeira .....	10
2.5.1. O ensaio de resistência a aderência.....	11
2.5.2. O ensaio de resistência a abrasão .....	11
2.5.3. O ensaio de brilho .....	11
3. Metodologia .....	13
3.1. Caracterização do material de estudo .....	13
3.1.1. Proveniência do material de estudo .....	13
4. Resultados e Discussão.....	17
4.1. Humidade.....	17

4.1 Ensaio de propriedades tecnológicas de pisos.....	18
4.1.1. Ensaio de resistência à Aderência.....	18
4.1.2. Ensaio de resistência à abrasão .....	19
4.1.3. Ensaio de resistência ao brilho .....	20
5. Conclusões e Recomendações .....	23
6. Referências bibliográficas.....	24
7. Anexos .....	27

## Lista de figuras e tabelas

Figura 1: Amostras de madeira de <i>Brachystegia spiciformis</i> lado esquerdo, equipamento de ensaio a aderência a direita.....	14
Figura 2: Máquina de teste para abrasão.....	15
Tabela 1: Teor de humidade das amostras.....	17
Tabela 2: Ensaio de resistência a aderência.....	18
Tabela 3: Ensaio de resistência a abrasão.....	19
Tabela 4: Valores médios do brilho das três espécies com e sem verniz.....	20



## **Lista de Abreviaturas**

ABNT - Associação de Normas Brasileira de Normas Técnicas

ASTM– American Society for Testing and Materials

CEAGRE - Centro de Estudos de Agricultura e Gestão de Recursos Naturais

CV – Coeficiente de variação

DINAF – Direcção nacional de florestas

FAO- Food and Agricultural Organization

FAEF – Faculdade de Agronomia e Engenharia florestal

g/cm<sup>3</sup> - Grama por centímetro cúbico

g - gramas

GU – Glossunit

IIAM - Instituto de Investigação Agrária de Moçambique

mm – milímetro

mg – miligramas

mm<sup>2</sup> – milímetro ao quadrado

Max – máximo

Min – mínimo

MPa – mega pascal

MITADER – Ministério da terra ambiente e desenvolvimento rural

NBR – norma brasileira

% - percentagem

## 1. Introdução

A madeira é um material biológico, heterogêneo e bastante complexo, com elevada variabilidade em relação às suas características e propriedades que, por sua vez, diferem tanto entre espécies como entre indivíduos de mesma espécie, e até entre diferentes regiões de um mesmo indivíduo.

A madeira encontra-se presente em todas as etapas de obras de construção civil e em especial na montagem de pisos. Nesta vertente os pisos de madeira ocupam uma posição especial dentre os vários tipos de pisos, por tratar-se de um produto produzido a partir de recursos naturais e renováveis (BURGER & RICHTER, 1991).

Moçambique tem actualmente uma vasta área de florestas com um volume comercial total de 800 milhões de m<sup>3</sup> e corte anual admissível total de 1 902 599 m<sup>3</sup> por ano (MAGALHÃES, 2018). Porém a exploração desses volumes é bastante selectiva e assenta-se em poucas espécies, onde apenas quatro das 118 espécies comerciais, nomeadamente “Umbila” (*Pterocarpus angolensis*), “Chanato” (*Colophospermum mopane*), “Chanfuta” (*Afzelia quanzensis*) e “Jambire” (*Millettia stuhlmannii*) contribuíram com cerca de 80% do volume total de madeira licenciada em todo o país. Ademais, ressalva-se que as espécies do género *Brachystegia* apesar da sua alta disponibilidade, o seu nível de exploração anual não passa de 3% do volume disponível (DINAF, 2017). Com a redução gradual da oferta de espécies tradicionais, surge a necessidade crescente de racionalização do uso da madeira em território moçambicano, através de pesquisas sobre as espécies menos utilizadas e as que necessitam de cuidados maiores no seu processamento.

Sabe-se que a disponibilidade de madeira e sua densidade (preferencialmente média ou alta) são consideradas como principais critérios para escolha de espécies de madeira para produção de pisos, para além da cor (ANGELI, 2006). Em Moçambique apesar de grande leque de espécies com potencial madeireiro, apenas sete espécies nativas são usadas para a produção de pisos especificamente, “Umbila”(*Pterocarpus angolensis*), “Panga-panga”(*Millettia stuhlmannii*), “Chanfuta”(*Afzelia quanzensis*), ‘Tule’ (*Milicia excelsa*), “Mecrusse”(*Androstachys johnsonii*) e “Umbaua” (*Khaya nyasica*) (CHITARA, 2003).

Trata-se de espécies com alta procura não só para pisos como também para outros usos, o que coloca em eminente risco de insustentabilidade ambiental para além de serem disponibilizados a preços altos devido a sua grande procura (MAGALHÃES, 2014).

A maioria das pesquisas realizadas sobre madeiras de espécies madeireiras nativas de Moçambique com destaque para estudos de BUNSTER (1995); ALI *et al.* (2008); UETIMANE (2009); LHATE (2011); UETIMANE *et al.* (2018) e BILA *et al.* (2018); EGAS *et al.* (2019), concentraram-se nas espécies mais comercializadas e ou em parâmetros anatómicos, físicos, químicos, mecânicos e de secagem de espécies secundarizadas. Poucos são os estudos que visam avaliar a adequabilidade das espécies secundarizadas para produção de produtos de maior valor agregado como pisos de madeira entre outros. Neste contexto, a presente pesquisa pretende gerar informações tecnológicas sobre algumas propriedades de madeira de messassas visando sua utilização na indústria para a produção de pisos.

### **1.1 Justificação de estudo**

O presente estudo, surge para complementar os resultados dos ensaios realizados pelo Duvane (2020), na sua dissertação de mestrado intitulada “*Comportamento de duas Messassas em ensaios de simulação de serviços de pisos de madeira*”. Com a redução gradual da oferta de espécies tradicionais, surge a necessidade crescente de racionalização do uso da madeira em território moçambicano, através de espécies menos utilizadas e as que necessitam de cuidados maiores no seu processamento.

As messassas são espécies pouco usadas na indústria madeireira moçambicana mas que possuem potencial devido a sua grande disponibilidade, daí que surge a presente pesquisa que trará mais subsídios sobre características das messassas que sustentam o seu potencial para serem utilizados em pisos de madeira em substituição ou a semelhanças daquelas actualmente mais utilizadas como Mecrusse e Umbila.

## **1.2 Objectivos**

### **1.2.1 Objectivo geral**

- Proceder a avaliação comparativa de alguns parâmetros de qualidade tecnológica da madeira da *Brachystegia spiciformis*, *Pterocarpus angolensis* e *Androstachys johnsonii* para produção de pisos.

### **1.2.2 Objectivos específicos**

- Caracterizar o material do estudo quanto a humidade e densidade;
- Determinar a aderência do acabamento, abrasividade e brilho em pisos de madeira de mecrusse, messassa comum e umbila;
- Comparar as espécies estudadas em relação aos parâmetros determinados.

## **2 Revisão bibliográfica**

### **2.1 Caracterização das espécies em estudo**

A *Brachystegia spiciformis* Benth é da família Leguminosae (Detarioideae) tendo o seu nome comercial “messassa comum” e nome local “mpapa”, “tsondo”. O cerne é castanho de variados tons por vezes listrado com um odor floral, borne esbranquiçado (5-12 cm) e muito perecível possui uma madeira com densidade entre 680-915 kg/m<sup>3</sup> a 12% humidade, fio entrelaçado e textura grossa (LEMMENS *et al.*, 2011).

As espécies dos géneros *Brachystegia* e *Julbernardia* (Messassas) têm sua disponibilidade no país estimada em cerca de 40% do volume total da madeira disponível, todavia, o seu nível de exploração anual não passa de 3% do volume disponível, de acordo com DINAF (2017).

*Pterocarpus angolensis* DC é da família Leguminosae (Papilionoideae), nome comercial “umbila” e nome local “mbila”, “mucurambira”, o cerne é de castanho claro a escuro ou avermelhado frequentemente com listras (LEMMENS *et al.*, 2011). De acordo com mesmo autor o borne demarca-se pela cor cinza claro ou amarelo claro o fio da madeira é recto a entrelaçado com textura média a grossa, é uma madeira relativamente leve com densidade a 12% de humidade 400-700 kg/m<sup>3</sup>.

*Androstachys johnsonii* Prain é da família Euphorbiaceae (Pincrodendraceae), nome comercial “mecrusse” e nome local “cimbirre”, caracterizado por ser uma espécie gregária formando povoamentos densos uniformes tanto em diâmetro como em altura, quase puros e sempre-verdes. A madeira é densa (810-960 kg/m<sup>3</sup> a 12% de humidade) mas considerada relativamente fácil de trabalhar e muito apreciada para mobiliário e réguas de parquet no mercado nacional e internacional (LEMMENS *et al.*, 2011).

### **2.2 Indústria madeireira Moçambicana**

As actividades e indústrias florestais são de extrema importância pois contribuem para o acréscimo da economia moçambicana pois constituem uma importante fonte de emprego nas zonas rurais de Moçambique. A indústria madeireira em Moçambique é baseada em unidades de processamento primário (serrações), seguindo com um número reduzido de marcenarias e unidades de tratamento (NHANCALE *et al.*, 2009). A produção industrial inclui uma diversidade (limitada) de produtos consumidos tanto a nível doméstico como internacional,

especificamente tábuas não-alinhadas e alinhadas, pranchas não-alinhadas e alinhadas, caixilharia, portas, janelas, móveis, parquet, travessas e peças de instrumentos musicais (EGAS & NHANTHUMBO, 2020).

### **2.3 Propriedades da madeira**

É de extrema importância ter o conhecimento das propriedades físicas, químicas, anatômicas e mecânicas da madeira para se obter produtos de qualidade. Essas propriedades são fundamentais na definição do uso da madeira para diversos fins, em caso especial na fabricação de pisos de madeira (BENJAMIM, 2006). A necessidade de estudos relacionados ao potencial tecnológico de espécies alternativas para usos múltiplos são de grande importância, podendo contribuir para o aumento da oferta de matéria-prima no sector de indústrias de base florestal (IWAKIRI, 2004).

#### **2.3.1. Propriedades químicas**

A análise química revela que a madeira tem de 40-50% de celulose; 20-30% lignina complementadas por: polioses; hemiceluloses; sacarídeos; pentosanas e hexosanas. Através de tratamentos apropriadas (mecânicas, químicos ou semiquímicos). A destilação da madeira a cerca de 500<sup>0</sup>C fornece ácidos pirolenhosos; ácido acético; álcool metílico e alcatrão (MONTAGNA, 2001).

#### **2.3.2. Propriedades físicas**

A madeira tem propriedades físicas muito particulares devido a sua estrutura celulósica e fibrosa. A presença da celulose nas paredes celulares, sob a forma de fibrilas torna-a sensível a acção da água e da humidade. A água da madeira pode ser:

- Água livre ou água de capilaridade – quando a água aloja-se dentro dos vasos celulares sob forma líquida.
- Água de adesão – é a humidade contida nas paredes celulares e que envolve as partículas e filamentos das substâncias da parede celular.

O estado de humidade da madeira quando não apresenta a água livre e as paredes celulares ainda estão saturadas de água de adesão é chamado de "Ponto de saturação das fibras" (PSF). A importância do PSF:

- Acima – não afecta a resistência da madeira nem suas dimensões.
- Abaixo – melhoria de sua resistência mecânica mas também há a contracção de suas dimensões

Embora o PSF varie com a espécie de madeira, assume-se em geral um valor médio igual a 30%.

- Água de constituição – é a que se encontra quimicamente combinada com as substâncias da parede celular. A estrutura física da madeira e sua organização celular conferem-lhe certas qualidades, a madeira pode ser considerada como um isolante sob vários pontos de vista.

### **2.3.2.1. Massa específica básica**

A massa específica básica da madeira, por ser de fácil determinação e esta relacionada às suas demais características, é considerada como um dos mais importantes parâmetros de avaliação da qualidade da madeira. A madeira mais homogênea, no que diz respeito à sua densidade, possui um melhor comportamento nas operações de processamento e reflecte maior uniformidade nas demais propriedades tecnológicas (OLIVEIRA, 2005). Quando se trata de madeiras para o emprego na fabricação de pisos (PADILHA *et al.* 2006) assinalam a necessidade de se determinar as suas características físicas, em especial a massa específica básica.

### **2.3.2.2. Humidade**

O controlo da humidade da madeira mostra-se de grande importância para se obter um produto final com características desejáveis. Estudar a sua influência nas propriedades físicas e mecânicas da madeira direcciona para a sua correcta utilização (BATISTA *et al.*, 2011).

A madeira realiza continuamente diversas trocas de água ou humidade com o meio ambiente ate atingir o ponto de equilíbrio e agua nela existente classifica-se em três formas diferentes a destacar, água de constituição, água de impregnação e água livre ou capilar e sua variação influencia o comportamento e suas propriedades. Antes do abate da árvore, a humidade da madeira varia do 30 a 300% dependendo de factores como a espécie, localização na arvore ou estação do ano (GIORDANO, 1971). Após o abate a humidade diminui ate atingir o que é denominado de ponto de saturação da fibra (PSF), no intervalo de 20 a 30% de humidade para a maioria das espécies (WALKER, 2006 e OLIVEIRA *et al.*, 2010).

O PSF de acordo com MARTINS *et al.* (2018) é o teor de humidade em que a água contida nas cavidades celulares é eliminada, permanecendo saturadas as paredes celulares da madeira. Qualquer redução no teor de humidade abaixo do PSF é acompanhada pela retracção (redução das dimensões) e aumento da resistência mecânica (TSOUMIS, 1991 e WALKER, 2006) e essa característica torna a madeira um material higroscópico, fazendo com que a mesma tenha constantes alterações no teor de humidade de equilíbrio em consonância com a humidade relativa do ambiente em que se encontra (MELO, 2013).

Devido a sua natureza higroscópica no caso de pisos, uma vez que podem ser fabricados em diferentes condições ou mesmo não serem adequadamente secos pela indústria, sempre deve-se verificar a humidade dos mesmos é compatível com a humidade de equilíbrio do local onde estes serão instalados de forma que se evitem problemas de variações dimensionais (ANDRADE, 2015).

#### **2.3.2.2. Retracção**

A madeira é um material orgânico, de estrutura complexa e heterogénea, que aumenta (inchamento) e diminui (retracção) as suas dimensões de acordo com a humidade do ambiente. O inchamento é resultante de um aumento no teor de humidade e no sentido inverso, a retracção verifica-se quando ocorre redução no teor de humidade da madeira (SILVA *et al.*, 2003). A retractilidade é um fenómeno ligado a variação dimensional em qualquer uma das três direcções estruturais da madeira, (longitudinal, radial e tangencial) devido a troca de humidade do material com meio que o envolve, até que o equilíbrio higroscópico seja atingido (RESENDE, 2003).

#### **2.3.2.3 Anisotropia**

O mais importante índice para avaliar a estabilidade dimensional da madeira é o coeficiente anisotrópico, definido pela relação entre as contracções tangencial e radial (T/R), como a variação tangencial é sempre superior a variação radial, o índice T/R sempre será um número maior que 1 a retractibilidade, em que espécies cuja relação transversal/radial seja baixa, sendo normalmente madeiras mais homogéneas quanto a variação dimensional e que tenderão a deformações menores (PALMA, 2003).

A magnitude da variação dimensional é normalmente maior na madeira de maior massa específica devido a maior quantidade de madeira por humidade de volume, além disso, madeiras



de maior massa específica para um mesmo teor de humidade contem mais água na parede celular, (TSOUMIS, 1991 & ROCHA, 2000)

#### **2.3.2.4 Dureza**

A dureza mostra-se como um parâmetro importante para caracterização da madeira (mole, media e dura) e deve ser utilizada como um dos critérios na selecção de madeira para pisos (ANDRADE *et al.*, 2015). A dureza é definida como a resistência requerida nos ensaios para um corpo sólido penetrar em outro por meio de esforço, ou como a resistência oferecida pelo material testado à penetração de certo dispositivo como esfera, agulha, cilindro, entre outros (MORESCHI, 2014).

De acordo com COLENCI (2006), os principais métodos de medição da dureza nos materiais podem ser divididos em dois grupos. O primeiro grupo é caracterizado por medir a força necessária à penetração de uma esfera por exemplo, com deformação previamente especificada. MORESCHI (2014) enfatiza no primeiro grupo que o ensaio da dureza consiste na aplicação de uma carga em superfície de piso de madeira ou produtos derivados de madeira, utilizando-se um dispositivo de formato esférico. De acordo com mesmo autor a espessura do corpo-de-prova deve ter no mínimo 15 cm, e este é confeccionado com superfícies planas e lisas. As cargas a serem aplicadas sobre a esfera, durante a execução do teste, são determinadas em função da provável classe de dureza da madeira. O segundo grupo é caracterizado por medir a deformação causada por um instrumento com dimensão e carga de penetração pré-estabelecidos.

A dureza é determinada nas direcções paralelas e perpendicular ao sentido das fibras. Como este ensaio é pontual, o seu resultado depende, para o mesmo corpo-de-prova, do teor de humidade e da heterogeneidade da madeira. Portanto, para a sua determinação, é necessário um rigoroso procedimento para representar fielmente o que está sendo avaliado (ANDRADE *et al.*, 2015).

Segundo MELO (2002) a dureza da madeira está directamente relacionada com a sua densidade, de forma que as madeiras mais densas são normalmente as mais resistentes. Não obstante que alguns autores considerarem a dureza uma propriedade mecânica sem aplicação imediata ou directa dos seus resultados, subsite como propriedade de real importância na caracterização mecânica de madeiras por ser um parâmetro de importante comparação entre espécies (ROCHA, 2003). No caso dos pisos de madeira, por exigir grande resistência, geralmente são indicadas

madeiras pesadas, actualmente algumas madeiras médias também estão sendo utilizadas para pisos (ANDRADE *et al.*, 2015).

### **2.3.3. Propriedades mecânicas**

As propriedades mecânicas da madeira exprimem o seu comportamento quando expostas à acção de forças externas. As propriedades que determinam a resistência da madeira são a resistência à flexão (denominada módulo de ruptura), resistência à compressão, resistência à tracção, cisalhamento, dureza, entre outras. As propriedades que determinam a elasticidade da madeira são o módulo de elasticidade, coeficiente de Poisson, plasticidade e resiliência (KOLLMANN & COTÉ, 1968),

O módulo de ruptura (MOR) e o módulo de elasticidade (MOE) são dois parâmetros de grande importância na caracterização tecnológica da madeira, provendo uma boa aproximação da resistência real do material (Pinto, 2007).

Segundo ACT (2011) a resistência a abrasão é a capacidade de um tecido resistir ao desgaste da superfície causado por fricção plana em contacto com outro material. Para (CADEMARTORI *et al.*, 2016), a resistência a abrasão é um dos principais parâmetros de avaliação para o desgaste em pisos sujeitos a movimentos de objectos ou de pessoas e este factor de desgaste serve para estimar a vida útil assim como o potencial de aplicação de madeira para piso.

De acordo com TEXEIRA *et al.* (2019) e MORESCHI (2005) o ensaio de resistência a abrasão é um teste de baixa complexidade, que pode ser conduzido sem maiores problemas em condições controladas e pode ser conduzido para determinar o desgaste da madeira (perda de massa e de espessura) quando ela é raspada por abrasivos, como por jactos de areia de quartzo fina, lixas, raspadores de metal, escovas de aço ou por uma combinação destes.

## **2.4 Pisos de madeira**

SILVA & BITTENCOURT (2002) definem o piso como sendo uma superfície qualquer, contínua ou descontínua, construída com a finalidade de permitir o trânsito pesado ou leve. (OBINO, 1996) deve-se buscar na madeira que será utilizada para a produção de pisos algumas características de qualidade para obter sucesso na sua colocação no mercado. Essas

características são a estabilidade da madeira após a secagem, homogeneidade quanto à cor e a propriedades físico-mecânicas, aptidão para recebimento de acabamentos e boa adaptação às linhas de produtos compostos como pisos engenheirados e pisos estruturados.

Guedes (2011) cita que os acabamentos têm duas funções fundamentais: uma voltada à protecção, ou seja, aos mais diversos factores feito o ataque de fungos, insectos, humidade, radiação solar ou de produtos químicos, e a outra como uma função estética, tornando a madeira mais agradável ao toque e dando-lhe uma aparência valorizada.

No caso de pisos de madeira, o acabamento superficial torna-se muito importante devido a questão estética, mas principalmente ao seu uso. Várias camadas de produto ocasionam em uma alta resistência ao tráfego, evitando desgastes e marcas além disso, alguns cuidados em relação a manutenção e limpeza dos pisos podem aumentar a vida útil do produto (SILVA *et al.*, 2002).

A abrasão do acabamento superficial, especialmente de um piso, é produzida por diversos factores como o impacto dos calçados sobre a superfície, transporte e movimentação de materiais sobre ele, presença de oscilações, areia, sujeira, produtos químicos, humidade e troca de temperaturas. No caso de brilhos de acabamento de superfícies pintadas e envernizadas existem revestimentos com alto brilho, brilhantes, semi-brilhantes, semi-foscos e fosco. A sua determinação é extremamente importante para a caracterização do tipo brilho e uma importante informação técnica ao mercado produtor e consumidor (MORESCHI, 2005). Martins (2011) cita que o teste de aderência, que mede a capacidade do produto em manter-se aderido ao substrato, é o ensaio mais importante quando se quer analisar a influência da superfície da madeira na qualidade do acabamento.

## **2.5 Avaliação da qualidade de pisos de madeira**

O ensaio de resistência à aderência mede o quanto o acabamento aderiu à superfície da madeira, sendo considerado o teste mais importante na análise da qualidade do acabamento (SOUSA, 2008). O teste de resistência à abrasão consiste na avaliação do desgaste gradual da superfície do acabamento por acção abrasiva que pode ser causado por calçados, transporte e movimentação de materiais sobre um piso, areia, sujeira entre outros (FAZANO, 1989; MORESCHI, 2005; SILVA *et al.*, 2010). O brilho de um acabamento quanto à capacidade de reflectir imagens, classifica a superfície em brilhante, acetinada e fosca ou mesmo em difusa ou especular

considerando a sua suavidade, nitidez e contraste entre tipos de reflexão (GARDNER, 1937; GUEDES, 2011).

### **2.5.1. O ensaio de resistência a aderência**

O ensaio de resistência a aderência mede o quanto o acabamento aderiu a superfície da madeira, sendo considerado o teste mais importante na análise da qualidade do acabamento (SOUSA, 2008). O acabamento superficial da madeira visa melhorias estéticas, além de proteger e preservar o produto acabado, tornando-o mais agradável e com coloração natural para utilização nos diferentes ambientes (SILVA, 2002).

RICHTER *et al.* (1995) afirmaram que o acabamento da superfície pode ser avaliado utilizando vários parâmetros, e os mais comuns são a aderência (resistência do revestimento por acção de forças) e o brilho (capacidade do material acabado reflectir luz após aplicação do verniz) por serem mais baratos e de fácil execução.

### **2.5.2. O ensaio de resistência a abrasão**

No caso da resistência a abrasão, MARTINS *et al.* (2013), enfatizam que esta propriedade é contemplada como fundamental para a determinação da qualidade de pisos pela sociedade americana para testes e materiais. O teste de resistência a abrasão consiste na avaliação do desgaste gradual da superfície do acabamento por acção abrasiva que pode ser causado por calçados, transporte e movimentação de materiais sobre um piso, areia, sujeira entre outros (FAZANO, 1989; MORESCHI, 2005; SILVA *et al.*, 2010).

### **2.5.3. O ensaio de brilho**

O brilho de um acabamento quanto a capacidade de reflectir imagens, classifica a superfície em brilhante, acetinada e fosca ou mesmo em difusa ou especular considerando a sua suavidade, nitidez e contraste entre tipos de reflexão (GUEDES, 2011). Para TURKOGU *et al.* (2015), a modificação térmica reduz o brilho e aderência por vernizes na madeira, promovido pelo aumento da porosidade e redução dos grupos hidroxila presentes nas moléculas de hemiceluloses e celulose, que são responsáveis pela ligação com maioria dos produtos utilizados no acabamento.

O brilho é a impressão visual de reflexão da luz causada por uma determinada superfície. Quanto mais polida e lisa uma superfície, maior será o fenómeno de reflexão de luz, e maior será a impressão visual do brilho. Nestes casos o ângulo de incidência da luz é igual ao ângulo de reflexão, em superfícies rugosas, a luz é espalhada em todas as direcções e por isto a impressão visual da reflexão é menor. A avaliação dessa propriedade é realizada por meio do Glossmeter (FAZANO, 1989).

### 3. Metodologia

#### 3.1. Caracterização do material de estudo

##### 3.1.1. Proveniência do material de estudo

Para o presente estudo, foi usada madeira de três espécies, especificamente *Brachystegia spiciformis* (Messassa comum), *Androstachys johnsonii* (Mecrusse) e *Pterocarpus angolensis* (Umbila). As madeiras das três espécies foram obtidas a partir de árvores maduras com diâmetro a altura de peito acima de 40 cm, numa floresta de miombo em Milia 50, distrito de Dondo, província de Sofala.

Após o abate das espécies, os troncos foram convertidos em toros e em seguida transformadas em tábuas não-alinhadas numa serração da empresa MOFLOR na cidade de Dondo, na província de Sofala. As tábuas obtidas foram transportadas para o Centro Agro-florestal de Machipanda onde foram submetidas a secagem em estufa solar até alcançar-se 12% de teor de humidade e seguidamente enviadas a cidade de Maputo onde permaneceram livre por um período de um ano antes de serem convertidas em corpos-de-prova com as dimensões finais de 24x12x2 cm.

Os corpos de prova com dimensões finais em seguida levados a câmara climática com condições ambientais controladas ( $T = 20 \pm 2^{\circ}\text{C}$  e  $Hr = 65\%$ ) com a finalidade de estabiliza-las ao teor de humidade de 12% condição necessária para a realização dos ensaios.

##### 3.1.2. Determinação de teor de humidade

O teor de humidade das amostras foi determinado pelo método de pesagem. Com a determinação do teor de humidade visou conhecer a humidade das amostras no momento do ensaio, visto que as mesmas tinham sido acondicionadas em uma câmara climática para que atinja um teor de humidade de  $\pm 12\%$ . Usou se 3 amostras por espécie onde foram pesadas 2 de cada amostra totalizando em 6 repetições por espécie. Para a determinação do teor de humidade usou se a fórmula:

$$H = \frac{(Ph - Po)}{Po} * 100\%$$

Onde:

H- teor de humidade;

Ph- peso húmido da madeira (peso inicial);

Po- peso seco da madeira (peso final).

### 3.2. Realização dos ensaios

#### 3.2.1. Ensaio de aderência

O ensaio de aderência (pull-off) foi realizado de acordo com norma ASTM D 4541 – 17 (2017) método E. Pinos metálicos com diâmetro de 20 mm foram colados em cada amostra (acabada) através da cola de marca “epoxyadesive” com tempo de cura muito rápido. Após a cura, foi feito um sulco circular em torno dos pinos para evitar a propagação de falhas para fora da área ensaiada. Em seguida, aplicou-se uma força de tracção à camada superficial, puxando os pinos do revestimento da superfície a uma taxa de  $0,20 \text{ MPa.s}^{-1}$ , a força de resistência à tracção de cada amostra atingida na ruptura foi lida no visor do equipamento em MPa (Figura 1). Foram usadas 3 amostras por espécie onde foram realizadas três medições por amostra totalizando 9 repetições por espécie.

**Figura 1: Amostras de madeira de *Brachystegia spiciformis* lado esquerdo, equipamento de ensaio a aderência a direita.**

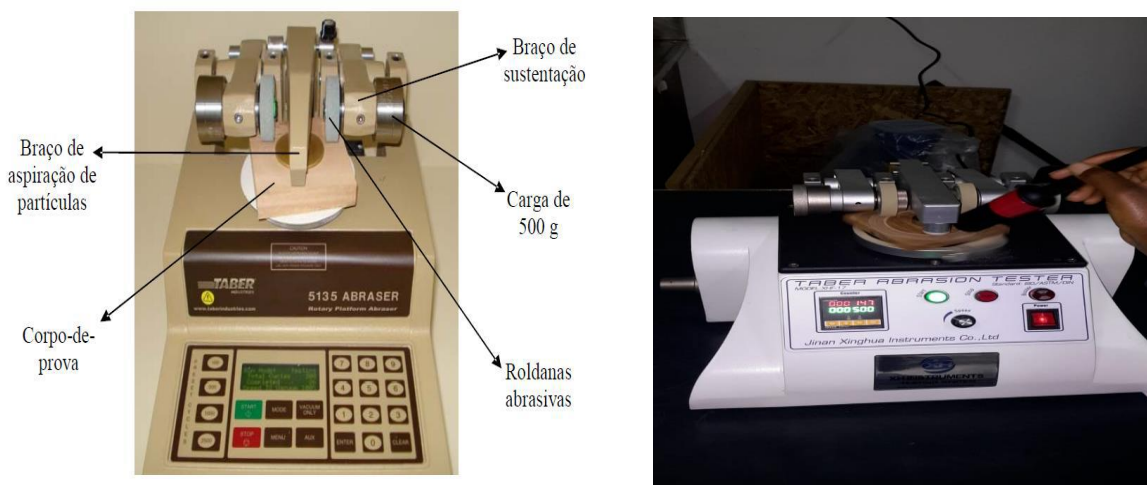


Fonte: Autora 2024

#### 3.2.2. Ensaio de resistência à abrasão

O ensaio de resistência à abrasão foi realizado através de um abrasímetro, de acordo com a norma NBR 14535 (2008). O equipamento é composto por braços de sustentação das roldanas abrasivas modelo H-18, braço de aspiração de partículas, cargas de 500 g e plataforma de sustentação para a amostra conforme ilustrado na figura 2

**Figura 2: Máquina de teste para abrasão.**



Fonte: Martins 2008 (foto a esquerda) e Autora 2024 (foto a direita).

Para amostras in natura, a taxa de desgaste foi determinada pelo quociente da diferença de perda em massa (miligramas) antes e após a abrasão da superfície com o número de ciclos de abrasão realizados até que fosse atingido o substrato madeira. As amostras foram pesadas em uma balança analítica de 0,0001g de precisão, foram usadas 3 amostras para cada espécie. Para a determinação da taxa de desgaste (gramas/ 500 ciclos) utilizou-se a equação:

$$TD = \frac{(A - B)}{C} * 100$$

Onde:

TD- taxa de desgaste

A-peso da amostra antes da abrasão

B-peso da amostra após abrasão



C-número de ciclos

### 3.2.3. Ensaio de brilho

O ensaio de brilho consistiu na leitura dos valores de faixa de intensidade de luz fornecidos pelo aparelho de medição de brilho em ângulo de  $60^{\circ}$ . Com as leituras da faixa de luz foi possível inferir sobre a classe do brilho do verniz em contacto com a madeira estabelecido pela norma NBR 14535 (2008). Foram realizadas 3 leituras por amostra para cada espécie no sentido paralelo à grã.

### Análise de dados

Os dados obtidos nos ensaios foram submetidos primeiramente a teste estatístico de Shapiro-Wilk e Kruskal-Wallis para verificar a homogeneidade das variâncias. Em seguida, efectuou-se a análise de variância (ANOVA) entre os dados. Quando detectada diferença significativa entre os tratamentos, foi empregado o teste de Tukey a 95% de probabilidade para discriminar as médias dos tratamentos testados. Esta comparação de média visou a verificar a melhor performance da espécie no que concerne a resistência à abrasão e ao brilho que elas possuem in natura assim como quando aplicado o acabamento.

## 4. Resultados e Discussão

### 4.1. Humidade

O teor de humidade da madeira no momento de ensaio é apresentado na tabela 1. Importa referir que esse teor de humidade corresponde a condição de climatização a que foram submetidas as amostras antes do ensaio.

Tabela 1: Teor de humidade das amostras

Espécie	Média (%)	CV (%)	Máximo	Mínimo
<i>Pterocarpus angolensis</i>	11,5	3,04	11,9	11,2
<i>Brachystegia spiciformis</i>	12,3	1,62	12,5	11,9
<i>Androstachys johnsonii</i>	11,3	2,54	11,7	10,9

Segundo Tsoumis (1991), o teor de humidade ideal para colagem de madeira deve estar entre 2 a 12%, sendo recomendado para a prensagem em alta frequência um teor de humidade de 2 a 8%, e para prensagem a frio 8 a 12%. Em ensaios de laboratório admite-se uma variação de teor de humidade das amostras de  $\pm 12\%$ . No entanto, Wengert (2002), ressalta que não há um conteúdo de humidade padrão na indústria de produtos à base de madeira sendo importante apenas garantir que o produto final tenha uma humidade próxima da humidade de equilíbrio do local de utilização.

Um elevado teor de humidade da madeira promove a ocorrência de problemas no acabamento caracterizado pela falta de aderência desta e o seu conseqüente destacamento. Em madeiras de uso exterior, o teor em humidade, no momento da pintura, deve estar compreendido entre 15% e 20% e, para produtos de uso interior, o teor de humidade deve encontrar-se entre 8 a 15%. A variação dimensional da madeira (ocasionada pela variação de teor de humidade) provoca frequentemente elevadas tensões que fazem romper a película de acabamento (OLIVEIRA, 2008).

Os coeficientes de variação encontrados neste estudo para teor de humidade das três espécies estudadas são de alta precisão que foram de 3.04%, 1.62% e 2.54% respectivamente para *Pterocarpus angolensis*, *Brachystegia spiciformis* e *Androstachys johnsonii*.

Segundo Campos (1984) e Pimentel-Gomes (1987) citados por Amaral (1997), ensaios que apresentam coeficiente de variação abaixo de 10% são de alta precisão, coeficiente de variação no intervalo de 10% a 20 % são de média precisão, ao passo que no intervalo de 20% a 30% são de baixa precisão.

#### 4.1 Ensaios de propriedades tecnológicas de pisos

##### 4.1.1. Ensaio de resistência à Aderência

Os resultados do teste de resistência a aderência são apresentados na tabela 2. De referir que esses resultados correspondem os valores médios da resistência a aderência das três espécies em estudo.

Tabela 2: Resultados do ensaio de resistência à aderência

Espécie	Média (MPa)	CV (%)
<i>Brachystegia spiciformis</i>	2,43 b	52,67
<i>Androstachys johnsonii</i>	4,36 a	12,61
<i>Pterocarpus angolensis</i>	3,57 a	24,93

Médias seguidas pela mesma letra na coluna por espécie não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 95% de nível de probabilidade.

Com base nos resultados da tabela 2, a resistência à aderência do acabamento nas espécies *Androstachys johnsonii* e *Pterocarpus angolensis* não apresentou diferença significativa entre as duas espécies e foi superior à da *Brachystegia spiciformis*. A diferença dos resultados pode dever-se a diferentes tipos e concentrações dos constituintes químicos presentes em cada uma das espécies que podem ter reagido com o produto de acabamento, todavia não foram investigadas no presente estudo.

Em contrapartida, BILA (2020) reportou melhor desempenho da espécie *B.spiciformis* assim como na espécie *J.globiflora*, os vernizes copal e poliuretano tiveram valores médios estatisticamente iguais e superiores ao verniz a base de água. Este resultado está associada às

especificações de cada produto de acabamento utilizado e, provavelmente, ao menor teor de sólidos e viscosidade do verniz a base de água quando comparado aos demais.

Ozdemir e Hiziroglu (2007) e Silva (2002) afirmaram que a textura grossa e obstrução de vasos, por exemplo, diminuem a aderência dos produtos de acabamento. Korkut et al. (2012) reportam que o brilho e a aderência diminuem após a modificação térmica da madeira, pois o escurecimento causado pela emigração dos extrativos reduz a reflexão de luz e a degradação das moléculas de hemiceluloses e celulose, reduzindo assim a capacidade de ligação da madeira com outras matérias aderentes.

Os coeficientes de variação encontrados neste estudo para resistência a aderência das três espécies estudadas é de média precisão para *Androstachys johnsonii* e de baixa precisão para *Brachystegia spiciformis* e *Pterocarpus angolensis* que foram de 12.61%, 52.67% e 24.93% respectivamente, conforme os pressupostos de Campos (1984) e Pimentel-Gomes (1987) citados por Amaral (1997). A baixa precisão do coeficiente de variação pode ser contornada pela realização de mais repetições.

#### 4.1.2. Ensaio de resistência à abrasão

Os resultados do teste de resistência a abrasão são apresentados na tabela 3. Onde pode se observar que a taxa de desgaste variou de 14.795 a 18.023 mg/500 ciclos.

Tabela 3: Resultado de ensaio de resistência à abrasão

Espécie	Média (taxa de desgaste em %)	CV (%)	Máximo	Mínimo
<i>Brachystegia spiciformis</i>	14,795	3,262	15,230	14,276
<i>Androstachys johnsonii</i>	18,023	6,210	19,288	17,162
<i>Pterocarpus angolensis</i>	17,031	2,569	17,536	16,774

Comparando as três espécies, na *Brachystegia spiciformis* verifica-se uma tendência de menor taxa de desgaste seguida da espécie *Pterocarpus angolensis* sendo que *Androstachys johnsonii* demonstra maior taxa de desgaste. Sabe-se que uma das características desejada de madeira para piso é que ela tenha baixa taxa de desgaste na abrasão e alta densidade, facto que justifica os resultados obtidos. O coeficiente de variação observado demonstra precisão no ensaio realizado.

De acordo com JUIZO (2020), após 500 ciclos de abrasão o *E. grandis x urophylla* de selecção massal apresentou menores taxas de desgaste do verniz, tanto na madeira in natura assim como modificada termicamente em relação aos demais clones. E o processo de modificação térmica, resultou na redução da resistência para remoção do verniz em todos os clones, com excepção de *E. urophylla*.

O teste de resistência à abrasão avalia o desgaste gradual da superfície do acabamento ou da madeira in natura por acção abrasiva que pode ser causado pelos sapatos, transporte e movimentação de materiais sobre um piso, areia, sujeira entre outros (FAZANO, 1989; MORESCHI, 2005; SILVA *et al.* 2010).

#### **4.1.3. Ensaio de resistência ao brilho**

Os resultados da ANOVA segundo o teste de Fisher para brilho sem verniz são de 8.92;  $P > F = 0.0006$ ; e para brilho com verniz são de 4.55;  $P > F = 0.0169$ .

Os resultados do teste de brilho são apresentados na tabela 4. De referir que esses resultados correspondem os valores médios da resistência ao brilho das três espécies em estudo com verniz assim como sem verniz.

Tabela 4: Valores médios do brilho das três espécies com e sem verniz

Espécie	Média(GU)	Média(GU)
	Com verniz	Sem verniz
<i>Brachystegia spiciformis</i>	64,73 ab	3,106 b
<i>Androstachys johnsonii</i>	71,47 b	2,28 a
<i>Pterocarpus angolensis</i>	51,19 a	2,28 ab

Médias seguidas pela mesma letra na coluna por espécie não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 95% de nível de probabilidade.

De acordo com os resultados da tabela 4, as amostras sem verniz de *Androstachys johnsonii* e *Pterocarpus angolensis* foram classificadas na sua maioria como semi-brilho. Enquanto que as amostras sem verniz na espécie de *Brachystegia spiciformis* esta propriedade foi classificada como brilhante comprovado pelo maior valor médio encontrado.

Segundo (BILA, 2020), esta exceção foi ocasionada pela característica intrínseca da madeira em apresentar cor clara associada a características do brilho inerentes ao verniz. Isto significa que a madeira de *Brachystegia spiciformis* mesmo sem verniz brilha mais que as demais.

Os valores médios de brilho com verniz obtidos de *B.spiciformis* e *P.angolensis* foram classificadas na sua maioria como semi-brilhante.

Enquanto que para amostras com verniz de *A.johnsonii*, esta propriedade foi classificada como brilhante comprovado pelo maior valor médio encontrado.

Estudos que compararam o brilho do verniz a base de água com verniz sintético e nitrocelulósico (ÇAKICIER *et al.*, 2011) e verniz poliuretano (BUDAKÇI; SONMEZ, 2010) encontraram valor médio de brilho maior que a do verniz à base de água, ocasionado pela formulação dos vernizes utilizados. Ressalva-se que os vernizes são formulados de modo a obter-se o brilho desejado para a preferência do consumidor, sendo que, para cada tipo de verniz (seja à base de água,

poliuretano ou copal) pode se encontrar variante de brilho fosco, acetinado, semi-brilho ou até brilhante.

De acordo com BUENO (2020), os valores médios de brilho foram de 43,60 U.b. para madeira de *Dipteryx odorata* e de 44,79 U.b. para madeira de *Hymenaea courbaril*. Os valores são diferentes estatisticamente entre si, esta pequena diferença pode ser justificada devido ao facto de que a preparação da superfície das lamelas, a configuração da linha de verniz, bem como a gramatura dos produtos aplicados, foi igual nos dois tratamentos.

## 5. Conclusões e Recomendações

- Quanto a aderência a messassa comum apresentou baixos valores médios para a produção de piso comparativamente a mecrusse e umbila que são as melhores espécies no seu uso para produção de pisos;
- Quanto a abrasão a espécie de messassa comum apresentou menor taxa de desgaste o que conclui-se que tem baixa resistência a abrasão em relação as outras espécies em estudo, com isso a messassa comum é a melhor para fabricação de pisos;
- Quanto ao brilho a messassa comum se adequa melhor pois mostrou como brilhante na aplicação assim como não do verniz.

### Recomendação:

- Para futuras pesquisas sejam realizados estudos da resistência a abrasão e aderência de madeira da messassa “*Julbernardia globiflora*” assim como avaliar amostras das messassas revestidas com outro tipo de verniz de modo a fornecer informações mais abrangentes.



## 6. Referências bibliográficas

ANGELI, A. (2006). **Indicações para escolha de espécies de Eucalyptus**. Revista da Madeira, V. 16, n.95, p.78-80.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR. NBR 14535: móveis de madeira - requisitos e ensaios para superfícies pintadas. 2a edição, Rio de Janeiro. 32p. 2008

BATISTA, W. R.; SANTOS, J. E. G.; SEVERO, E. T. D & KLAR, A. E. (2011) Calibração de um equipamento TDR (reflectometria por domínio do tempo) para a determinação da umidade da madeira de *Grevillea robusta* (Cunn.). **Revista Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 26, n. 2, p. 129-145.

BENJAMIN, C. A. (2006) **Estudo da estrutura anatômica e das propriedades físicas e mecânicas da madeira de Corymbia (Eucalyptus) citriodora e Eucalyptus grandis**. 158 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) -Faculdade de Ciências Agronômicas/Universidade Estadual Paulista, Botucatu.38p.

BILA, N. F. (2020) **Potencial tecnológico de madeiras de *Brachstegiaspiciformis* e *Jubernadia globiflora* para fabricação de móveis e molduras em Moçambique**. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal, Área de Concentração de Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais) – Sector de Ciências Agrárias/Universidade Federal do Paraná Curitiba.

BURGER, L. M. & RICHTER, H. G (1991) **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel.

CHITARA, S (2003) **Instrumentos para a Promoção do Investimento Privado na Indústria Florestal Moçambicana**. Direcção Nacional de Floresta e Fauna Bravia, Ministério da Agricultura e Desenvolvimento Rural. Maputo, 60p.

CRUMP, D., SIMON & SCHUSTER (1992) **The complete guide to wood finishes**.

DINAF (2017). **Relatório Anual de Actividades**. MITADER, 11p

DINAF (2018). **Relatório final do Inventário Florestal Nacional**. MITADER, 118p

DÉSOR, U.; KRIEGER, S.; APITZ, G. & KUROPKA, R. (1999) Water-borne acrylic dispersions for industrial wood coatings. **Surface Coatings International**, v. 10, p. 488 - 496.

DUVANE, A. S. (2020) **Comportamento de duas massas em ensaios de simulação de serviços de pisos de madeira**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia e Utilização da Madeira) - Sector Florestal. Universidade Eduardo Mondlane, Maputo.

FAZANO, C. A. T. V. (1989) **Tintas: Métodos de controle de pinturas e superfície**. Brasil. Hemus. 287p.

GARDNER, H. A. & SWARD, G. G. (1937) **Physical and chemical examination of paints, varnishes, lacquers and colors**.

GUEDES, J. S. (2011) **Estudo e otimização do acabamento de orlas em tampos de mesas escolares**. 43p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Setor de Engenharia Química, Universidade do Porto, Porto.

INE (2010). Estatísticas do Distrito do Dondo – 2008.

IWAKIRI, S. (2005) **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 247p.

KOLLMANN, F. F. P.; COTÊ, W. A. **Principles of wood science and technology**. Berlin: Springer-Verlag, 1968. v. 1, 592 p.

LEMMENS, R. H. M. J. (2011) *Androstachys johnsonii* Prain. In: Lemmens, R.H.M.J., Louppe, D. & Oteng-Amoako, A.A. (Editors). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Netherlands. Acessado 7 Outubro 2020.

MARTINS, S. A. (2011) **Adequação tecnológica da madeira de *Eucalyptus benthamii* Maiden e Cambage para a produção de painéis colados lateralmente**. 114 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Setor de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Distrito Federal.

MINISTÉRIO DA TERRA, AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO RURAL (MITADER). (2017) **Exploração Sustentável da Madeira em Moçambique**. Maputo. 16 p.

MORESCHI, J. C. (2005) **Propriedades da madeira. Propriedades Tecnológicas da madeira**, Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal da UFPR, Curitiba-PR.

NHANCALE, B.; MANANZE, S.; DISTA, N.; ISILDA N & MACQUEEN, D (2009) **Small and medium forest enterprises in Mozambique**. Centro Terra Viva - (CTV). Maputo, 58p.

OBINO, C. R. Usos da madeira de eucalipto. In: SIMPÓSIO IPEF, 6., 1996, Piracicaba. Anais... Piracicaba: IPEF, 1996. v. 4, p. 27-29.

OLIVEIRA J. T. S; HELLMMEISTER J. C. & TOMAZELLO FILHO, M. (2005) Variação do teor de umidade e da Densidade básica da madeira de sete espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, v. 29, no 1, p.115 -127.

PADILHA, C.; LIMA, J. T.; SILVA, J. R. M.; TRUGILHO, P. F & ANDRADE, H. B. (2006) Avaliação da qualidade da madeira de *Eucalyptusurophylla* para utilização em pisos. **Revista ScientiaForestalis**, n. 71, p. 141-147.

PINTO, M. DE L. (2007) **Propriedades e características da madeira de teca (*Tectona grandis*) em função da idade**. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

SILVA, F. D. & BITTENCOURT, R. M. (2002) **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. Uberlândia. Anais... Uberlândia.

SILVA, J. R. M.; ALVES, J.; NOGUEIRA, M. O. G. & BRAGA, P. P. C. (2010) Qualificação da superfície acabada em madeiras de *Eucalyptusgrandis* W. Hill exMaiden, *Toonaciliata* M. Roemer e *Coffeaarabica* L. **Cerne**, v. 16, no Suplemento, p.15 - 22.

## 7. Anexos

### Aderência

```
. *(2 variables, 27 observations pasted into data editor)
```

```
. kwallis vrmpa, by(trat)
```

Kruskal-Wallis equality-of-populations rank test

trat	Obs	Rank Sum
1	9	70.00
2	9	178.00
3	9	130.00

```
chi-squared = 10.328 with 2 d.f.
probability = 0.0057
```

```
chi-squared with ties = 10.331 with 2 d.f.
probability = 0.0057
```

```
. pwmean vrmpa, over(trat) mcompare(tukey) cieffects pveffects effects cimeans groups sort
```

Pairwise comparisons of means with equal variances

```
over          : trat
```

	Number of Comparisons
trat	3

vrmpa	Mean	Std. Err.	Tukey Groups
trat			
1	2.425556	.3189132	
3	3.566667	.3189132	A
2	4.363333	.3189132	A

Note: Means sharing a letter in the group label are not significantly different at the 5% level.

vrmpa	Mean	Std. Err.	Unadjusted	
			[95% Conf. Interval]	
trat				
1	2.425556	.3189132	1.767351	3.08376
3	3.566667	.3189132	2.908462	4.224871
2	4.363333	.3189132	3.705129	5.021538

	Number of Comparisons
trat	3

vrmpa	Contrast	Std. Err.	Tukey	
			t	P> t
trat				
3 vs 2	-.7966668	.4510114	-1.77	0.202
3 vs 1	1.141111	.4510114	2.53	0.047
2 vs 1	1.937778	.4510114	4.30	0.001

vrmpa	Contrast	Std. Err.	Tukey	
			[95% Conf. Interval]	
trat				
3 vs 2	-.7966668	.4510114	-1.922972	.3296383
3 vs 1	1.141111	.4510114	.0148061	2.267416
2 vs 1	1.937778	.4510114	.8114728	3.064083

vrmpa	Contrast	Std. Err.	Tukey		Tukey	
			t	P> t	[95% Conf. Interval]	
trat						
3 vs 2	-.7966668	.4510114	-1.77	0.202	-1.922972	.3296383
3 vs 1	1.141111	.4510114	2.53	0.047	.0148061	2.267416
2 vs 1	1.937778	.4510114	4.30	0.001	.8114728	3.064083

## Brilhosverniz

. \*(2 variables, 45 observations pasted into data editor)

. kwallis brilhosverniz, by(trat)

Kruskal-Wallis equality-of-populations rank test

trat	Obs	Rank Sum
1	15	467.00
2	15	191.00
3	15	377.00

chi-squared = 15.314 with 2 d.f.  
probability = 0.0005

chi-squared with ties = 15.529 with 2 d.f.  
probability = 0.0004

Pairwise comparisons of means with equal variances

over : trat

	Number of Comparisons
trat	3

brilhsemve-z	Mean	Std. Err.	Tukey Groups
trat			
2	2.28	.1384342	A
3	2.7	.1384342	AB
1	3.106667	.1384342	B

Note: Means sharing a letter in the group label are not significantly different at the 5% level.

brilhsemve-z	Mean	Std. Err.	Unadjusted [95% Conf. Interval]	
trat				
2	2.28	.1384342	2.000629	2.559371
3	2.7	.1384342	2.420629	2.979371
1	3.106667	.1384342	2.827295	3.386038

## Brilho com verniz

. predict erro, residuals

. swilk erro

Shapiro-Wilk W test for normal data

Variable	Obs	W	V	z	Prob>z
erro	45	0.97384	1.133	0.264	0.39574

. hetttest erro

Breusch-Pagan / Cook-Weisberg test for heteroskedasticity

Ho: Constant variance

Variables: erro

chi2(1) = 0.12

Prob > chi2 = 0.7278

. anova brilho tratamento

Number of obs = 45 R-squared = 0.1781  
 Root MSE = 18.761 Adj R-squared = 0.1389

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	3202.4434	2	1601.2217	4.55	0.0163
tratamento	3202.4434	2	1601.2217	4.55	0.0163
Residual	14782.94	42	351.97477		
Total	17985.384	44	408.75872		

. pwcompare tratamento, mcompare(tukey) cieffects groups

Pairwise comparisons of marginal linear predictions

Margins : asbalanced

	Number of Comparisons
tratamento	3

	Margin	Std. Err.	Tukey Groups
tratamento			
1	64.73333	4.844067	AB
2	71.47333	4.844067	B
3	51.18667	4.844067	A

Note: Margins sharing a letter in the group label are not significantly different at the 5% level.

	Number of Comparisons
tratamento	3

	Contrast	Std. Err.	Tukey [95% Conf. Interval]	
tratamento				
2 vs 1	6.74	6.850545	-9.903361	23.38336
3 vs 1	-13.54667	6.850545	-30.19003	3.096693
3 vs 2	-20.28667	6.850545	-36.93003	-3.643307

## ANOVA PARA BRILHO SEM VERNIZ

. \*(2 variables, 45 observations pasted into data editor)

. anova brilhoemverniz especie

Number of obs = 45 R-squared = 0.2980  
Root MSE = .536153 Adj R-squared = 0.2646

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	5.1257777	2	2.5628888	8.92	0.0006
especie	5.1257777	2	2.5628888	8.92	0.0006
Residual	12.073333	42	.2874603		
Total	17.19911	44	.39088887		

## ANOVA PARA BRILHO COM VERNIZ

. \*(2 variables, 45 observations pasted into data editor)

. anova brilhocomverniz especie

Number of obs = 45 R-squared = 0.1781  
Root MSE = 18.761 Adj R-squared = 0.1389

Source	Partial SS	df	MS	F	Prob>F
Model	3202.4434	2	1601.2217	4.55	0.0163
especie	3202.4434	2	1601.2217	4.55	0.0163
Residual	14782.94	42	351.97477		
Total	17985.384	44	408.75872		