

Paola Cristine Pereira da Cruz

**DURABILIDADE NATURAL DA MADEIRA DE TRÊS ESPÉCIES  
FLORESTAIS NATIVAS AO FUNGO APODRECEDOR *Trametes  
versicolor***

Curitibanos

2017

Paola Cristine Pereira da Cruz

**DURABILIDADE NATURAL DA MADEIRA DE TRÊS ESPÉCIES  
FLORESTAIS NATIVAS AO FUNGO APODRECEDOR *Trametes  
versicolor***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.  
Orientador: Prof. Dr. Magnos Alan Vivian.

Curitibanos

2017

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,  
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

da Cruz, Paola Cristine Pereira

Durabilidade natural da madeira de três espécies florestais nativas ao fungo apodrecedor *Trametes versicolor* / Paola Cristine Pereira da Cruz ; orientador, Magnos Alan Vivian, 2017.

48 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Rurais, Graduação em Engenharia Florestal, Campus Curitibanos, 2017.

Inclui referências.

1. Engenharia Florestal. 2. resistência natural. 3. apodrecimento acelerado. 4. podridão branca. 5. fungos xilófagos. I. Vivian, Magnos Alan . II. Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia Florestal. III. Título.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
Coordenação do Curso de Engenharia Florestal  
Rodovia Ulysses Gaboardi km 3  
CEP: 89520-000 - Curitibanos – SC  
TELEFONE: (048)3721-4170 E-mail: [engenharia.florestal@contato.ufsc.br](mailto:engenharia.florestal@contato.ufsc.br)

---

PAOLA CRISTINE PEREIRA DA CRUZ

**DURABILIDADE NATURAL DA MADEIRA DE TRÊS ESPÉCIES  
FLORESTAIS NATIVAS AO FUNGO APODRECEDOR *Trametes versicolor***

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Banca Examinadora da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos, como requisito para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Florestal.

**Orientador:** Prof. Dr. Magnos Alan Vivian

Data da Defesa: 04/12/2017

**MEMBROS COMPONENTES DA BANCA EXAMINADORA:**

  
\_\_\_\_\_  
**Presidente e Orientador: Prof. Dr. Magnos Alan Vivian**  
Universidade Federal de Santa Catarina  
Campus Universitário de Curitibanos

  
\_\_\_\_\_  
**Membro Titular: Prof. Dra. Karina Soares Modes**  
Universidade Federal de Santa Catarina  
Campus Universitário de Curitibanos

  
\_\_\_\_\_  
**Membro Titular: Prof. Dra. Adriana Terumi Itako**  
Universidade Federal de Santa Catarina  
Campus Universitário de Curitibanos

**Local:** Universidade Federal de Santa Catarina  
Campus de Curitibanos  
Coordenação do Curso de Graduação em Engenharia Florestal

## **AGRADECIMENTOS**

Aos meus pais Amarildo e Marilza, pela oportunidade, amor e incentivo, essa vitória é por vocês e para vocês.

A família Pellizzaro, que tornaram-se minha família curitibanense, por todo apoio.

Aos meus amigos, que me proporcionaram momentos de alegria que me fizeram continuar.

Ao meu orientador Magnos, pelo suporte no pouco tempo que lhe coube.

A todos os professores pelos ensinamentos compartilhados.

A Universidade Federal de Santa Catarina por ter sido minha casa nesses anos.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, a minha gratidão.

## RESUMO

### DURABILIDADE NATURAL DA MADEIRA DE TRÊS ESPÉCIES FLORESTAIS NATIVAS AO FUNGO APODRECEDOR *Trametes versicolor*

O presente estudo teve por objetivo avaliar a durabilidade natural das madeiras de *Apuleia leiocarpa* (Grápia), *Astronium lecointei* (Muiracatiara) e *Enterolobium schomburgkii* (Faveira) ao ataque do fungo causador da podridão branca *Trametes versicolor*, em condições controladas de laboratório, pelo ensaio de apodrecimento acelerado. O ensaio seguiu a metodologia e classificação de resistência natural da madeira de acordo com a norma ASTM 2017-05, onde 15 amostras nas dimensões 2,5 x 2,5 x 0,9 cm (R, T, L), de cada espécie, permaneceram durante 16 semanas em incubadora sob ataque do fungo, a uma temperatura de 25 ( $\pm 1$ ) °C e fotoperíodo de 12 horas. Após o período de ataque determinaram-se a perda de massa, a massa residual e a classe de durabilidade natural. A espécie *E. schomburgkii* apresentou a maior média de perda de massa (17,5%), seguida da *A. lecointei* (15,5%) e a menor perda se deu à *A. leiocarpa* (10,6%). No teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade, os resultados mostraram que as perdas de massa da Muiracatiara e da Faveira foram significativamente diferentes em relação à Grápia, porém não diferiram significativamente entre si. Ambas as espécies foram classificadas como resistentes ao fungo de podridão branca *T. versicolor*, com destaque a *A. leiocarpa*, que apresentou a menor perda de massa. Em geral, a porcentagem de perda de massa tem sido o melhor indicador pra perda de resistência mecânica, na qual tais madeiras são indicadas para construção civil, e principalmente para usos mais nobres, como móveis de luxo e lâminas decorativas, em função de serem espécies nativas.

**Palavras-chave:** resistência natural, apodrecimento acelerado, podridão branca, fungos xilófagos

## ABSTRACT

### NATURAL DURABILITY OF THE WOOD OF THREE NATIVE FOREST SPECIES TO THE ROTTING FUNGUS *Trametes versicolor*

The objective of this study was to evaluate the natural durability of wood of *Apuleia leiocarpa* (Grápia), *Astronium lecointei* (Muiracatiara) and *Enterolobium schomburgkii* (Faveira) on the attack of the fungi that causes white rot *Trametes versicolor*, under controlled laboratory conditions, by the assay of accelerated rotting. The essay followed the methodology and classification of natural resistance of the wood according to ASTM 2017-05, where 15 samples in the dimensions 2.5 x 2.5 x 0.9 cm, of each species, remained for 16 weeks in incubator under attack of the fungus, at a temperature of 25 ( $\pm$  1) ° C and photoperiod of 12 hours. After the period of attack the mass loss, the residual mass and the natural durability class were determined. *E. schomburgkii* presented the highest average loss of mass (17.5%), followed by *A. lecointei* (15.5%) and the lowest loss occurred to *A. leiocarpa* (10.6%). In the Tukey test, at a 5% probability level, the results showed that the mass losses of Muiracatiara and Faveira were significantly different from Grápia, but did not differ significantly from each other. Both species were considered resistant to white rot fungus *T. versicolor*. The study of the durability of the wood is necessary for the market demand, where durable species are sought, among which are Grápia, Muiracatiara and Faveira. In general, the percentage of mass loss has been the best indicator for the loss of mechanical resistance, in which such woods are indicated for civil construction, and especially for more noble uses, such as luxury furniture and decorative blades, because they are species native.

**Key words:** natural resistance, accelerated rotting, white rot, xylophagous fungi.

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>7</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	<b>9</b>
2.1 O SETOR FLORESTAL BRASILEIRO .....	9
<b>2.1.1. A Exploração Madeireira de Espécies Nativas no Brasil</b> .....	<b>10</b>
2.2 DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES .....	11
<b>2.2.1 <i>Apuleia leiocarpa</i></b> .....	<b>11</b>
<b>2.2.2 <i>Astronium lecointei</i></b> .....	<b>13</b>
<b>2.2.3 <i>Enterolobium schomburgkii</i></b> .....	<b>15</b>
2.3 DURABILIDADE NATURAL .....	16
2.3.1 Ensaios para Determinação da Durabilidade Natural .....	18
2.4 AGENTES DEGRADADORES DA MADEIRA .....	19
<b>2.4.1 Fungos xilófagos</b> .....	<b>19</b>
2.4.1.1 Fungos Apodrecedores: podridão branca .....	21
2.4.1.1.1 <i>Trametes versicolor</i> .....	22
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	<b>24</b>
3.2 PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA .....	24
3.3 FUNGO XILÓFAGO: <i>Trametes versicolor</i> .....	25
3.4 PREPARO DO SUBSTRATO E FRASCOS DO ENSAIO .....	25
3.5 PRODUÇÃO DO INÓCULO .....	26
3.6 INOCULAÇÃO E INCUBAÇÃO DOS FUNGOS .....	26
3.7 REGISTRO DA MASSA INICIAL E ESTERILIZAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA .....	27
3.8 INSERÇÃO DAS AMOSTRAS E PERÍODO DE ENSAIO .....	28
3.9 FINALIZAÇÃO DO ENSAIO E REGISTRO DA MASSA FINAL .....	29
3.10 AVALIAÇÃO DA PERDA DE MASSA E CLASSIFICAÇÃO DA DURABILIDADE NATURAL DA MADEIRA .....	31
<b>4. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>32</b>
<b>5. CONCLUSÕES</b> .....	<b>36</b>
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES</b> .....	<b>37</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>38</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil possui a segunda maior cobertura florestal do mundo, com 12% da área global, seguida da Rússia, com seus 20% do total (FAO, 2015). Por esse motivo, o país apresenta características singulares de produção florestal, possuindo um grande potencial que permite a oferta de produtos madeireiros e não madeireiros, tanto de espécies plantadas quanto de nativas.

Apesar da vasta diversidade de espécies arbóreas das florestas naturais brasileiras, estudos apontam que a grande maioria dessas são desconhecidas quanto ao seu potencial de uso. Dentre essas espécies, muitas possuem possibilidades de uso tanto em produtos madeireiros como não madeireiros, e quando exploradas sustentavelmente constituem uma importante fonte de geração de renda e empregos (MMA, 2006). A execução de bons planos de manejo florestal, considerando parâmetros econômicos, ambientais e sociais, faz-se necessário para garantir o aumento da produção de madeira, protegendo, simultaneamente, as florestas de ocupações desordenadas e desmatamentos (JUVENAL; MATTOS, 2002).

Atender a demanda futura sem degradar as florestas naturais somente poderá ser alcançada se houver um aumento na eficiência e eficácia da produção, da exploração, da conversão da matéria-prima, além de se promover a diversificação da mesma, com novas espécies que atendam padrões de qualidade exigidos pelo mercado internacional, bem como uma maior oferta de madeira de reflorestamentos (MMA, 2006).

Em países tropicais, como o Brasil, um dos principais fatores para utilização da madeira é a sua durabilidade natural (MENDES; ALVES, 1988). Tal parâmetro fornece informações para planos de uso específico da madeira, gerando resultados que a classificam quanto ao uso ou não em contato com o solo, complementando ainda, o conhecimento das suas demais propriedades tecnológicas (TREVISAN, 2006). Dessa forma, gastos desnecessários podem ser evitados com a reposição de peças, considerando que o emprego da madeira mais apropriada às condições de risco de deterioração irá reduzir o corte de árvores, diminuindo também os impactos sobre as florestas remanescentes (PAES et al., 2004).

A durabilidade natural da madeira pode ser entendida como a sua capacidade de resistir à ação de agentes deterioradores, incluindo os agentes mecânicos, químicos, físicos e biológicos. Destes agentes, os biológicos são os de maior importância, sendo

os fungos os responsáveis pela maior proporção de danos causados à madeira, podendo prejudicar severamente a resistência da madeira (MORAIS et al., 2005).

O *Trametes versicolor* é um dos mais eficientes fungos degradadores da madeira, que promove a deterioração simultânea da lignina, celulose e hemicelulose (TANAKA, et al 1999), causando a podridão branca (ARCHIBALD; ADDLEMAN, 1997).

Para avaliar a durabilidade natural da madeira a fungos, são necessários testes em laboratório, nos quais amostras de madeira são expostas aos fungos xilófagos causadores das podridões (PAES; MELO; LIMA, 2007). Em tais ensaios de laboratório corpos de prova obtidos da espécie em estudo são submetidos à ação de fungos, desenvolvidos em meio de cultura apropriado, no qual determina-se a perda percentual de massa nessas amostras (STANGERLIN et al., 2013).

Considerando que espécies madeireiras que são reconhecidamente classificadas como resistentes à deterioração apresentam ampla aceitação e difusão de emprego dentro do mercado madeireiro e, conseqüentemente, agregam maior valor ao produto final, o presente trabalho buscou avaliar a durabilidade natural de três espécies nativas, frente ao ataque de um dos principais fungos apodrecedores.

Desta forma o objetivo do estudo foi avaliar a durabilidade natural das madeiras de *Apuleia leiocarpa*, *Astronium lecointei* e *Enterolobium schomburgkii* ao ataque do fungo causador da podridão branca *Trametes versicolor*, em condições controladas de laboratório, pelo ensaio de apodrecimento acelerado.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 O SETOR FLORESTAL BRASILEIRO

O Brasil é um país florestal com aproximadamente 493,5 milhões de hectares (58% do seu território) cobertos por florestas naturais e plantadas, o que representa a segunda maior área de florestas do mundo, seguida da Rússia (FAO, 2015). As florestas naturais somam cerca de 485,7 milhões de hectares, cobrindo aproximadamente 57% da superfície terrestre brasileira (FAO, 2015), enquanto que as florestas plantadas ocupam 7,8 milhões de hectares e representam menos de 1% do território nacional, sendo constituídas, principalmente, com as espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* (IBÁ, 2017). As condições naturais do país, como o clima, favorecem o desenvolvimento das plantações florestais, e existe ainda, uma grande extensão de áreas disponíveis, adequadas para novos reflorestamentos (RIBEIRO, 2008).

Segundo o Ministério de Meio Ambiente (2000), grande parte da cobertura florestal do território nacional tem potencial produtivo. Na qual constitui-se em sua maioria de florestas privadas, basicamente nativas, o que enseja a necessidade de um marco regulatório consistente com a exploração produtiva e a preservação.

De acordo com Zenid (2006), o pau-brasil (*Paubrasilia echinata*) constituiu o primeiro ciclo econômico da história do país. Porém o berço da indústria florestal brasileira se deu com a Floresta Mista de Araucária, tendo sua distribuição desde o norte do Rio Grande do Sul até o sul de Minas Gerais. No entanto, o que preponderou foi a intensa utilização, por décadas, da araucária e da peroba-rosa na construção civil, os quais abasteceram plenamente os mercados das regiões sul e sudeste até a década de 70. Com a exaustão dessas florestas, ocorreu o estabelecimento dos projetos do governo para o desenvolvimento da Região Amazônica, tornando acessível a exploração madeireira das florestas de terra-firme dessa região. Contudo, até hoje há problemas no que se refere à substituição por madeiras amazônicas, principalmente devido ao mercado da construção civil usar apenas duas madeiras e também à grande diversidade de espécies existentes na Amazônia.

Estimativas indicam que o Brasil possui a maior reserva de madeira tropical do mundo, tendo disponível para exploração, apenas na região Amazônica, no mínimo 60

bilhões de m<sup>3</sup> de madeira em toras com valor comercial (ZENID, 2007). Há, comprovadamente, mais de trezentas espécies vegetais por hectare. Das 100 mil espécies de plantas identificadas na América Latina, aproximadamente 30% estão naquela região e apenas dez delas representam mais de 90% do valor total da produção (SIQUEIRA, 2001).

No âmbito florestal brasileiro há dois modelos de organização florestal. Poucas empresas de grande porte, integradas verticalmente da floresta até produtos acabados, representam os setores de celulose, papel, lâmina de madeira, chapa de fibra e madeira aglomerada. Em contrapartida, na produção de madeira serrada, compensados e móveis, existe um grande número de empresas de pequeno e médio porte, de baixa capacidade empresarial (MMA, 2012).

O setor florestal brasileiro é responsável por uma parcela importante para economia, além de gerar produtos para consumo direto e para exportação, atuando na conservação e preservação dos recursos naturais, oferece emprego e renda, agregando recursos de impostos para economia (LADEIRA, 2002). De acordo com o IBÁ (2017), atualmente, esse setor representa 6,2% do PIB industrial, e 1,1% de representação em toda a riqueza gerada no país, empregando diretamente 510 mil pessoas no ano de 2016.

### **2.1.1. A Exploração Madeireira de Espécies Nativas no Brasil**

Os cinco países com maior cobertura florestal são: Rússia, Brasil, Canadá, EUA e China. Apesar de ocupar a segunda posição nessa classificação, o Brasil possui a maior extensão de floresta tropical contínua (FAO, 2010).

O Brasil tem aumentado a exportação de madeira nativa para países como França e Holanda, enquanto o inverso ocorre para Espanha e Portugal, os quais devido a vulnerabilidade à crise econômica mundial, houve uma considerável queda na quantidade importada (FAO, 2015). Ao longo das décadas, a indústria madeireira tem passado por significativas mudanças geográficas e de uso de espécies (PEREZ; BACHA, 2006). Nos últimos 15 anos, as madeiras de lei ou nativas passaram por grande valorização, apresentando atualmente altos valores de mercado. Resultado de uma maior fiscalização de desmatamentos ilegais, redução de estoques naturais em países expressivos como Malásia e Indonésia, e o sucessivo aumento de demanda (TROPICAL FLORA, 2015).

Se exploradas sustentavelmente, as florestas nativas podem ser uma importante fonte de geração de renda e empregos. Portanto, para garantir o aumento da produção de madeira sem que haja desmatamentos e ocupações desordenadas, faz-se necessário a execução de bons planos de manejo, considerando fatores econômicos, sociais e ambientais (JUVENAL; MATTOS, 2002).

De acordo com o IBAMA (2005) o manejo florestal sustentável é contextualizado como a obtenção de benefícios sociais e econômicos, através da administração da floresta, respeitando os mecanismos de sustentação do ecossistema. A exploração de florestas nativas de domínio público ou privado é dependente de licenciamento pelo Sisnama (Sistema Nacional de Meio Ambiente), por meio da aprovação prévia de Plano de Manejo Florestal Sustentável (PMFS), o qual deve conter técnicas de condução, exploração, reposição florestal e manejo compatíveis com os variados ecossistemas que a cobertura arbórea forme.

Na prática, para se obter benefícios sociais, econômicos e ecológicos, medidas previamente diagnosticadas devem ser adotadas nos planos de manejo. O processo que avalia e oficializa a prática do manejo florestal sustentável é a certificação florestal (MATOS, 2008).

Atualmente, os plantios de eucalipto ocupam 5,7 milhões de hectares da área de florestas plantadas do país, enquanto que o pinus abrange 1,6 milhões de hectares, totalizando cerca de 92,5% (7,3 milhões de hectares) de árvores plantadas brasileiras (IBÁ, 2017). Dessa forma, diversificar a matéria-prima, com novas espécies que atendam padrões de qualidade exigidos pelo mercado internacional, juntamente a crescente oferta de madeira reflorestada, em atendimento as exigências ambientais dos países consumidores, serão um marco para o desenvolvimento do país (MMA, 2006).

## 2.2 DESCRIÇÃO DAS ESPÉCIES

### 2.2.1 *Apuleia leiocarpa*

A *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F.Macbr, popularmente conhecida como Amarelão ou Grápia, pertencente à família Fabaceae, é uma espécie florestal de importância ornamental e ecológica (LORENZI, 2002).

De acordo com Lorenzi (1992), sua ocorrência se dá do Rio Grande do Sul até o Pará, na floresta latifoliada semidecídua e, no sul da Bahia e Espírito Santo na floresta pluvial Atlântica. No norte do país ocorre uma espécie de características muito semelhantes, a *Apuleia mollaris*.

A *A. leiocarpa* tem caráter pioneiro, notando-se ser mais abundante em solos com rápida drenagem ou em solos secos e de baixa fertilidade, em regiões de planalto (HERINGER; FERREIRA, 1973).

A árvore pode atingir 35 m de altura e 100 cm de diâmetro na idade adulta, com copa corimbiforme, folhas compostas, alternas, imparipenadas; folíolos alternos, elípticos, subcoriáceos e reticulados com tronco cilíndrico pouco tortuoso e alto com casca esbranquiçada (REITZ; KLEIN; REIS, 1988). Sua floração ocorre entre agosto e setembro com frutificação entre janeiro e fevereiro, sendo que seus frutos permanecem na árvore por muitos meses (LORENZI, 2002).

A Grápia é utilizada na construção naval, decorações de interiores, esquadrias, tornarias, vigas de pontes, carroceiras de caminhões, barris de cerveja; onde seu valor econômico é bastante significativo (MATTOS; GUARANHA, 1983; MUÑIZ, 1993). Na construção civil, usada como vigas, ripas, caibros, tabuas e tacos (LORENZI, 2002). Foi considerada boa para a produção de álcool, coque e carvão (CARVALHO, 1994) e com propriedades de valor analgésico e anti-inflamatório (RUPPELT et al., 1991). Além dos múltiplos usos da madeira, a sua casca chega a ter 24% de taninos, servindo para a indústria de curtumes.

Sua madeira é pesada, com densidade de 0,83 g/cm<sup>3</sup> a 15% de umidade. Cerne e alburno distintos pela cor, cerne varia entre bege amarelado ou amarelo levemente rosado até o róseo-acastanhado, uniforme; alburno diferenciado, branco amarelado; textura média; grã irregular para revessa; superfície lustrosa e lisa ao tato; cheiro e gosto imperceptíveis. A madeira é de fácil trabalhabilidade desde que se use ferramentas apropriadas devido à presença de sílica; cola bem e proporciona bom acabamento. É de difícil secagem ao ar, que deve ser lenta e bem controlada para evitar alta incidência de defeitos (IPT, 1989). Ela possui resistência mecânica entre média e alta. Apresenta boa durabilidade em aplicações às intempéries, sempre que não seja em condições de alta umidade (CELULOSA ARGENTINA, 1975).

Apesar de ser amplamente distribuída no território brasileiro, a espécie apresenta-se de forma bastante descontínua, causa disso é a grande devastação das

florestas e a falta de reflorestamentos para sua reposição (MATTOS; GUARANHA, 1983). Com a exaustão das madeiras nativas consideradas nobres, o reflorestamento com esta espécie poderá ser de grande importância no suprimento de matéria-prima de qualidade para o setor madeireiro a nível nacional e até mesmo internacional (IPT, 2003).

Figura 1 - Árvore *Apuleia leiocarpa* (a) e corte tangencial da sua madeira (b). Fonte: IPT, 1989.



### 2.2.2 *Astronium lecointei*

A espécie *Astronium lecointei* (Ducke), conhecida popularmente como Muiracatiara, Aroeira, Muiracatiara-rajada, Gonçalo-alves, Aroeirão, dentre outros nomes, que variam de acordo com a região de ocorrência, pertence à família Anacardiaceae e encontra-se distribuída em toda a região amazônica, com maior frequência nos estados do Pará e do Maranhão, onde habita principalmente as matas de terra firme (LOUREIRO et al., 2000; LORENZI, 2002).

De acordo com Ribeiro et al. (2002), é uma árvore do dossel, com raiz superficial. Sua altura atinge até 25 metros, com diâmetro de até 60 cm. Possui folhas com 7-13 folíolos opostos ou alternos, oblongos ou ovados e acuminados, lâmina glabra com 11-14 pares de veias. Suas flores hermafroditas são de cor amarela e o fruto é constituído por uma cápsula lenhosa deiscente.

A quantidade de radiação direta e difusa tem relação positiva com o crescimento da espécie, sendo esta relação mais evidente em estações chuvosas (TANAKA; VIEIRA, 2006). Ainda de acordo com os autores, *A. lecointei* é altamente resistente a estiagem, na qual conforme a adição de umidade há um aumento em seu vigor, ao mesmo tempo em que apresenta característica de tolerância à sombra.

Sua madeira possui cerne na cor castanho-avermelhado, apresentando verticalmente faixas castanho-escuro, de espaçamento variável, na qual a distingue de outras espécies, pelas belas figuras formadas (LOUREIRO et al., 2000). Por ser de fácil trabalhabilidade, permite bons acabamentos, como pintura e verniz. Contudo, apresenta problemas de rachaduras e empenamentos, na secagem ao ar livre, e, rachaduras profundas e endurecimento superficial, na secagem artificial muito drástica (ANPM, 2011).

A madeira de Muiracatiara é pesada, com massa específica básica de  $0,81\text{g/cm}^3$  (ANPM, 2011). Por ser altamente densa, é muito comercializada na região, com boa cotação tanto no mercado interno, como no externo. É bastante utilizada para carpintaria e marcenaria em geral, pisos e móveis de luxo, em que requerem estabilidade dimensional (LOUREIRO et al., 2000).

Figura 2 - Árvore *Astronium lecointei* (a) e corte tangencial da sua madeira (b). Fonte: IPT, 1989.



### 2.2.3 *Enterolobium schomburgkii*

Pertencente à família Fabaceae, a espécie *Enterolobium schomburgkii* (Benth.), também conhecida por Faveira, Orelha de macaco ou Sucupira amarela, ocorre na região amazônica na mata pluvial de terra firme, e também do sul da Bahia até o Rio de Janeiro em Mata Atlântica, possuindo em sua madeira um bom valor comercial (LORENZI, 2002).

É uma árvore heliófila, com 10 a 50 m de altura e DAP de 12 a 80 cm. Possui potencial para plantios florestais em áreas alteradas e de solos pobres, pois é uma das leguminosas que fazem associação com bactérias fixadoras de nitrogênio (ALLEN; ALLEN, 1981; MESQUITA 1990).

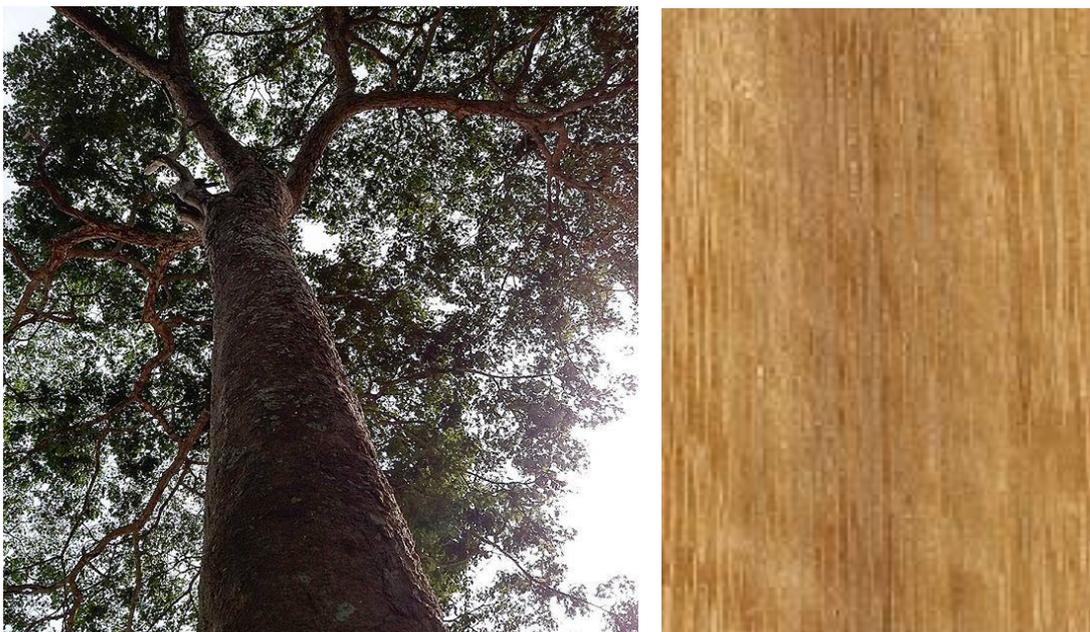
O seu período de inflorescência está compreendido entre os meses de setembro e novembro, com maturação dos frutos entre junho e julho. Na revisão do gênero, Mesquita (1990) descreveu o fruto de *E. schomburgkii* como indeiscente, contorcido, de consistência sublenhosa e cor castanha a negra.

A madeira é pesada (densidade 0,79g/cm<sup>3</sup>) e dura ao corte (LORENZI, 2002). O cerne é castanho claro com fundo amarelado, pardacento claro e com estrias mais escuras de aspecto fibroso. O alburno, bem diferenciado do cerne, possui a coloração creme. A grã é irregular, com textura média. Não se distingue através de cheiro e o gosto (GONÇALEZ; GONÇALVES, 2001).

Ainda segundo os autores, apesar da madeira ser de difícil trabalho com máquinas, por ser dura e pesada, tal fato pode ser contornado pelo uso de máquinas corretas e serras de vídeo. Todavia, tem uma boa aceitação no desempenho e desengrosso, recebe bem a lixa, encaixes e trabalhos de abaulamentos. Apresenta uma secagem rápida, com tendência moderada a rachaduras e a torcimento fortes.

É conhecida no mercado externo como Batibatra, com excelente potencial de exportação de sua madeira. Indicada para fabricação de papel, movelaria, construção naval e civil (LE COINTE 1947; LOUREIRO et al., 1979; CHICHIGNOUD et al. 1990; GONÇALEZ; GONÇALVES, 2001). As folhas são indicadas para o tratamento de tumores cancerígenos (ESPOSITO-AVELLA et al., 1985).

Figura 3 - Árvore *Enterolobium schomburgkii* (a) e corte tangencial da sua madeira (b). Fonte: ITTO, 2002.



### 2.3 DURABILIDADE NATURAL

A durabilidade natural da madeira, segundo Rayner e Boddy (1988), diz respeito ao tempo de vida útil de uma determinada espécie, que pode variar de acordo com as condições às quais este material está submetido. De acordo com Paes et al. (2007), a capacidade de uma espécie resistir a ação de agentes deterioradores, sendo eles físicos, químicos, mecânicos ou biológicos, é também interpretada como durabilidade natural. No entanto, em benefício da frequência e da importância econômica, a resistência natural é normalmente entendida como referente aos agentes biológicos.

A capacidade que uma espécie tem em resistir a deterioração relaciona-se com o tempo em que a madeira suporta o ataque, ou a quantidade de biomassa que é degradada nesse período em que a mesma é exposta a tipos específicos de organismos ou microrganismos deterioradores de madeira, conforme a norma americana ASTM D 2017 (ASTM, 2005).

Segundo Silva (2005), tais organismos identificam na parede celular, polímeros naturais, os quais são fonte de nutrição e energia, que necessitam para sobreviver. Sob condições favoráveis de umidade e pH, a madeira torna-se suscetível ao ataque de organismos xilófagos (PAES et. al., 2007). Dessa maneira, se colocada juntamente com as causas de degradação natural, pode-se dizer se uma peça de madeira é durável ou

não, de acordo com sua alta, média ou baixa resistência à ação desses agentes (SILVA, 1997).

O ambiente em que a madeira encontra-se, sua idade, a quantidade de extrativos, a posição da amostra ao longo do tronco e do diâmetro (topo ou base, cerne ou alburno) e o tipo de grupo funcional, são alguns fatores que determinam uma menor ou maior resistência natural a elas (ASHADUZZAMAN et al., 2011). Segundo Brazolin (2007), no Brasil os processos naturais de biodeterioração ocorrem de forma mais rápida, por possuir um clima tropical com média de temperatura de aproximadamente 25°C e grande biodiversidade.

Jesus et al. (1998) indica que estudos acerca da avaliação de durabilidade natural das madeiras, além de possibilitar a análise de vida útil média e susceptibilidade ao ataque de xilófagos, permite classificar o uso da madeira, quanto ao grau de degradação, ocasionada por além desses organismos, mas também por fatores abióticos. O mesmo autor destaca que as informações adquiridas neste tipo de estudo servem de complemento às demais propriedade tecnológicas, que conjuntamente, podem fornecer indicações não só do melhor uso, como também tornar viável o comércio de espécies florestais potenciais na indústria madeireira.

Paes (2004) afirma ainda que, as informações acerca da resistência natural da madeira são de extrema importância no que se diz respeito a reduzir os conflitos sobre as florestas remanescentes. Uma vez que conhecendo a aplicação mais adequada da madeira, menor será a deterioração sofrida pela mesma, diminuindo gastos com a reposição de peças, agregando valor ao produto final e reduzindo o corte de árvores.

Além disso, madeiras que apresentam maior durabilidade natural poderão ter preferência em relação às demais, considerando que o uso de produtos químicos, muitas vezes tóxicos, seria reduzido, em relação aos empregados no tratamento de madeiras de baixa durabilidade, no intuito de lhe certificar um bom desempenho em serviço (OLIVEIRA, 1997).

O alburno de todas as espécies de madeira é considerado não durável ou perecível quando submetido ao ataque por fungos apodrecedores, desse modo, o conceito de durabilidade natural está sempre associado ao cerne de determinada espécie de madeira (BRE, 1977; EATON; HALE, 1993). Os extrativos, distribuídos homogeneamente pela árvore, conferem a resistência ao cerne, sendo maior nas partes

externas e próximo à base da árvore, reduzindo em direção à medula e ao topo (CARBALLEIRA; MILANO, 1986).

Silva (2005) afirma que as madeiras de alta densidade, com estruturas mais fechadas e alto teor de substâncias especiais as quais impregnam as paredes das células, apresentam maior resistência à ação desses organismos. Segundo o mesmo autor, abundância de tecido parenquimático confere uma baixa durabilidade natural.

### **2.3.1 Ensaios para Determinação da Durabilidade Natural**

No Brasil, já na década de 40, eram realizados ensaios para avaliar a durabilidade natural de madeiras e sua resistência sob o uso de produtos preservativos contra fungos apodrecedores. Conforme o objetivo, existem dois tipos de ensaios para determinar o grau de durabilidade natural de uma espécie: ensaios de campo e ensaios em laboratório (STANGERLIN, 2012).

Nos ensaios a campo, peças roliças de madeira são parcialmente soterradas, expostas as intempéries, além dos agentes químicos e organismos xilófagos existentes no solo. As peças são inspecionadas periodicamente, objetivando avaliar seu estado de sanidade (COSTA et al., 2005). Como principal desvantagem desse ensaio, Santini (1988) destaca o extenso período para se alcançar informações, em razão das grandes dimensões das peças. Além disso, demandam de infra estrutura para instalação de campos de apodrecimento e o acompanhamento periódico do avanço da deterioração.

Em ensaios de laboratório, culturas puras de fungos são desenvolvidas em meio de cultura apropriado, para que corpos de prova da espécie em estudo, sejam expostas a estes. Após o período de ação dos fungos às amostras de madeira, determina-se a perda percentual de massa. Posteriormente, compara-se os valores obtidos com valores tabelados e suas classes de resistência, na qual foram subjetivamente estabelecidas, com base na experiência empírica e estudos com determinadas espécies (STANGERLIN et al., 2013). Os ensaios laboratoriais, segundo Cavalcante (1971), constituem uma boa alternativa quando empregados para a obtenção de informações em curto intervalo de tempo.

## 2.4 AGENTES DEGRADADORES DA MADEIRA

A deterioração da madeira consiste no processo em que ocorrem alterações desfavoráveis nas suas propriedades. Há diferentes formas pelas quais isso ocorre, porém as duas causas principais são os agentes abióticos e os agentes bióticos (CALIL; DIAS; LAHR, 2003).

Os principais agentes biológicos que causam a maior parte dos danos e perdas em estruturas de madeira são os: insetos, fungos, moluscos, crustáceos e bactérias. Dentre estes, os mais relevantes quando se trata de perdas florestais são os fungos e insetos. Dos mais variados fungos presentes na natureza, os predominantemente responsáveis pela deterioração de madeiras são os fungos emboloradores, fungos manchadores e os fungos apodrecedores (MENDES, 2003). De acordo com Brazolin (2007) o último grupo, por sua vez, é composto por organismos que degradam a parede celular da madeira, sendo eles fungos de podridões mole, parda ou branca. Os quais destacam-se a classe dos basidiomicetos, responsáveis pelas podridões parda e branca.

### 2.4.1 Fungos xilófagos

Os fungos são os principais e mais importantes organismos xilófagos existentes no mundo. São organismos eucariotos, heterotróficos constituídos por um corpo vegetativo, com diversas formas. Propagam-se por meio de esporos, que ao germinarem em condições favoráveis, formam o micélio (SILVA, 2008).

Vivem como parasitas ou mutualistas, ou formam associações que não compreendem nem relação de parasitismo estrito nem mutualismo estrito, como no caso dos líquens e fungos endobióticos. Porém vivem principalmente de forma saprofítica, alimentando-se de elementos mortos, onde a decomposição é a sua principal função ecológica (ALEXOPOULOS et al., 1996).

Moreschi (1980) explica que algumas condições podem limitar ou contribuir para o desenvolvimento dos fungos, sendo elas: a temperatura na faixa de 25 a 30°C, o pH entre 4,5 a 5,5, a disponibilidade de oxigênio e o teor de umidade, superior a 20%. Ainda de acordo com Montana Química S.A. (2015), para que ocorra o ataque de fungos o ambiente deve apresentar ausência de substâncias tóxicas, pois dessa forma

estes são impedidos de acessar sua fonte de alimentação, sendo esta a variável mais fácil de ser controlada.

O ciclo pelo qual se dá a instalação e o crescimento dos fungos se dá na seguinte forma: ocorre a produção de estruturas especiais (corpos de frutificação) ao se atingir a fase de reprodução, tais estruturas são responsáveis por gerar e armazenar os esporos, que são liberados por ações externas (vento, contato e impacto), onde são depositados sobre um corpo de madeira sã, então o esporo produzirá hifas que irão penetrar na madeira (se a madeira lhe oferecer condições para o seu desenvolvimento), fechando assim o ciclo (MONTANA QUÍMICA S.A., 2015).

Enzimas que reagem e degradam as células da madeira, são liberadas pelos fungos, a fim de obterem seu alimento (MENDES; ALVES, 1988). O complexo enzimático do fungo é quem determina a capacidade de degradação biológica dos componentes da madeira, o qual varia entre espécies e isolados fúngicos de mesma espécie (MACHUCA; FERRAZ, 2001; MEYSAMI; BAHARI, 2003).

A produção e atividade das enzimas sofrem influencia da composição química do material a ser degradado, onde a relação carbono/nitrogênio é uma das condições de maior importância. Determinados fungos tem suas enzimas estimuladas quando há maior proporção de nitrogênio, enquanto outros requerem a carência desse elemento (ZAFAR et al., 1996; VANCE e CHAPIN III, 2001). De acordo com Pala (2007), os fungos agem na madeira por meio de reações químicas de oxidação, e/ou enzimáticos, que através de enzimas convertem, usando um caminho molecular próprio, os constituintes da madeira e outras substâncias.

Conforme o tipo de microrganismo, o processo de degradação da madeira se dá em etapas graduais e contínuas. Tem início com a penetração superficial do microrganismo na madeira, nesta fase, denominada incipiente, ocorre a colonização e liberação de enzimas. Ainda com a estrutura intacta, durante o estágio intermediário, há mudanças de cor e textura da madeira. O último estágio pode ser facilmente identificado, pois a madeira está completamente desestruturada (ZIGLIO, 2010). Dependendo de fatores ambientais, da espécie florestal e tratamentos físicos e químicos, os fungos podem preencher toda a superfície de uma tora em menos de 48 h (LEPAGE, 1986; ZIGLIO, 2010).

Segundo Oliveira et al (2005), a madeira atacada por fungos apresenta alterações na coloração, modificação na composição química, perda de massa, diminuição da

resistência mecânica, redução da capacidade acústica e do poder calorífico, aumento da permeabilidade, inflamabilidade e da propensão ao ataque de insetos, tornando-se inviável seu uso para fins tecnológicos, devido a qualidade comprometida.

Os fungos emboloradores e manchadores causam apenas danos de ordem estética, pois alimentam-se de substâncias de fácil assimilação na madeira, não degradando a parede das células, possibilitando que as propriedades mecânicas sejam pouco afetadas (BRAZOLIN, 2007). Entre os fungos apodrecedores, o causador da podridão mole diferencia-se dos demais, pois ataca apenas a superfície da madeira, enquanto que os causadores da podridão parda deterioram a celulose e os fungos de podridão branca despolimerizam lignina, celulose e hemicelulose (ZIGLIO, 2010).

#### 2.4.1.1 Fungos Apodrecedores: podridão branca

De acordo com Rayner e Boddy (1988), em 1924, os fungos apodrecedores foram reconhecidos e inicialmente classificados em duas classes: uma responsável pela podridão branca e outra pela podridão parda na madeira. Em 1954, uma terceira classe de apodrecimento é descrita como podridão mole. Contudo, os basidiomicetos, representantes da podridão parda e branca, graças a sua capacidade de degradar ou modificar a lignina, são os principais responsáveis pelo apodrecimento da madeira, um processo enzimático originado no período Devoniano, paralelamente com a evolução das plantas vasculares (ERIKSSON et al., 1990; MARTÍNEZ, 2005).

Silva (2007) explica que a ação enzimática do micélio dos basidiomicetos sobre a parede celular, deteriorando sem diferenciar polissacarídeos e lignina, é o processo biológico da podridão branca. Devido a ação restrita do sistema enzimático, há a formação de orifícios ou fendas, nos quais os fungos se assentam. A maneira que sucede o ataque, estas fendas se agrupam, provocando uma total erosão da parede celular, a partir do lume (MENDES e ALVES, 1988). Portanto, os fungos de podridão branca, decompõem a celulose e a hemicelulose (constituintes das células da madeira), e também a lignina (mantém as células da madeira unidas) (MARTINEZ, 2005).

A madeira atacada por fungos causadores de podridão branca perde sua coloração natural, devido a destruição de seus pigmentos, tornando-se esbranquiçada, além disso, perde também seu aspecto lustroso. Podem ser observadas linhas escuras que demarcam a região atacada e não atacada. A perda de peso e redução na resistência

mecânica são também resultados do ataque (ALEXOPOULUS; MIMS; BLACKWELL, 1996). De acordo com Curling et al. (2000), em geral, esses fungos deterioram em maior grau madeiras de folhosas em comparação com coníferas.

As diversas aplicações para os fungos apodrecedores tem sido objeto de estudo, desde sua ação em ambientes naturais e atuação na decomposição de resíduos vegetais; como a proteção de peças de madeira contra a colonização e degradação; até a sua utilização ou de suas enzimas isoladamente, em processos industriais, como a biopolpação, biobranqueamento e decomposição de xenobióticos (COSTA, 1993; BLANCHETTE, 2000; HYODO et al., 2000).

#### 2.4.1.1.1 *Trametes versicolor*

O fungo *T. versicolor* classificado como *Coriolus*, *Polyporus* e *Polysticus*, causador da podridão branca, é o mais comum habitante encontrado na madeira (ALEXOPOULUS; MIMS, 1979; ARCHIBALD; ADDLEMAN, 1997). Pertencente à classe dos Basidiomycetes, ordem Polyporales, família Polyporaceae, onde existem cerca de 100 gêneros nesta família (ALEXOPOULUS; MIMS, 1979).

O grupo dos basidiomicetos compreende os fungos que originam esporos (basidiomicetos) sexualmente, a partir de uma estrutura especializada denominada basídio ou popularmente conhecida como cogumelos. Filamentos septados, chamados de hifas, formam o micélio, a fase vegetativa dos basidiomicetos (GUGLIOTTA; CAPELARI, 1998). Os corpos de frutificação desse xilófago possuem uma superfície superior aveludada, evidenciadas por zonas concêntricas de diversas cores (vermelho, amarelo, verde, cinza ou preto) e a margem é normalmente ondulada (CUI; CHISTI, 2003).

O *T. versicolor* é um dos mais eficientes fungos degradadores da madeira, cuja ação promove simultaneamente a deterioração da lignina, celulose e hemicelulose (TANAKA, et al. 1999), o qual produz várias ectoenzimas, entre elas a lacase, peroxidases e celobiose dehidrogenase (ARCHIBALD; ADDLEMAN, 1997). Eventualmente, degrada lignina até CO<sub>2</sub> e H<sub>2</sub>O, o que o torna útil em diversas áreas (TUOR et al., 1995).

A medida em que a madeira atacada por este microrganismo apodrece, esta adquire um aspecto esbranquiçado, por esse motivo é chamada de podridão branca

(LEWIN e GOLDSTEIN, 1991). Por causa da remoção da lignina, o material deteriorado adquire uma textura fibrosa, não apresentando fendas e nem contração (PALA, 2007).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 PREPARO DO MATERIAL

Para realização do presente estudo foram utilizadas madeiras de três espécies florestais nativas obtidas na Xiloteca (coleção de madeiras) da Universidade Federal de Santa Catarina, Campus de Curitibanos, sendo elas *Apuleia leiocarpa*, *Astronium lecointei* e *Enterolobium schomburgkii*, com origem de doação do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). Além da escassez de estudos de tais espécies, elas apresentam ou já apresentaram em algum momento da história, importância quanto ao seu uso em produtos florestais madeireiros.

A susceptibilidade das espécies madeireiras frente ao ataque do fungo apodrecedor foi determinada através do ensaio de apodrecimento acelerado em laboratório, de acordo com a norma ASTM D 2017/05 (*American Society for Testing and Materials – Standard Method for Accelerated Laboratory Test of Natural Decay Resistance of Woods*). Os procedimentos foram conduzidos no Laboratório de Recursos Florestais e no Laboratório de Fitopatologia da mesma Universidade.

#### 3.2 PREPARAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Após a seleção das espécies, que encontravam-se na forma de tábuas, confeccionaram-se 15 corpos de prova para cada espécie, nas dimensões 2,5 x 2,5 x 0,9 cm, sendo a última dimensão no sentido da grã, a partir do cerne da madeira, totalizando em 45 amostras. Os corpos de prova foram lixados, visando uniformizar a sua superfície e posteriormente identificados com código e número, de acordo com a espécie, conforme a Figura 4.

Figura 4 - Corpos de prova numerados das espécies *Apuleia leiocarpa* (AP), *Astronium lecointei* (AS) e *Enterolobium shomburgkii* (E). Fonte: a autora.



### 3.3 FUNGO XILÓFAGO: *Trametes versicolor*

O fungo xilófago utilizado foi o *Trametes versicolor* (LinnaeusexFries) Pilat, espécie causadora de podridão branca, proveniente da coleção do Laboratório de Produtos Florestais (LPF), do Serviço Florestal Brasileiro (SFB), em Brasília.

Para a preservação do fungo até o momento da execução do ensaio, foi utilizado a metodologia de Castellani (1964), a qual consiste em preservar o fungo em água destilada em temperatura ambiente.

### 3.4 PREPARO DO SUBSTRATO E FRASCOS DO ENSAIO

Para o ensaio foi utilizado solo coletado de horizonte B, livre de matéria orgânica e com pH próximo de 6,0. Após a coleta o solo foi macerado e peneirado para eliminação de pedras e impurezas.

Foram adicionados 100 g de solo em frascos de vidros transparentes, com tampas rosqueáveis e capacidade de 600 ml. Em seguida, acrescentou-se 36,3 g de água destilada a este substrato, a fim de ajustar a umidade do solo para 130% da sua capacidade de retenção de água, segundo as recomendações da ASTM D-141-3 (2005).

Cada vidro recebeu uma placa suporte de madeira medindo 0,3 x 3,0 x 3,0 cm (radial, tangencial e longitudinal), do gênero *Eucalyptus*, devido ao fungo *T. versicolor* apresentar bom desenvolvimento sobre espécies de folhosas.

Em seguida, os frascos foram levemente fechados e sob suas tampas acrescentados papel alumínio, com o intuito de evitar futuras contaminações.

Posteriormente, foram autoclavados, a uma temperatura de aproximadamente 121 °C por 20-30 minutos.

### 3.5 PRODUÇÃO DO INÓCULO

Inicialmente o fungo *T. versicolor* foi retirado da Micoteca e cultivado um disco de micélio em placas com BDA (Batata-Dextrose-Ágar). Posteriormente realizou-se o acondicionamento de 20 placas de Petri e preparado 400 ml do meio de cultura BDA (extrato composto de 200 g de batata, 20 g de dextrose, 20 g de ágar e 1000 ml de água destilada), para o inóculo do fungo, ambos foram autoclavados por 20 minutos em pressão de 1 atmosfera e 121 °C, antes da repicagem.

A repicagem foi feita em capela de fluxo laminar horizontal devidamente esterilizada, onde um disco contendo micélios do fungo foi adicionado ao meio de cultura dentro de cada placa de Petri. Após tal procedimento, as placas foram mantidas em incubadora de crescimento a temperatura de  $25 \pm 1^\circ\text{C}$ , em fotoperíodo de 12 horas, por aproximadamente 15 dias, para que houvesse uma completa colonização da placa pelo fungo.

### 3.6 INOCULAÇÃO E INCUBAÇÃO DOS FUNGOS

A inoculação do fungo sobre a placa suporte, foi efetuada em capela asséptica, inoculando cinco discos de micélio com aproximadamente 10 mm, provenientes das placas de Petri (Figura 5). Depois de inoculados, os vidros retornaram à incubadora onde permaneceram por um período de 15 dias, necessários para que o micélio do fungo cobrisse homogeneamente a superfície do substrato (placa suporte).

Figura 5 - Discos de micélio do fungo *T. versicolor* repicados sobre placa suporte de *Eucalyptus*, em frascos de vidros transparentes contendo substrato do horizonte B e água destilada. Fonte: a autora.



### 3.7 REGISTRO DA MASSA INICIAL E ESTERILIZAÇÃO DOS CORPOS DE PROVA

Antes dos corpos de prova das espécies florestais serem submetidos ao ensaio de apodrecimento, estes passaram pelo processo de estabilização para obter sua massa inicial, após um período de secagem, em estufa a  $60 \pm 1^\circ\text{C}$  (Figura 6) por um período de aproximadamente 20 dias. O monitoramento do peso do material foi conduzido em um grupo pequeno de amostras até que estes atingissem sua estabilidade. Depois de verificada a estabilização do lote de amostragem, todos os corpos de prova tiveram a massa inicial registrada. Para a pesagem dos corpos de prova foi utilizada uma balança analítica, com precisão de 0,0001g. Os corpos de prova, antes da inoculação, foram esterilizados em autoclave a uma temperatura de  $110 \pm 10^\circ\text{C}$  por um período de uma hora.

Figura 6 - Processo de estabilização da massa inicial dos corpos de prova das três espécies florestais nativas, em estufa a  $60 \pm 1^\circ\text{C}$ , por um período de aproximadamente 20 dias. Fonte: a autora.



### 3.8 INSERÇÃO DAS AMOSTRAS E PERÍODO DE ENSAIO

Para dar início ao ensaio de apodrecimento acelerado propriamente dito, os corpos de prova das espécies em estudo foram inseridos, com o auxílio de uma pinça, nos frascos de vidro contendo a placa suporte com o fungo. Esse procedimento também foi realizado no interior da capela de fluxo laminar e foi disposto um corpo de prova por frasco.

Finalizado esse procedimento, os frascos retornaram a incubadora (Figura 7), a uma temperatura de  $25 (\pm 1)^\circ\text{C}$  e fotoperíodo de 12 horas, onde permaneceram por um período de 16 semanas, conforme a norma utilizada. Durante esse período os frascos foram aleatoriamente trocados de lugar, para que não houvesse nenhuma interferência do posicionamento no interior do equipamento.

Figura 7 - Frascos contendo as amostras de madeiras sob ataque do fungo *T. versicolor*, no interior da incubadora, a uma temperatura de  $25 (\pm 1) ^\circ\text{C}$  e fotoperíodo de 12 horas, onde permaneceram por um período de 16 semanas. Fonte: a autora.



### 3.9 FINALIZAÇÃO DO ENSAIO E REGISTRO DA MASSA FINAL

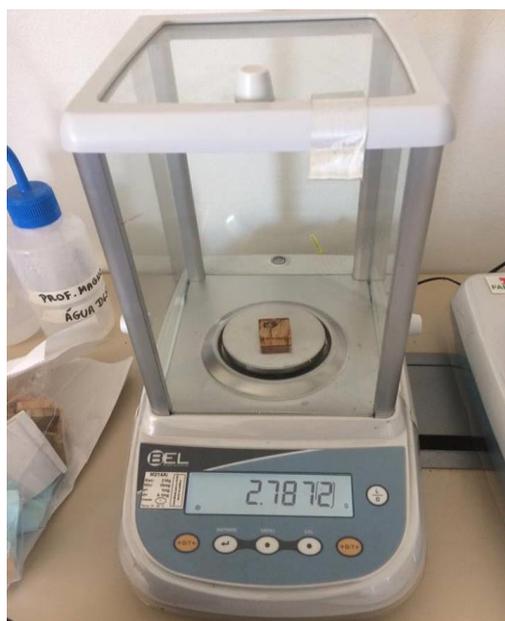
Decorrido as 16 semanas na incubadora, finalizou-se o período de colonização do fungo. Com o auxílio de uma pinça os corpos de prova foram retirados dos frascos (Figura 8) e os micélios aderidos a eles foram cuidadosamente removidos, utilizando uma escova.

Figura 8 - Retirada dos corpos de prova atacados pelo fungo *T. versicolor*, após o período de incubação, para posterior remoção dos micélios aderidos a ele. Fonte: a autora.



Da mesma maneira que houve a estabilização inicial dos corpos de prova para obter sua massa, repetiu-se o mesmo processo a fim de determinar a massa final, após o período de exposição ao fungo. Dessa forma, os corpos de prova foram novamente condicionados em estufa a  $60 \pm 1^\circ\text{C}$ , por aproximadamente 20 dias, até que atingissem massa constante, monitorada em balança analítica (Figura 9).

Figura 9 - Pesagem da massa dos corpos de prova após a deterioração da madeira atacada pelo fungo da podridão branca. Fonte: autora.



### 3.10 AVALIAÇÃO DA PERDA DE MASSA E CLASSIFICAÇÃO DA DURABILIDADE NATURAL DA MADEIRA

A perda de massa das madeiras, ocasionada pelo ataque do fungo apodrecedor, foi obtida a partir da equação 1, bem como a massa residual, pela equação 2.

$$PM = \frac{M_i - M_f}{M_i} \times 100 \quad (1)$$

$$MR = 100 - PM \quad (2)$$

Onde: PM = perda de massa, em %;  $M_i$  = massa da amostra antes do ataque do fungo, em g;  $M_f$  = massa da amostra após o ataque do fungo, em g; MR = massa residual, em %.

Em seguida, classificou-se a durabilidade natural da madeira a partir da tabela de classes de resistência (Tabela 1), determinada pela norma ASTM D 2017 (05).

Tabela 1 - Classificação da durabilidade natural de madeiras submetidas ao ensaio de apodrecimento acelerado, segundo a norma ASTM D 2017/05.

<b>Média Perda de massa (%)</b>	<b>Média Massa residual (%)</b>	<b>Classe de resistência</b>
0 a 10	100 a 90	Altamente resistente
11 a 24	89 a 76	Resistente
25 a 44	76 a 56	Resistência moderada
45 ou mais	55 ou menos	Não resistente

Fonte: ASTM (2005)

Por fim aplicou-se a Análise de Variância (ANOVA) para avaliar a existência de diferenças estatísticas de perda de massa entre as três espécies, com posterior comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, através do programa Sisvar.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após as 16 semanas de exposição das amostras de madeira ao fungo *T. versicolor* foram obtidos os valores de perda de massa e massa residual expressos na Tabela 2.

Tabela 2 - Perda de massa (PM) e massa residual (MR) das madeiras de *A. leiocarpa*, *A. lecointei* e *E. schomburgkii*, submetidas ao ataque do fungo apodrecedor *T. versicolor*.

	<i>Apuleia leiocarpa</i>		<i>Astronium lecointei</i>		<i>Enterolobium schomburgkii</i>	
	PM (%)	MR (%)	PM (%)	MR (%)	PM (%)	MR (%)
Mínimo	4,9	81,2	8,2	73,2	8,7	79,4
Máximo	18,8	95,1	26,8	91,8	20,6	91,3
Médio	10,6	89,4	15,5	84,5	17,5	82,5
CV %	36,8	4,4	32,2	5,9	18,5	3,9
CR	Resistente		Resistente		Resistente	

Em que: CV% = coeficiente de variação; CR= classe de resistência.

As três madeiras, *A. leiocarpa*, *A. lecointei* e *E. schomburgkii*, atacadas pelo fungo da podridão branca, apresentaram-se resistentes quanto à sua classe de durabilidade natural.

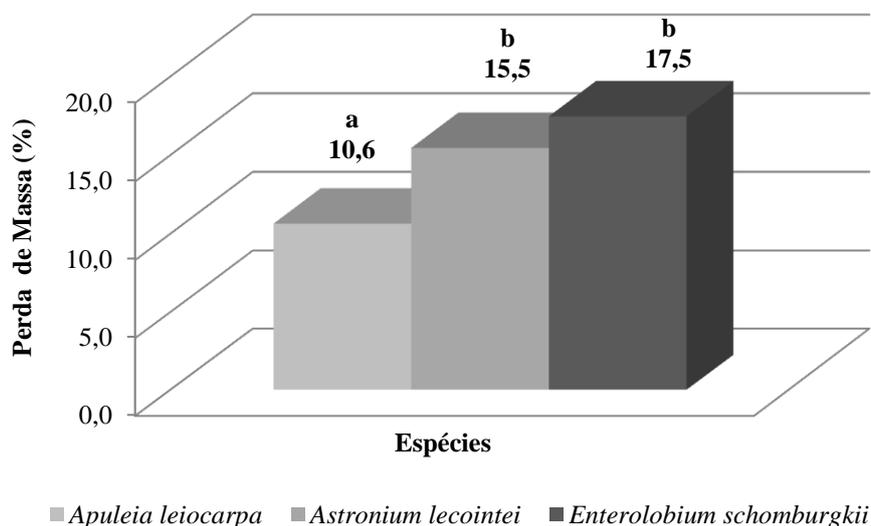
Fosco Mucci et al. (1992) classificou, em ensaio laboratorial, a madeira de *A. leiocarpa* como resistente aos fungos apodrecedores *T. versicolor*, *Gloeophyllum trabeum* e *Poria monticola*, condizente com o presente trabalho. Já Mainieri e Chimelo (1989), encontraram para Grápiá resistência moderada ao apodrecimento.

Estudos conduzidos pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos (1997) mostraram a espécie *A. lecointei* como muito durável. Araújo et. al. (2010) citam a Muiracatiara como uma das espécies amazônicas com alta durabilidade natural, capaz de resistir por muitos anos em boas condições de uso em ambientes adversos.

De acordo com o IPT (1989), a madeira de Faveira é resistente a fungos apodrecedores. Ela ainda demonstrou ser moderadamente resistente a organismos xilófagos em ensaios de campo na região amazônica.

Na Figura 10 podem ser observados os valores médios da perda de massa para as espécies estudadas, juntamente a análise estatística (teste de médias).

Figura 10 - Valores médios de perda de massa para as três espécies em estudo. Médias que possuem a mesma letra não diferem estatisticamente entre si, de acordo com teste Tukey a 5% de probabilidade.



A Faveira apresentou a maior média de perda de massa (17,5%), seguida da Muiracatiara (15,5%), que no teste de Tukey, a 5% de probabilidade, não diferiram significativamente entre si, e a menor perda se deu à Grápia (10,6%), diferindo estatisticamente das demais.

Segundo Pildain et al. (2005), esse fato pode ser explicado devido as diferentes características fisiológicas e necessidades nutricionais de cada fungo, os quais demonstraram preferência por determinadas espécies de madeira relacionada à diferença na composição química. Assim como Eaton e Hale (1993) relatam que a resistência natural da madeira está condicionada às vias de acesso para o fungo e à composição química das madeiras, sendo esta característica muito variável entre as espécies.

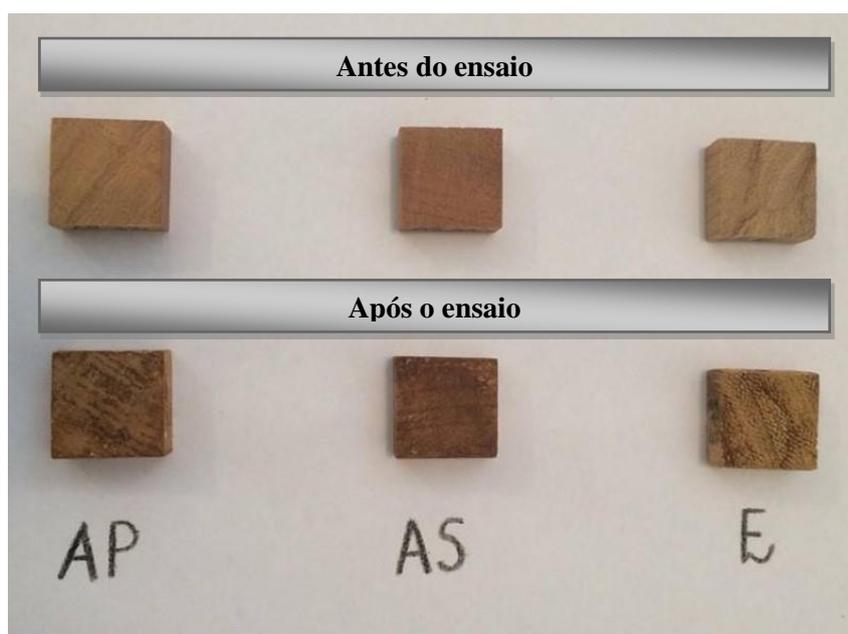
Monteiro (1997), encontrou uma perda de massa de 3,94% para Muiracatiara em ensaio de apodrecimento acelerado, sob ataque do fungo *Gloeophyllum trabeum*, perda inferior quando comparadas ao ataque de *Trametes versicolor*. Tal fato se explica pela preferência do fungo *Gloeophyllum trabeum* em atacar coníferas, sendo chamado de podridão parda, enquanto o fungo *Trametes versicolor* ataca preferencialmente madeira de folhosas, no qual se enquadram as espécies em estudo.

Nota-se que houve uma menor perda de massa na madeira de *A. leiocarpa*, a qual possui uma maior densidade, 0,83 g/cm<sup>3</sup> de acordo com o IPT (1989), em relação as espécies *A. lecointei* e *E. schomburgkii* com menor densidade, 0,81 e 0,79 g/cm<sup>3</sup>.

Segundo Marques et al. (2012) o emprego de uma madeira a uma determinada finalidade pode ser analisada através de sua densidade, uma vez que a sua variação influencia diretamente a durabilidade natural. Panshine De Zeeuw (1980) alega que a densidade, e conseqüentemente a porosidade, são fatores que agregam a durabilidade natural, em que madeiras menos densas e mais porosas oferecem menor resistência ao apodrecimento de fungos. Segundo Bowyer et al. (2003), madeiras mais densas tendem a apresentar teores de extrativos mais elevados e uma maior resistência a organismos xilófagos.

Notou-se ao final do ensaio um leve escurecimento na cor da madeira das três espécies após o ataque do fungo (Figura 11). Pode-se dizer que a madeira sofre alterações em sua cor, a medida em que ocorrem mudanças na temperatura, teor de umidade, reações químicas ou fotoquímicas dos elementos da estrutura anatômica e devido à deterioração provocada por organismos xilófagos (CAMARGOS; BARROS, 2000). A medida em que é deteriorada, devido a ação de fungos apodrecedores, os parâmetros colorimétricos da madeira são alterados (ALMEIDA et al. 2012).

Figura 11 – Comparação do aspecto dos corpos de prova antes e após o ensaio de apodrecimento acelerado em laboratório das madeiras de *Apuleia leiocarpa* (AP), *Astronium lecointei* (AS) e *Enterolobium shomburgkii* (E) com o fungo *Trametes versicolor*.



Considerando que a porcentagem de perda de massa tem sido o melhor indicador para perda de resistência mecânica, frente a sua classificação de durabilidade natural e de acordo com indicativos de usos do IPT (1989), as espécies podem ser utilizadas na construção civil em geral, tanto na parte interna, como vigas, caibros, tesouras, forros e assoalhos; bem como na parte externa, em que a madeira está suscetível ao ataque do fungo apodrecedor *T. versicolor*, como tábuas, ripas e dormentes. Além disso, recomenda-se o uso para lâminas decorativas, mobiliários de alta qualidade e implementos agrícolas.

## 5. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no presente estudo pode concluir-se que, de modo geral, a madeira de todas as espécies foram consideradas resistentes a ação do fungo causador da podridão branca, com destaque a *Apuleia leiocarpa*, que apresentou uma menor perda de massa.

As três espécies avaliadas podem ser utilizadas em condições que favoreçam o desenvolvimento do fungo *Trametes versicolor*, em função da resistência apresentada, porém sugerem-se usos mais nobres, já que as espécies são nativas e de crescimento lento, as quais devem ser valorizadas.

## **6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES**

O estudo da biodeterioração e da classificação da durabilidade da madeira se faz necessário não somente pela importância do próprio material, mas também pela exigência do mercado de construções civil, que demanda matéria prima de vida útil longa e garantida.

Sugere-se em trabalhos futuros a avaliação da composição química (teor de extrativos e compostos fundamentais), densidade da madeira das mesmas espécies e teste com outros fungos e cupins, a fim do melhor entendimento de outros aspectos envolvidos na resistência natural das mesmas.

## REFERÊNCIAS

- ALEXOPOULOS, C.J.; MIMS, C.W.; BLACKWELL, M. *Introductory Mycology*. 4 ed. New York : John Wiley & Sons. 1996. 865p.
- ALLEN, O.N.; ALLEN, E.K. 1981. *The leguminosae. A source book of characteristics, uses and nodulation*. Madison: The University of Wisconsin Press, 1981. 812 p.
- ALMEIDA, N.A.; MENDES, L.M; OKINO, E.Y.A. et al. Biodeterioração de produtos à base da madeira de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem. var. australis). v.18, p.17-26, 2012.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 9001:2008: Sistemas de gestão da qualidade: requisitos**. Rio de Janeiro, 2008. 28p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE FLORESTAS PLANTADAS. **Anuário estatístico da ABRAF 2014**. Brasília: ABRAF, 2013. 132p.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES DE PISOS DE MADEIRA - ANPM. *Análise Tecnológica e Econômica do Setor Brasileiro de Pisos de Madeira*. Piracicaba: ANPM, 2011. 69p.
- ARAÚJO, B.H.J.; MAGALHÃES, W. L. E.; OLIVEIRA, L. C. et. al. **Durabilidade de Estacas de Eucalypto (*Eucalyptus* sp.) Tratadas com CCA após 60 Meses de Ensaio no Campo Experimental da Embrapa Acre**. Rio Branco: EMPRAPA, 2010. 8p. (Comunicado Técnico, 176).
- ARCHIBALD, F.S.; ADDLEMAN, K. Kraft pulp bleaching and delignification by *Trametes versicolor*. **Journal of Biotechnology**, v. 53, p 215-236, 1997.
- ASHADUZZAMAN, M.; DAS, A.K.; KAYES, I. et al. Natural Decay Resistance of *Acacia auriculiformis* Cunn. ex. Benth and *Dalbergia sisso* Roxb. **Journal of Scientific and Industrial Research**, v. 46, p. 225- 230, 2011.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D2017: Standard method for accelerated laboratory test of natural decay resistance for woods**. West Conshohocken, 2005. 5p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **D 143 – 94: Standard methods of testing small clear specimens of timber**. Philadelphia, 2000. 31p.
- BLANCHETTE, R.A. A Review of Microbial Deterioration Found in Archaeological Wood from Different Environments. **International Biodeterioration and Biodegradation**. ed 46, pg. 189-204, 2000.

- BOWYER J. L. SHMULSKY, R.; HAYGREEN, J.G. Forest products and wood science: an introduction. 4 ed. EUA: Iowa State Press, 2003. p. 232-250.
- BRAZOLIN, S. Biodeterioração e preservação da madeira. In. OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro II**. Vitória: Aquarius, 2007. p. 343-365.
- CALIL, J. C.; LAHR, F. A. R.; DIAS, A. A. Dimensionamento de elementos estruturais de madeira. 1. ed. Barueri: Manole, 2003. 46p.
- CAMARGOS, J. A. A.; BARROS, M. G. Colorimetria e Desenho de Madeiras de Lyptus. Relatório Final: Aracruz Celulose. Brasília: Funtec - Fundação de Tecnologia Florestal e Geoprocessamento, 2000. p 509-517.
- CARBALLEIRA L. G. A.; MILANO, S. Avaliação da durabilidade natural da madeira e de produtos usados na sua proteção. In: LEPAGE, E.S. et al. Manual de preservação de madeiras. v.2, São Paulo: IPT – Divisão de Madeiras, 1986. p.473-521.
- CARVALHO, P.E.R. Espécies florestais brasileiras. Recomendações silviculturais, potencialidades e uso da Madeira. Colombo: EMBRAPA-CNPQ / Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 639 p.
- CASTELLANI, A. The “water cultivation” of pathogenic fungi. Institute of Tropical Medicine, Antwerpen, v. 44, p. 217-220, 1964.
- CAVALCANTE, M.S. Métodos de avaliação da resistência de madeira ao ataque de fungos xilófagos. **Preservação de Madeiras**, São Paulo, v. 2, n.1, p. 27-47. 1971.
- CELULOSA ARGENTINA. **Libro del árbol**. 3. ed, v. 2. Buenos Aires, 1975. 120p.
- COMITE EUROPEEN DE NORMALISATION. **EN 350-2**. Wood and wood based products - Natural durability of wood - Part 2: Natural durability and treatability of selected wood species of importance in Europe. Brussels, 1990. 43 p.
- COSTA, A. F.; VALE, A. T.; GONZALES, C. J. et al. Durabilidade de madeiras tratadas e não tratadas em campo de apodrecimento. *Floresta e Ambiente*, v. 12, n. 1, p. 7-14, 2005.
- COSTA, A.S. **Pré-tratamento biológico de cavacos industriais de eucalipto para produção de celulose Kraft**. 1993. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1993.
- CUI, T.; CHISTI, Y. Polysaccharopeptides of *Coriolus versicolor*: physiological activity, uses, and production. *Biotechnology Advances*, v. 21, n. 2, p. 109-122, 2003.

CURLING, S. et al. An experimental method to simulate incipient decay of wood by basidiomycete fungi. In: The International Research Group on Wood Preservation; Section 2, Test methodology and assessment 31, 2000, Kona, USA. **Proceeding Kona: IRG**, 2000. 13p.

EATON, R.A. , HALE, M.D.C. Wood: decay, pests and protection. London: Chapman & Hall, 1993. 546p.

ERIKSSON, K. E. L.; BLANCHETTE, R. A.; ANDER, P. et al. Microbial and enzymatic degradation of wood components. Berlin: Springer-Verlag, 1990. 87p.

ESPOSITO-AVELLA, M.; BROWN, P.; TEJEIRA, I. et al. Pharmacological screening of Panamanian medicinal plant. Part I. **International Journal of Crude Drug Research**, v.23, n.1, p.17-25, 1985.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS - FAO. Rome: Global Forest Resources Assessment. 2015. 56p.

FOOD AND AGRICULTURAL ORGANIZATION - FAO. Rome: Global Forest Resources Assesment. 2010. 378p.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS). Rome: Trends in wood products. 2005. 63p.

FOSCO MUCCI, E. S. C.; LOPEZ, G. A.; MONTAGNA, R. G. Durabilidade natural de madeiras em contato com o solo – IV. **Revista do Instituto Florestal**, v. 4, m. 2, p. 558-563, 1992.

GONÇALEZ, J.C.; GONÇALVEZ, D.M. Valorização de duas espécies de madeira Cedrelinga catenaeformis e Enterolobium schomburgkii para a indústria madeireira. **Brasil Florestal**, n.70, p.69-74, 2001.

GUGLIOTTA, A.M.; CAPELARI, M. Taxonomia de basidiomicetos. In: BONONI, V.L.R. (Org.). Zigomicetos, **Basidiomicetos e Deuteromicetos**: noções básicas de taxonomia e aplicações biotecnológicas. São Paulo: Instituto de Botânica, p.184, 1998.

HERINGER, E.P., FERREIRA, M.B. Árvores úteis da Região Geo-Econômica do Distrito Federal. **Cerrado**, v. 19, p. 20-24, 1973.

HYODO, F. et al. Role of the mutualistic fungus in lignin degradation in the fungus-growing termite *Macrotermes gilvus* (Isoptera; Macrotermitinae). **Soil Biology and Biochemistry**, v.32, p.653-658, 2000.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ. Relatório Ibá, São Paulo, 2017. 80p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS NATURAIS RENOVÁVEIS - IBAMA. Madeiras Tropicais Brasileiras. Brasília: IBAMA-LPF, 1997. 152p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS HÍDRICOS - IBAMA. **Faça Manejo Florestal:** veja os benefícios econômicos, sociais e ambientais. Folder do programa. Brasília: DIREF/IBAMA, 2005.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS DO ESTADO DE SÃO PAULO – IPT. Sistema de informações de madeiras brasileiras. São Paulo, 1989. Disponível em: < [http://www.ipt.br/consultas\\_online/informacoes\\_sobre\\_madeira](http://www.ipt.br/consultas_online/informacoes_sobre_madeira)> Acesso em: 10 out. 2017.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. Madeira: uso sustentável na construção civil. São Paulo: SindusCon-SP, 2003.99p.

JANKOWSKY, I. P. (Coord.) Madeiras Brasileiras. v. 1, Caxias do Sul: Spectrum, 1990, 172p.

JESUS, M.A., MORAES, J.W., CARDIAS, M.F.C, ABREU, R.L.S Durabilidade natural de 46 espécies de madeira Amazônica em contato com o solo em ambiente florestal. **Scientia florestalis**. v.54, p.81-92, 1998.

JUVENAL, T. L.; MATTOS, R. L. G. O Setor Florestal no Brasil e a Importância do Reflorestamento. **BNDES Setorial**, n. 16, p. 3-30, 2002.

LADEIRA, H. Quatro décadas de Engenharia Floresta no Brasil. Viçosa: Sociedade de Investigações Florestais, 2002. 207p.

LE COINTE, P. Amazônia brasileira III: Arquivo de plantas úteis (indígenas e aclimatadas). 2ª ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1947. 506p.

LEPAGE, E.S. Química da Madeira. In: LEPAGE, E.S. (Ed) Manual de Preservação de Madeiras. v. 1. São Paulo: IPT, p. 67-69, 1986.

LEWIN, M.; GOLDSTEIN, I. Wood structure and composition. New York: M. Dekker; 1991. 488 p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras:** Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. São Paulo: Plantarum.1992. 384p.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil, v. 1. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2002. 368p.

LOUREIRO, A. A., SILVA M. F., ALENCAR J. C. Essências madeireiras da Amazônia. v. 4. Manaus: MCT/INPA-CPPF, 2000. 191 p.

LOUREIRO, A.A., SILVA, M.F.; ALENCAR, J.C. Essências madeireiras da Amazônia. v.2. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia/Superintendência da Zona Franca de Manaus, 1979. 245p.

MACHUCA, A.; FERRAZ, A. Hydrolitic and oxidative enzymes produced by white- and brown-rot fungi during *Eucalyptus grandis* decay in solid medium. **Enzyme and Microbial Technology**, v.29, p.386-391, 2001.

MAINIERI, C.; CHIMELO, J.P. Fichas de Características Das Madeiras Brasileiras. 2 ed. São Paulo: Instituto de Pesquisa Tecnológicas, 1989.(Publicações IPT, 1791).

MARQUES, S. S. et al. Estudo comparativo da massa específica aparente e retratibilidade da madeira de pau-brasil (*Caesalpinia echinata* Lam.) nativa e de reflorestamento. **Revista Árvore**, v.36, n.2, p.373-380, 2012.

MARTÍNEZ, A. T.; et al, Biodegradation of lignocellulosics: microbial, chemical, and enzymatic aspects of the fungal attack of lignin. **Int. Microbiol.** v. 8, p. 195-204, 2005.

MATOS, M. Manejo Florestal Sustentável. Revista da Madeira, n. 116, 2008.

Disponível em:

<[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=1310&subject=Manejo&title=Manejo](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1310&subject=Manejo&title=Manejo)> Acesso em: 10 out. 2017.

MATTOS, N.F., GUARANHA, J. **Contribuição ao estudo da grápia (*Apadeia iuiocwpa*)**. Porto Alegre Instituto de Pesquisas de Recursos Naturais Renováveis, 1983. 25p. (Boletim Técnico. 12).

MENDES, A. S.; ALVES, M. V. S. A degradação da madeira e sua preservação. Brasília: IBDF/DPq-LPF, 1988. 57p.

MENDES, L. M.; ALBUQUERQUE, C. E. C.; IWAKIRI, S. A indústria brasileira de painéis de madeira. Revista da Madeira, n.71, 2003. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=331](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=331)>. Acesso em: 6 set. 2017.

MESQUITA, A.L. Revisão taxonômica do Gênero *Enterolobium* Mart. (Mimosoideae) para a região neotropical. 1990. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

MEYSAMI, P.; BAHERI, H. Pre-screening of fungi and bulking agents for contaminated soil bioremediation. **Advances in Environmental Research**, v.7, n.4, p.881-887, 2003.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Brasil com Florestas: Oportunidades para o desenvolvimento de uma economia florestal e a reestruturação necessária do setor. 2012. Disponível em:  
<[www.ipam.org.br/download/livro/florestasflorestalsetor/650](http://www.ipam.org.br/download/livro/florestasflorestalsetor/650)> Acesso em 22 set 2017.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Plano Nacional de Silvicultura com Espécies Nativas e Sistemas Agroflorestais – Pensaf. Brasília: MMA/MAPA/MDA/MCT, 2006. 38p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. Programa Nacional de Florestas – PNF. Brasília: MMA/SBF/DIFLOR, 2000.

MONTANA QUÍMICA S.A.. Agentes biodeterioradores. 2015. Disponível em:<  
<http://www.montana.com.br/Guia-da-Madeira/Tratamento/Agentes-Biodeterioradores>>  
Acesso em: 28 de set. 2017.

MONTEIRO, M.B.B. Método alternativo de ensaio acelerado para avaliação da resistência natural de madeiras ao ataque de fungos apodrecedores. 1997. 73 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

MORAIS, S. A. L.; NASCIMENTO, E. A.; MELO, D. C. Análise da Madeira de Pinus oocarpa Parte I – Estudo dos Constituintes Macromoleculares e Extrativos Voláteis. **Revista Árvore**, v. 29, n. 3, p. 461-470, 2005.

MORESCHI, J. C. Biodegradação da madeira. Curitiba: UFPR. 38p. 1980.

MUÑIZ, G.I.B. **Anatomia da madeira de espécies arbóreas da floresta estacional semidecidual de Misiones**, 1993. 152 p. Tese (Concurso de professor titular, matéria específica de anatomia e tecnologia da madeira) - Departamento de Engenharia e Tecnologia Rurais, Universidade Federal do Paraná.

OLIVEIRA, J. T.; TOMASELLHO, M., SILVA, J. C. Resistência natural de sete espécies de eucalipto ao apodrecimento. **Revista árvore**, v.29, n.9, p. 993-998, 2005.

OLIVEIRA, J.T.S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. 52p. (Tese de Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo; 1997.

PAES, J. B.; MELO, R. R.; LIMA, C. R. Resistência natural de sete madeiras a fungos e cupins xilófagos em condições de laboratório. **Cerne**, v. 13, p. 160-169, 2007.

PAES, J. B.; MORAIS, V. M.; LIMA, C. R. Resistência natural de nove espécies de madeiras do semi-árido brasileiro a fungos xilófagos em condições de laboratório. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.2, p. 275-282, 2004.

PALA, H. Constituição e mecanismos de degradação biológica de um material orgânico: a madeira. **Construção Magazine**. n. 20, p. 54-62, 2007.

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

PEREZ, P. I.; BACHA, C. J. C. Evolução da produção e dos consumos interno e externo de madeira serrada no Brasil. **Revista Agro analyses**, v. 26, n. 8, p. 21-23, 2006.

PILDAIN, M. B.; NOVAS, M. V.; CARMARÁN C. C. Evaluation of anamorphic state, wood decay and production of lignin-modifying enzymes for diatrypaceous fungi from Argentina. **Journal of Agricultural Technology**. v. 1, p. 81-96, 2005.

RAYNER, A.D.M.; BODDY, L. Fungal decomposition of wood: its biology and ecology. New York: John Wiley Interscience, 1988. 587p.

REITZ, R.; KLEIN, R. M.; REIS, A. Projeto madeira do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura e abastecimento, 1988. 525 p.

RIBEIRO, J. Avaliação Ambiental Econômica da Produção de Madeira de Espécie Nativa em Dois Municípios na Amazônia Brasileira. Dissertação de Mestrado Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

RIBEIRO, J. E. L. et al. **Flora da Reserva Ducke**: Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central. Manaus: INPA, 2002. 816 p.

RUPPELT, B.M., PEREIRA, E.F., GONÇALVES, L.C.P. Pharmacological screening of plants recommended by folk medicine as anti-snake venomi: I. Analgesic and anti-inflammatory activities. **Mem. Inst Oswaldo Cruz**, v.86 (suppl. 2, nº especial), p. 203-205, 1991.

SANTINI, E. J. Biodeterioração e preservação da madeira. Santa Maria: CEPEF/FATEC, 1988. 125 p.

SILVA, I.J. A Importância da disciplina patologia na ciência engenharia. São Paulo: Prova Didática. 1997. 32p.

SILVA, J. C. Anatomia da madeira e suas implicações tecnológicas. Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa. 2005. 140 p.

SILVA, C. A. **Análise da composição da madeira de *Caesalpinia echinata* Lam. (pau-brasil):** subsídios para o entendimento de sua estrutura e resistência a organismos xilófagos. 2007. 132f. Tese (Doutorado em Biologia Celular e Estrutural) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

SILVA, F. A. S. Programa computacional ASSISTAT - Assistência Estatística. Versão 7.5 beta. Campina Grande: UFCG, 2008.

SIQUEIRA, T. V. Desenvolvimento sustentável: Antecedentes históricos e propostas para a Agenda 21. **Revista do BNDES**, v. 8, n.15, p. 247-288, 2001.

STANGERLIN, D. M. Monitoramento de propriedades de madeiras da Amazônia submetidas ao ataque de fungos apodrecedores. 2012. 259 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

STANGERLIN, D. M.; COSTA, A. F.; GANÇALVEZ, J. C.; PASTORE, T. C. M.; GARLET, A. Monitoramento da Biodeterioração da Madeira de Três Espécies Amazônicas pela Técnica da Colorimetria. *Acta Amazonica*, v.43, n.4, p.429-438, 2013.

TANAKA, A.; VIEIRA, G. Autoecologia das espécies florestais em regime de plantio de enriquecimento em linha na floresta primária da Amazônia Central. **Acta Amazonica**. v. 36, n. 2, 2006. 12p.

TANAKA, H. YOSHIDA, G.; BABA, Y. et al. Hydroxyl radical generation by an extracellular low molecular weight substance and phenol oxidase activity during wood degradation by the White rot basidiomycete *Trametes versicolor*. **Journal of Biotechnology**. v. 128, n. 3, p. 57-70. 1999.

TREVISAN, H. Degradação natural de toras e sua influência nas propriedades físicas e mecânicas da madeira de cinco espécies florestais. 2006. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

VANCE, E.D.; CHAPIN III, F.S. Substrate limitations to microbial activity in taiga forest floors. **Soil Biology and Biochemistry**, v.33, p.173-188, 2001.

ZAFAR, S.I.; ABDULLAH, N.; LQBAL, M. et al. Influence of nutrient amendment on the biodegradation of wheat straw during solid state fermentation with *Trametes versicolor*. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v.42, n. 2, p.83-87, 1996.

ZENID, G. J. Espécies nativas com potencial madeireiro e Moveleiro. São Paulo: Divisão de produtos Florestais Instituto de Pesquisa Tecnológica do Estado de São Paulo – IPT, 2006.

ZENID, G. J. Madeiras e suas características. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro**. Jerônimo Monteiro: Suprema Gráfica e Editora, 2007. p. 125 -158.

ZIGLIO, A. C. Uso da capsaicina como preservante de madeiras ao ataque de fungos apodrecedor. 2010. 80p. (Dissertação Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Instituto de Física de São Carlos, Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo. São Carlos, São Paulo.