

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA**  
**SAÚDE**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOSSANIDADE**  
**E BIOTECNOLOGIA APLICADA**

**DISSERTAÇÃO**

**Resistência de Espécies Arbóreas Tropicais à Ação  
de Fungos**

**Thaís da Costa Paula**

**2020**



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOSSANIDADE E  
BIOTECNOLOGIA APLICADA**

**RESISTÊNCIA DE ESPÉCIES ARBÓREAS TROPICAIS À AÇÃO DE  
FUNGOS**

**THAÍIS DA COSTA PAULA**

*Sob a orientação do Professor Dr.*  
**Paulo Sergio Torres Brioso**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Fitossanidade e Biotecnologia Aplicada, Área de Concentração em Fitossanidade Aplicada.

Seropédica, RJ  
Junho de 2020

Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Biblioteca Central / Seção de Processamento Técnico

Ficha catalográfica elaborada  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

P324r Paula, Thaís da Costa, 1993-  
Resistência de espécies arbóreas tropicais à ação de  
fungos / Thaís da Costa Paula. - Barra do Pirai, 2020.  
73 f.: il.

Orientador: Paulo Sergio Torres Bioso.  
Dissertação (Mestrado). -- Universidade Federal Rural  
do Rio de Janeiro, Programa de Pós-Graduação em  
Fitossanidade e Biotecnologia Aplicada (PPGFBA), 2020.

1. biodeterioração da madeira. 2. fungos xilófagos.  
3. perda de massa. I. Bioso, Paulo Sergio Torres ,  
1956-, orient. II Universidade Federal Rural do Rio  
de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Fitossanidade  
e Biotecnologia Aplicada (PPGFBA) III. Título.

“O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001”. “This Study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil (CAPES)-Fincance Code 001”

É permitida a cópia parcial ou total desta Dissertação, desde que seja citada a fonte.

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOSSANIDADE E BIOTECNOLOGIA  
APLICADA**


**THAÍS DA COSTA PAULA**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, no Curso de Pós-Graduação em FITOSSANIDADE E BIOTECNOLOGIA APLICADA, área de Concentração em Fitopatologia Aplicada.


DISSERTAÇÃO APROVADA EM 02/06/2020



Paulo Sergio Torres Briosso (Dr.) - UFRRJ  
(Orientador)



Fábio Souto de Almeida (Dr.) – UFRRJ



Mônica Lau da Silva Marques (Dra.) IFGoiano – Campus Ceres

À Deus, meu mestre de infinita bondade, amor e misericórdia  
À minha mãe Ana Cláudia, meu pai Orlando, meus irmãos Jéssica e Matheus  
E aos meus avós Célia e Alonso

**Dedico.**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço imensamente a Deus pela vida, família, amigos, pela criação da natureza e dos microrganismos, seres tão pequeninos e ao mesmo tempo tão grandiosos e fascinantes, os quais o Senhor me permitiu desvendar e compreender melhor.

Agradeço ao meu orientador Paulo Brioso. Seu conhecimento e inteligência são admiráveis. Muito obrigada!

Agradeço a minha mãe Ana Cláudia, meu pai Orlando, meus irmãos Jéssica e Matheus, meu sobrinho Lucas, meus avós Célia e Alonso, e ao meu cunhado Rodrigo Santos. Vocês me inspiraram de diversas formas e em muitos momentos. Graças a vocês não me falta garra, determinação e amor por tudo que me disponho a fazer.

Agradeço ao professor Alexandre Monteiro e ao LPM por cederem as amostras de madeira utilizadas no ensaio, pela atenção e suporte.

Agradeço ao amigo Osmar Freitas por me acompanhar na seleção das peças de madeira, pelos direcionamentos e pela sua amizade. À Gabriela Mayrinck pela amizade, por ter um coração tão bom e irradiar esse amor pela pesquisa. Ao Guilherme do Val e Jéssica Costa por todo apoio e por estarem sempre por perto. Aos amigos Caio Frossard e à Dalila Araujo pela força e por terem se prontificado a me ajudar, mesmo de longe. Ao Luiz Alberto e Layzza Roberta pela ajuda com as análises do solo.

Agradeço ao professor Fábio Almeida pela paciência e pelos conhecimentos transmitidos.

Agradeço a toda equipe do LODF: Savana Rodrigues, Tuany Candida, Jocarstea Brinati, Nathalia Roque, Douglas Proque, Ana Cláudia Almeida, Jennifer Alves, Gabriel Bernabé, Lidiane Pedro, Eduarda Cardoso, Etiene, Diego Alves, Sr João, Iva e Silvana. Muito obrigada por me darem suporte técnico e emocional. Aprendi e aprendo muito com vocês. A alegria de vocês contribuiu para que os momentos difíceis fossem muito mais leves. E a todos que direta ou indiretamente permitiram que este trabalho pudesse ter sido concluído.

Agradeço à CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Deus está comigo, me protege, sustenta, conduz e direciona. Mesmo quando tudo parecia estar fora do lugar, Ele me deu forças para seguir. “Louvai ao Senhor porque ele é bom e eterna é a sua misericórdia” Salmo 136:1. A palavra de Deus diz: “ Tu verás o fruto do seu penoso trabalho e te alegrarás” Isaías 53:11. Hoje eu agradeço muito e digo: não desista e faça seu trabalho com amor!

## RESUMO

PAULA, Thaís da Costa. **Resistência de Espécies Arbóreas Tropicais à Ação de Fungos.** 2020. 60p. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade e Biotecnologia Aplicada). Instituto de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2020.

A resistência da madeira a fungos apodrecedores é uma característica desejável em madeiras comerciais e nas empregadas na arborização urbana. Isso porque a ação desses fungos pode ocasionar a perda das propriedades físicas, redução da resistência mecânica e da durabilidade da madeira. Contudo, ainda se tem pouco conhecimento a respeito da resistência de madeiras tropicais a fungos apodrecedores de madeira. Diante disso, este trabalho teve como objetivo avaliar a resistência natural da madeira de 28 espécies arbóreas tropicais submetidas à ação dos fungos *Daldinia childiae* e *Ganoderma philippii*, através da análise da perda de massa obtida em um ensaio *in vitro*. De acordo com os critérios de classificação de resistência a fungos estabelecidos pela ASTM D2017, a maioria das espécies foi considerada altamente resistente, exceto *Amburana cearensis* e *Pterocarpus rohrii* consideradas resistentes a *Ganoderma philippii*, *Aspidosperma pyricollum* resistente à *Daldinia childiae* e as espécies *Joannesia princeps* e *Basiloxylon brasiliensis* resistentes a ambos os fungos. A comparação dos valores de perda de massa obtidos entre todas as espécies de madeira após a ação dos fungos permitiu observar que as espécies *Aspidosperma pyricollum*, *Joannesia princeps*, *Basiloxylon brasiliensis*, *Amburana cearensis*, *Barnebydendron riedelii*, *Spondias venulosa*, *Pterocarpus rohrii*, *Copaifera langsdorffii*, *Zeyheria tuberculosa* apresentaram perda de massa estatisticamente superior às demais espécies quando submetidas à ação de *Daldinia childiae*. E quanto à ação de *Ganoderma philippii*, *Joannesia princeps*, *Basiloxylon brasiliensis*, *Amburana cearensis*, *Pterocarpus rohrii*, *Barnebydendron riedelii*, *Parkia pendula*, *Cariniana legalis*, *Copaifera langsdorffii*, *Terminalia mameluco*, *Spondias venulosa*, *Astronium concinnum* e *Zeyheria tuberculosa* tiveram perda de massa estatisticamente maior que as demais. Portanto, as espécies arbóreas tropicais testadas apresentaram diferentes níveis de resistência a *Daldinia childiae* e *Ganoderma philippii*. Além disso, algumas espécies arbóreas mais resistentes possuem extrativos que, possivelmente, inibem a ação desses fungos, podendo ser objeto de futuros estudos.

**Palavras-chave:** biodeterioração da madeira, fungos xilófagos, perda de massa.

## ABSTRACT

PAULA, Thaís da Costa. **Resistance of Tropical Timber to the Action of Fungi**. 2020. 60p. Dissertation (Master Degree in Plant Health and Applied Biotechnology). Institute of Biological and Health Sciences, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2020.

Wood resistance to xylophagous fungi is a desirable characteristic of commercial woods and the ones used in urban afforestation. This happens because the action of xylophagous fungi can lead to the loss of physical properties, reduction of mechanical resistance and durability of the wood. Nevertheless, very little is known about the resistance of tropical timber to fungi which make wood get rotten. In this context, the present work aims to evaluate the natural resistance of wood from 28 different species of tropical timber, subjected to the action of *Daldinia childiae* and *Ganoderma philippii*, through the analysis of loss in mass obtained with *in vitro* test method. The majority of species was considered highly resistant according to criteria by ASTM D207, except for *Amburana cearensis* and *Pterocarpus rohrii* considered resistant to *Ganoderma philippii*, *Aspidosperma pyricollum* resistant to *Daldinia childiae* and *Joannesia princeps* and *Basiloxylon brasiliensis* resistant to *Daldinia childiae* and *Ganoderma philippii*. *Aspidosperma pyricollum*, *Joannesia princeps*, *Basiloxylon brasiliensis*, *Amburana cearensis*, *Barnebydendron riedelii*, *Spondias venulosa*, *Pterocarpus rohrii*, *Copaifera langsdorffii* and *Zeyheria tuberculosa* presented loss of mass statistically superior to the other species, considering the action of *Daldinia childiae*. Regarding the action of *Ganoderma philippii*, *Joannesia princeps*, *Basiloxylon brasiliensis*, *Amburana cearensis*, *Pterocarpus rohrii* and *Barnebydendron riedelii*, *Parkia pendula*, *Cariniana legalis*, *Copaifera langsdorffii*, *Terminalia mameluco*, *Spondias venulosa*, *Astronium concinnum* e *Zeyheria tuberculosa* had loss of mass statistically higher than the other species tested. Therefore, the tropical timber species tested showed different levels of resistance to *Daldinia childiae* and *Ganoderma philippii*. Besides, some of the most resistant species have extractives which possibly inhibit the action of such fungi, showing they could be subjected to further studies.

**Keywords:** biodeterioration of timber, wood-destroying fungi, loss in mass



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** A: b, basídio; e, esterigma; ba, basidiósporos. B, Basidióforo; p, píleo ou chapéu; l, lâminas; a, anel; pé, pé ou haste; v, volva; r, rizomorfa. C, Corte de uma lâmina: c, cistídeo; b, basídio (SILVEIRA, 1995)..... 6
- Figura 2.** Representação diagramática de um basidioma (cogumelo). (Ilustração fornecida por J. McGowen, Universidade do Estado do Mississippi.) Fonte: Trigiano *et al.* (2010). ..... 6
- Figura 3.** Ciclo de degradação (de cima para baixo). Milhares de esporos são produzidos pelo corpo de frutificação do fungo e dispersos pelo vento ou por insetos. Quando em contato com madeira úmida e suscetível, os esporos germinam e a hifa fúngica infecta as células da madeira. Assim, ocorre a deterioração e novos corpos de frutificação podem ser formados (CLAUSEN, 2010)..... 8
- Figura 4.** 1 - Amostra 1 - Corpo de frutificação presente em tronco morto de um Salgueiro-chorão (*Salix babylonica* L.). 2 - Amostra 2 - Corpo de frutificação presente em tronco morto de espécie não identificada. 3- Amostra 3 – Corpo de frutificação presente em árvore viva de *Inga* sp. 4 - Amostra 4 - Corpos de frutificação presentes em árvore morta não identificada. 5- Amostra 5 - Corpo de frutificação presente em tronco morto de árvore não identificada. 6 - Amostra 6 - Corpo de frutificação presente em tronco de árvore morta não identificada. 7 - Amostra 7 - Corpo de frutificação coletado em tronco morto de espécie não identificada. 8- Amostra 8 - Corpo de frutificação coletado em troncos morto de espécie não identificada. 9 - Amostra 9 - Corpos de frutificação presentes em tronco morto de espécie não identificada. 10 - Amostra 10 - Corpo de frutificação presente em árvore viva de Pau-brasil (*Paubrasilia echinata* (Lam.) Gagnon, H.C. Lima & G.P. Lewis. 11- Amostra 11 - Corpo de frutificação coletado em *Inga* sp. vivo. Fotos: Próprio autor. .... 17
- Figura 5.** A - Frasco da amostra 10-F2-16 [*Parkia pendula* (Willd.) Benth] com crescimento do micélio do Fungo 2 (Bres. & henn. Ex Sacc.) Bres. e preparado para introdução da peça de madeira. B - Remoção do micélio fúngico da amostra 27-F2-11 de *Astronium graveolens* Jacq. por meio de uma escova. C - Amostra 31-F1-5 de *Joannesia princeps* Vell. após 16 semanas de exposição ao Fungo 1, apresentando perda de massa. Fotos: Próprio autor..... 24
- Figura 6:** Comparações pelo Teste de Dunn a 5 % de probabilidade entre os valores de perda de massa de todas as espécies de madeira submetidas ao ataque causado por *Daldinia childiae* J.D. Rogers & Y.M. Ju, in Rogers, JU, Watling & Whalley. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5 % de probabilidade. .... 27
- Figura 7:** Comparações pelo Teste de Dunn a 5 % de probabilidade entre os valores de perda de massa de todas as espécies de madeira submetidas ao ataque provocado por *Ganoderma philippii* (Bres. & Henn. Ex Sacc.) Bres.. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5 % de probabilidade..... 28
- Figura 8:** A - Amostra 7-F2-9, peça de *Paubrasilia echinata* (Lam.) Gagnon, H.C. Lima & G.P. Lewis após o ataque do *Ganoderma philippii* (Bres. & Henn. Ex Sacc.) Bres. com liberação de grande quantidade de extrativos após 16 semanas de exposição. B – Amostra 11-F2-2, peça de *Barnebydendron riedelii* (Tul.) J.H. Kirkbride coberta pelo micélio do *Ganoderma philippii* após 16 semanas de exposição fúngica. Fotos: Próprio autor..... 36
- Figura 9:** A - Amostra 25-F2-14, contendo peça de *Clarisia racemosa* Ruiz & Pav. no momento em que foi introduzida no frasco contendo o micélio do *Ganoderma philippii* (Bres. & henn. Ex Sacc.) Bres. B- Amostra 25-F2-14 contendo peça de *C. racemosa* após 16 semanas de exposição ao *Ganoderma philippii*, apresentando liberação de grande quantidade de extrativos. Fotos: Próprio autor. .... 37
- Figura 10:** Exemplos de algumas amostras que apresentaram visualmente a liberação de extrativos. A – Amostra 14-F2-10 (*Lecythis pisonis* Cambess.) após 16 semanas de exposição

ao fungo; B - Amostra 32-F2-10 (*Basiloxydon brasiliensis* (All.) K. Schum) após 16 semanas de exposição ao fungo; C - Amostra 27-F1-8 (*Astronium graveolens* Jacq.) após 16 semanas de exposição ao fungo; D - Amostra 32-F2-6 (*B. brasiliensis*) após 16 semanas de exposição ao fungo; E - Amostra 28-F2-3 (*Handroanthus serratifolius* (Vahl.) S. O. Grose) após 16 semanas de exposição ao fungo; F – 9-F1-12 (*Moldenhawera papillanthera* L.P. Queiroz, G. P. Lewis & R. Allkin); Amostra após 16 semanas de exposição ao fungo; G- Amostra 14-F2-12 (*L. pisonis*) após 16 semanas de exposição ao fungo; H – Amostra 14-F2-5 (*L. pisonis*) - após 16 semanas de exposição ao fungo; I - Amostra 9-F2-9 (*M. papillanthera*) após 16 semanas de exposição ao fungo. (Entende-se F1 *Daldinia childiae* J.D. Rogers & Y.M. Ju, in Rogers, JU, Watling & Whalley e F2 = *Ganoderma philippii* (Bres. & henn. Ex Sacc.) Bres.). Fotos: Próprio autor..... 37

**Figura 11:** A - Amostra 31-F2-4, peça de *Joannesia princeps* Vell. coberta pelo micélio do *Ganoderma philippii* (Bres. & henn. Ex Sacc.) Bres. após 16 semanas de exposição. B - Amostra 31-F2-4, peça de *Joannesia princeps* Vell. após a remoção do micélio do *Ganoderma philippii*, apresentando a perda de massa decorrente do ataque fúngico. Fotos: Próprio autor. .... 38

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Lista dos corpos de frutificação coletados, contendo a descrição do substrato no qual foram encontrados, as condições do substrato, local e data .....	16
<b>Tabela 2.</b> Lista contendo as espécies de madeira, nome vulgar, científico e família, utilizadas para avaliação da resistência ao ataque de fungos degradadores e seus respectivos códigos ..	18
<b>Tabela 3.</b> Informações sobre as espécies de madeira que foram submetidas neste trabalho à análise de resistência à degradação por fungos apodrecedores. Elaborada em função das informações contidas em Rolim & Pioto (2018) .....	19
<b>Tabela 4.</b> Classificação da resistência da madeira exposta a fungos apodrecedores, de acordo com a ASTM D2017 (2005).....	24
<b>Tabela 5:</b> Valores médios de perda de massa em porcentagem % das amostras submetidas ao ensaio de apodrecimento acelerado e suas respectivas classificações quanto à resistência a fungos de apodrecimento, segundo a ASTM D2017 (2005) .....	25
<b>Tabela 6:</b> Comparação entre valores de perda de massa em porcentagem % das amostras testemunhas e das amostras submetidas ao ataque de <i>Daldinia childiae</i> J.D. Rogers & Y.M. Ju, seus respectivos valores de mediana, média, erro padrão, valor p e U .....	30
<b>Tabela 7.</b> Comparação entre valores de perda de massa em porcentagem % das amostras testemunhas e das amostras submetidas ao ataque de <i>Ganoderma philippii</i> (Bres. & Henn. Ex Sacc.) Bres., seus respectivos valores de mediana, média, erro padrão, valor p e U .....	32
<b>Tabela 8:</b> Análise química do solo utilizado no ensaio .....	48

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVO.....	2
2.1 Objetivo Geral.....	2
2.2 Objetivos Específicos.....	2
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	2
3.1 A Madeira.....	2
3.2 Fungos.....	4
3.3 Fungos Xilófagos .....	6
3.3.1 Podridão Parda.....	9
3.3.2 Podridão Branca.....	9
3.3.2 Podridão Mole.....	10
3.4 Resistência da Madeira à Degradação por Fungos .....	10
4 MATERIAIS E MÉTODOS .....	16
4.1 Coleta dos Corpos de Frutificação .....	16
4.2 Caracterização Morfológica e Molecular .....	17
4.3 Obtenção e Corte das Peças de Madeira .....	18
4.4 Preparo e Inoculação dos Frascos de Cultura .....	23
4.5 Exposição dos Corpos de Prova aos Fungos e Manipulação Após a Exposição .....	24
4.6 Análise e Tabulação dos Dados .....	24
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	25
6 CONCLUSÕES.....	40
7 REFERÊNCIAS .....	41
9 ANEXO.....	48

## 1. INTRODUÇÃO

Os agentes biológicos deterioram a madeira, a fim de utilizar seus constituintes como fonte de energia e como forma de abrigo (OLIVEIRA, 2016). Dentre eles, os fungos são responsáveis pela maior proporção de danos causados à madeira, pois ocorrem com maior frequência neste tipo de material (MORESCHI, 2013; VIVIAN *et al.*, 2015).

Os fungos exercem importante papel na ciclagem de nutrientes e na dinâmica de carbono nas florestas (YATSKOV *et al.*, 2003; BRADFORD *et al.*, 2014; PASANEN *et al.*, 2018). Têm a riqueza de suas comunidades influenciada pela combinação da deterioração de madeira, umidade e variações de temperatura (POUSKA *et al.*, 2017).

Há relatos de fungos do gênero *Ganoderma* causando doenças em mais de 100 hospedeiros, apresentando sintomas de seca dos galhos e morte da planta. *Ganoderma boninense* Pat. leva a perdas severas, que atingem 50-80% das plantações de palmeiras na Malásia e Indonésia, pela degradação do sistema radicular e haste, com seca das folhas e tombamento da palmeira (IDRIS *et al.*, 2004). Fungos deste gênero são encontrados em associação à podridão da base e do tronco de diversas espécies arbóreas, nativas e exóticas, bem como àquelas utilizadas na arborização urbana (SILVA, 2014a).

Sendo a deterioração e a descoloração ocasionadas por fungos consideradas as principais fontes de desvalorização na produção de madeira. Podendo levar a perdas de 15 a 25 % do valor da madeira em pé e de 10 a 15 % no valor de produtos de madeira durante o armazenamento e a utilização (KELLEY, 2002; COSTA, 2011).

Um fator de grande influência na utilização de uma peça de madeira consiste na sua suscetibilidade a microrganismos xilófagos, principalmente fungos e insetos. Dessa forma, madeiras que possuam maior resistência natural, isto é, resistência sem proteção química a esses agentes biológicos, são preferenciais para utilização (MORAIS; COSTA, 2007).

Tendo em vista que o ataque da madeira pelos variados agentes biológicos pode ser atenuado através do uso de madeiras com essas características (OLIVEIRA *et al.*, 2005a). Logo, o conhecimento a respeito do ataque de microrganismos à madeira é a base para medidas de prevenção da degradação e para definir corretamente os usos a que deve se destinar (OKINO *et al.*, 2007; MELO *et al.*, 2010; MENDES *et al.*, 2013).

O uso de madeiras de elevada resistência natural é uma linha de ação economicamente (ALVES, 2006) e ecologicamente viável para minimizar o ataque desses agentes. O grau de resistência pode ser muito variável entre as madeiras, muitas apresentam elevada resistência ao ataque de insetos e de fungos apodrecedores, o que pode conferir à madeira alto grau de nobreza, ampliando seu espectro de utilização e seu valor de mercado (OLIVEIRA *et al.*, 2005b; COSTA, 2009; TORMIN, 2013).

Além disso, a escassez das madeiras nativas de alta durabilidade natural nas florestas de produção leva a um aumento do valor comercial no mercado consumidor (ARAÚJO *et al.* 2012; LAZAROTTO *et al.*, 2016) e a falta de dados a respeito das propriedades e possíveis usos comerciais e industriais é um dos fatores limitantes para a utilização de novas espécies florestais (ALVES *et al.*, 2006) e até mesmo das espécies já convencionalmente utilizadas. Logo, estudos sobre a durabilidade ou resistência natural da madeira são de grande importância tendo em vista a carência de estudos pertinentes à preservação de madeiras no Brasil (MODES *et al.*, 2012).

O conhecimento acerca da heterogeneidade das espécies florestais permite observar variações sobre a durabilidade natural entre espécies, a suscetibilidade a agentes biodeterioradores da madeira (que podem provocar danos e prejuízos por afetar suas condições de uso) e possibilita inferir sobre a utilização racional destas (CARVALHO *et al.*, 2015). Permite a prever o comportamento dessas espécies em condições favoráveis ao aparecimento de tais organismos e a necessidade do uso de compostos químicos (que podem ser prejudiciais

ao ambiente, ao ser humano e animais, e podem em muitos casos ser evitados). Além de possibilitar elevar a integridade da construção e segurança para as pessoas, evitar gastos desnecessários com a reposição de peças deterioradas e minimizar os impactos sobre as florestas remanescentes (PAES *et al.*, 2004; ALVES *et al.*, 2006; PAES *et al.*, 2007a; PAES *et al.*, 2007b; MODES *et al.*, 2012, SILVA *et al.*, 2014b, STALLBAUN *et al.*, 2016).

Alguns estudos têm indicado espécies florestais alternativas às tradicionalmente utilizadas, o que pode contribuir para a minimização dos problemas relacionados à exploração intensiva e seletiva em torno de determinadas espécies florestais (ALVES *et al.*, 2006). Podendo apresentar um excelente potencial de uso, além de ser fundamental, tendo em vista que nem todas as espécies de madeiras podem ser impregnadas com substâncias preservantes (LUCHTEMBERG, 2013). Tais como creosoto, pentaclorofenol, naftaleno de cobre, CCA (arseniato de cobre cromatado), CCB (borato de sobre cromatado), ACC (cromato de cobre ácido), ACA (arseniato de cobre amoniacal, ACZA (arseniato de cobre e zinco amoniacal), compostos de boro, aminas terciárias, sais de amônio quaternários, FCAP (à base de flúor, cromo, arsênio e fenóis) (BERTOLINI, 2011).

Portanto, fungos decompositores de madeira estão associados à podridão de espécies arbóreas, podendo trazer prejuízos e riscos à comercialização de produtos madeireiros e queda ou necessidade de remoção de árvores utilizadas na arborização de centros urbanos devido às alterações nas propriedades físicas, na redução da resistência mecânica e durabilidade da madeira. Diante disso, faz-se necessário estudos que visem obter informações a respeito da resistência natural de espécies arbóreas a fungos apodrecedores de madeira.

## **2. OBJETIVO**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar a resistência natural da madeira de 28 espécies arbóreas tropicais ao ataque de dois diferentes fungos apodrecedores da madeira *in vitro*.

### **2.2 Objetivos Específicos**

- Identificar fungos apodrecedores de madeira com base em características morfológicas e moleculares;
- Avaliar a resistência de 28 espécies de madeira ao ataque de dois fungos selecionados;
- Gerar conhecimentos acerca da resistência de algumas importantes espécies arbóreas tropicais, com potencial madeireiro, ao ataque de fungos degradadores, a fim de oferecer recomendações e otimizar a sua utilização em plantios comerciais, na arborização urbana e dar base a futuras pesquisas envolvendo essas espécies.

## **3. REVISÃO DE LITERATURA**

### **3.1 A Madeira**

A madeira é um material com propriedades que a fizeram cobiçada e com notoriedade no desenvolvimento da civilização, desde os primórdios da humanidade. Devido a sua elevada resistência mecânica, à facilidade de manuseio, à resistência química apreciável e por ser um bom isolante elétrico e térmico é considerada a maior ferramenta usada e desejada pelo homem. Além de suas variedades, ampla faixa de texturas e colorações, em maioria com aromas agradáveis (APRILE *et al.*, 1999).

A madeira é formada por tecidos vegetais, sendo constituída a partir de um conjunto heterogêneo de diferentes tipos celulares, com múltiplas funções, desde a condução de líquidos; transformação, armazenamento e transporte de substâncias nutritivas; até a sustentação da árvore, entre outras. Sua formação anatômica vai definir comportamentos específicos, ditados pelas propriedades físicas, mecânicas e de resistência natural (PINHEIRO, 2001).

Suas características químicas e estruturais são de grande importância, pois determinam suas propriedades mecânicas, trabalhabilidade, durabilidade e estética. Por ser um material muito heterogêneo, química e estruturalmente dependente de fatores como a espécie, as condições ambientais (solo e o clima), o estado de maturação e a localização no tronco (PALA, 2007).

A celulose, hemicelulose e lignina são os três componentes principais de todas as madeiras (HIGUCHI, 1997; PINHEIRO, 2001; MARTÍNEZ, 2005; WALKER, 2006; PALA, 2007; WIEMANN, 2010). Celulose e hemicelulose são polissacarídeos, ao passo que a lignina é um polímero oxigenado de unidades de fenilpropano. A madeira ainda pode apresentar extrativos e elementos inorgânicos como cálcio, magnésio e potássio (WALKER, 2006), componentes não estruturais, de baixo peso molecular (PALA, 2007) e em menor proporção, amido e açúcares. Por isso, está exposta e sujeita à ação de seres vivos que a utilizam como fonte de alimento ou como habitação (PINHEIRO, 2001).

Geralmente, a composição relativa destes componentes tem valores da ordem de 40 – 55% (celulose), 25 – 40% (hemiceluloses) e 18 – 33% (lignina). Enquanto a porcentagem de material não-estrutural é, em média, 3 – 4% (PALA, 2007). Fatores tais como: espécie, tratamentos silviculturais e, principalmente, a sua estrutura anatômica são as causas da variação entre componentes químicos da madeira (SANTOS, 2018). As variações nas características e proporções desses componentes e diferenças na estrutura celular vão definir se a madeira é pesada ou leve, rígida ou flexível e, dura ou macia (WIEMANN, 2010).

Admite-se, no geral, que as moléculas de celulose se agrupam em feixes altamente organizados, constituindo unidades estruturais sucessivamente maiores, que formam o esqueleto da parede celular, sendo o agrupamento em microfibrilas, normalmente, usado para descrever a organização estrutural da parede celular das fibras. Deste modo, a lignina e as hemiceluloses compõem o material que envolve esse esqueleto (PALA, 2007).

A lignina é um polímero fenilpropanóide aleatório de difícil degradação por ser estruturalmente complexa e heterogênea. Até 30% do material vegetal é composto de lignina, o que confere integridade estrutural e fornece proteção às plantas contra pragas e patógenos (ORTH *et al.*, 1993). Tal substância está ligada à resistência à biodegradação da madeira e de outros materiais lignificados. Geralmente, considera-se que um teor médio de lignina superior a 20% confere proteção eficaz contra a biodegradação (KIRK, 1983; PELAEZ *et al.*, 1995).

Os diferentes componentes encontrados nas hemiceluloses variam em teor e proporção, de acordo com a espécie de madeira, entre árvores de uma mesma espécie. E são dependentes das condições do solo e clima (NEGRÃO, 2011).

Cada tipo de célula marca a organização da estrutura anatômica de cada espécie e contribui de modos diferentes para as propriedades de resistência da madeira. E são as fibras, células de suporte, que conferem resistência e rigidez ao material (PALA, 2007). Os polímeros da parede celular, os extrativos na forma de terpenos e polifenóis condensados como quinonas,

lignananas, taninos e estilbenos são os principais fatores químicos que influenciam a durabilidade natural da madeira (ALMEIDA *et al.*, 2012).

A madeira é um material de natureza orgânica, deste modo, nenhuma espécie de madeira, até mesmo as de reconhecida durabilidade natural, são capazes de resistir indefinidamente às intempéries, variações das condições ambientais, ataque de microrganismos e à ação do próprio homem. Portanto, está sujeita à deterioração e decomposição (OLIVEIRA *et al.*, 2005a). A deterioração biológica em elementos de madeira, quando ocorre em larga extensão, afeta as propriedades físicas e mecânicas da madeira e reduz a sua durabilidade (PALA, 2007).

Em virtude da sua estrutura e constituição química, a madeira pode ser atacada por diversos agentes biológicos (ALVES *et al.*, 2006; RAMOS *et al.*, 2006), dependendo das condições ambientais a que esteja submetida (BARILLARI, 2002). Os organismos que atacam a madeira dividem-se em microrganismos: Fungos (apodrecedores, manchadores e emboloradores) e bactérias; os insetos [Hemiptera (escaravelhos e percevejos), Lepidóptera (borboletas e mariposas), Díptera (moscas e mosquitos), Hymenoptera (vespas, abelhas e formigas), Coleóptera (brocas e besouros) e Isoptera (atualmente Blattodea) (cupins) ] e perfuradores marinhos: moluscos e crustáceos (PINHEIRO, 2001). Além de submetida à ação de organismos, pode estar sujeita a reações químicas, trazendo custos de substituição de material e risco à segurança (VIVIAN *et al.*, 2014).

De modo geral, os agentes degradadores da madeira podem ser bióticos (insetos, fungos, bactérias, algas e xilófagos marinhos) ou abióticos (chuva, vento e radiação solar). Sendo os fatores bióticos mais efetivos na degradação (TREVISAN *et al.*, 2007; CLAUSEN, 2010).

Devido a algumas propriedades intrínsecas, como higroscopicidade, anisotropia e suscetibilidade ao ataque biológico, a madeira pode manifestar restrições de uso, dependendo da sua utilização final (MODES *et al.*, 2017). Os produtos à base de madeira, dependendo do local e modo de emprego, podem ser atacados por essa gama de agentes biológicos. Em razão da frequência de sua ação, os principais agentes biológicos de deterioração da madeira são os fungos, que se distinguem em emboloradores, manchadores e apodrecedores, basicamente (STANGERLIN *et al.*, 2013a).

Fungos manchadores e emboloradores, normalmente, afetam a força da madeira apenas ligeiramente; seu maior efeito é geralmente confinado a propriedades de resistência. Eles aumentam a capacidade de absorção da madeira, aumento da porosidade, o que torna a madeira mais molhável, que pode levar à colonização sequencial por fungos de decomposição da madeira (CLAUSEN, 2010). Dentre os organismos xilófagos, os fungos apodrecedores e os insetos das ordens Isoptera (atualmente Blattodea) e Coleoptera são os que ocorrem com maior frequência e podem trazer danos à resistência mecânica da madeira (PINHEIRO, 2001).

A atuação conjunta de agentes físicos, químicos e biológicos na madeira ou mesmo separadamente aceleram seu processo de deterioração. Em peças submetidas às funções estruturais, de difícil reposição, destacam-se os fungos apodrecedores (OLIVEIRA *et al.*, 2005a) que são considerados os maiores decompositores da madeira (RAMOS *et al.*, 2006).

### 3.2 Fungos

Os fungos têm um papel importante na história da humanidade há milhares de anos. São utilizados como fonte de alimento e na produção de produtos alimentícios. Tiveram papel em rituais religiosos, podem ser venenosos, alucinógenos e atuar como agentes de podridão, degradando compostos orgânicos complexos em compostos mais simples, tais como a madeira, para uso por outros organismos (TRIGIANO *et al.*, 2010).

Os fungos são heterotróficos, utilizam compostos orgânicos como fonte de energia, são heterotróficos. Sua fonte de alimento é obtida através da secreção de enzimas extracelulares



que digerem o substrato e disponibilizam nutrientes solúveis capazes de serem absorvidos pelas células fúngicas. Constituem-se de um corpo vegetativo (talo), composto por filamentos (hifas) que formam uma rede microscópica junto ao substrato (micélio), através da qual são absorvidos os nutrientes. Produzem esporos, em sua fase reprodutiva, que são dispersos através do ar, água ou de insetos (PALA, 2007).

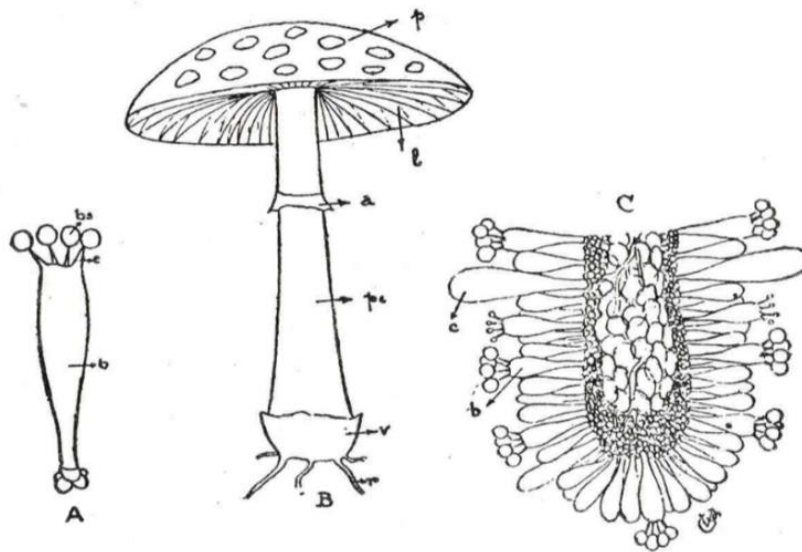
Organismos absorptivos, eucarióticos e heterotróficos, os fungos desenvolvem um filamento microscópico, difuso, ramificado e tubular designado de hifa (TRIGIANO *et al.*, 2010). A parede celular da hifa é formada fundamentalmente por quitina, lhe conferindo resistência; e estas ainda podem ser modificadas para produzir estruturas altamente especializadas, a fim de maximizar a interação com o substrato disponível (PALA, 2007). O agrupamento de hifas é conhecido como micélio, que pode ser visto a olho nu e corresponde ao corpo vegetativo (não reprodutivo) ou talo do fungo.

Estão dentro do Reino Fungi, principalmente os filos Chytridiomycota, Zygomycota, Ascomycota e Basidiomycota (TRIGIANO *et al.*, 2010). Fungos dos filos Ascomycota e Basidiomycota podem provocar doenças e perdas em espécies florestais. Sendo esse último o filo que detém os maiores degradadores de madeira (SILVA, 2014a). Os fungos popularmente conhecidos como cogumelos, orelha de pau ou urupê formam um grupo com mais de 2.200 espécies distribuídas por todo o mundo (FONSECA, 2016).

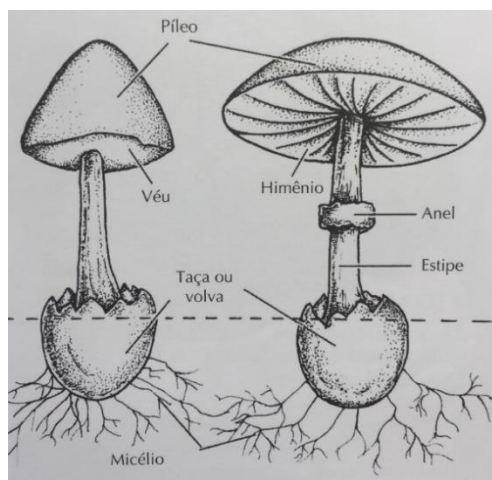
No filo *Basidiomycota*, tem-se a classe *Agaricomycetes* com 17 ordens: *Agaricales*, *Atheliales*, *Auriculariales*, *Boletales*, *Cantharellales*, *Corticiales*, *Geastrales*, *Gloeophyllales*, *Gomphales*, *Hymenochaetales*, *Hysterangiales*, *Phallales*, *Polyporales*, *Russulales*, *Sebacinales*, *Thelephorales*, *Trechisporales* (KIRK *et al.*, 2008). Pertencem ao filo *Basidiomycota* os fungos que frequentemente têm corpos de frutificação (estruturas reprodutoras) grandes e microscópios (PALA, 2007; TRIGIANO *et al.*, 2010). Possuem micélio septado, bem desenvolvido, com quitina nas suas paredes celulares, e que pode ser dicariótico. Basídio (ou bastão) é o nome dado a sua estrutura sexual, em que quatro basidiósporos haploides (o resultado da cariogamia e meiose) são produzidos nas hastes chamadas de esterigma. Basídios são produzidos em basidiocarpos. A reprodução dos basidiomicetos é assexuada por brotação e fragmentação (TRIGIANO *et al.*, 2010).

Devido à produção de cogumelos, que são os basidiocarpos, alguns basidiomicetos são mais conhecidos. Um basidiocarpo é constituído pelo píleo (chapéu), que contém lamelas e um estipe (haste). Pode possuir uma volva na base como um remanescente de um véu universal que anteriormente encobriu o desenvolvimento do cogumelo inteiro (botão). O anulo no anel em volta do estipe é um remanescente de um véu parcial ou interno que anteriormente encobria somente as lamelas ou poros por parte inferior do basidiocarpo. E os basídios ficam na superfície externa das lamelas (TRIGIANO *et al.*, 2010) (Figura 1 e Figura 2).

Os fungos do filo *Basidiomycota* possuem grande potencial biotecnológico por sua eficiência na conversão de grandes quantidades de resíduos lignocelulósicos da agricultura, silvicultura e indústrias de processamento de plantas em cogumelos e produtos para consumo humano e saúde (KÜES & LIU, 2000). Enquanto a classe *Agaricomycetes* compreende fungos, de maioria saprófitos, que possuem basídios, corpos frutíferos, de alguns centímetros até quase um metro, todos visíveis a olho nu. Através da morfologia do píleo, lamelas e poros é feita a sistemática (SILVEIRA, 1995).



**Figura 1.** A: b, basídio; e, esterigma; ba, basidiósporos. B, Basidióforo; p, píleo ou chapéu; l, lâminas; a, anel; pé, pé ou haste; v, volva; r, rizomorfa. C, Corte de uma lâmina: c, cistídeo; b, basídio (SILVEIRA, 1995).



**Figura 2.** Representação diagramática de um basidioma (cogumelo). (Ilustração fornecida por J. McGowen, Universidade do Estado do Mississippi.) Fonte: Trigiano *et al.* (2010).

### 3.3 Fungos Xilófagos

Os fungos xilófagos são os microrganismos mais eficientes e comuns na biodeterioração da madeira, pois atuam na sua degradação acentuada e consequente perda de resistência mecânica (LUCHTEMBERG, 2013). De acordo com os efeitos que produzem nas madeiras, os fungos podem ser classificados em fungos de ação cromogênica e fungos de ação destruidora. O primeiro grupo inclui os bolores e os fungos de azulamento, que se alimentam de reservas de componentes não-estruturais disponíveis nas células da madeira e afetam essencialmente o seu aspecto visual, sem impacto significativo sobre as suas propriedades mecânicas. O segundo grupo inclui os fungos da Podridão: Parda, Branca e Mole, que degradam constituintes estruturais da madeira, com consequente perda de resistência mecânica. As modificações

sofridas pela madeira dependem do microrganismo envolvido, podendo ser produzidos diferentes padrões de podridão (PALA, 2007).

Seu desenvolvimento depende da fonte de alimento, temperatura, disponibilidade de oxigênio e umidade (CLAUSEN, 2010; LUCHTEMBERG, 2013). Muitas reações metabólicas não ocorrem na ausência de água e a habilidade de colonização do substrato pelos fungos torna-se mais lenta (NEGRÃO, 2011). Diante disso, as condições ideais para o desenvolvimento dos fungos envolvem: teor de umidade, temperatura, pH adequado, oxigênio, ausência de substâncias tóxicas e outras. A ausência de quaisquer uma dessas condições é suficiente para inibir a proliferação dos fungos em situações em que já tenham se instalado (PINHEIRO, 2001).

Embora a degradação biológica seja um processo oxidativo, a concentração de oxigênio no meio raramente é um fator limitante. Os fungos têm alta tolerância a concentrações de oxigênio baixas e a sua taxa de crescimento só diminui em concentrações inferiores a 1-2%. As temperaturas consideradas ideais estão em um intervalo ótimo variável entre 20°C a 30°C (PALA, 2007).

Normalmente a deterioração é relativamente lenta a temperaturas abaixo de 10°C e acima de 35°C. E cessa essencialmente quando a temperatura cai para 2°C ou sobe para 38°C. E somente ocorre quando o teor de umidade da madeira está acima do ponto de saturação das fibras (média de 30%), condição que ocorre apenas quando a madeira previamente seca entra em contato com água sob a forma de chuva ou condensação ou está em contato com solo (CLAUSEN, 2010). Tendo o fungo se instalado na madeira, a conversão dos constituintes da madeira a moléculas mais simples (dióxido de carbono e água) também contribui para o aumento do teor de umidade no material (PALA, 2007)

As hifas dos fungos permeiam a madeira e dela se alimentam. Alguns vivem principalmente de celulose, outros usam também lignina. Alguns colonizam o cerne (causando podridão) e raramente o alburno das árvores vivas, enquanto outros se alimentam da madeira serrada, madeiras estruturais, postes e amarras (CLAUSEN, 2010). Como a celulose é a fonte primária de carbono para os fungos e é protegida pela lignina, existem enzimas degradantes da lignina (lignina peroxidases, manganase peroxidases e lacases) que são essenciais para a sobrevivência dos fungos (HATAKKA, 1994; PELAEZ *et al.*, 1995; MEYSAMI & BAHERI, 2003).

Os fungos apodrecedores, em condições favoráveis, atacam o cerne ou o alburno na maioria espécies de madeira, ocasionando uma condição conhecida como deterioração, podridão, pontilhado ou cochilo. Em decorrência podem aparecer manchas em forma de leque, fios ou estruturas semelhantes a raízes que são geralmente brancas ou marrons. E por vezes, podem crescer corpos frutíferos sob a forma de cogumelos, suportes ou crostas (CLAUSEN, 2010).

Em folhosas e coníferas o ataque dos fungos à madeira ocorre preferencialmente no alburno devido à maior presença de nutrientes (PINHEIRO, 2001). Em espécies nativas, normalmente, o cerne tem vários graus de resistência natural à deterioração, enquanto o alburno não tratado de todas as espécies possui baixa resistência à decomposição e em geral, em condições favoráveis à degradação, tem uma vida útil curta (CLAUSEN, 2010).

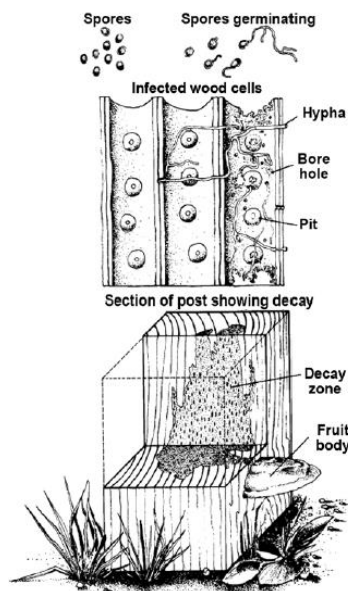
A resistência à deterioração das madeiras naturalmente duráveis pode ser atribuída à presença no cerne de extrativos (substâncias que podem ser removidas da madeira por extração com água ou outros solventes) como taninos e outras substâncias fenólicas complexas (ex. substâncias fenólicas, taninos, resinas, ceras, gorduras), que podem ser tóxicas para os microrganismos (FINDLAY, 1985; PALA, 2007), inibitórios do processo degradativo, exercer um efeito antioxidante e/ou reduzir a permeabilidade da madeira à água, ao ar ou às hifas (PALA, 2007).

De modo geral, a resistência natural à deterioração do cerne sofre variações pelas diferenças nas qualidades preservativas da madeira, como os extrativos, o tipo de fungo e as

condições de postura. E também são observadas diferenças consideráveis na vida útil provenientes de pedaços de madeira cortados da mesma espécie, mesma árvore e usada sob condições aparentemente semelhantes (CLAUSEN, 2010). Dentro de uma única espécie comercial de madeira podem ser observadas grandes variações de durabilidade. O que pode estar relacionado a uma proporção variável de alborno ou a diferentes resistências à deterioração inerentes da madeira. Podem ocorrer diferenças na durabilidade mesmo do cerne entre uma árvore e outra da mesma espécie. Tais diferenças, geralmente associadas a variações no conteúdo de extrativos, provavelmente são herdadas (FINDLAY, 1985). Sabe-se que o cerne da madeira é a parte mais durável, no entanto, pode apresentar variações entre espécies e entre árvores com diferentes idades (GOMES & FERREIRA, 2002).

A combinação de umidade e temperatura pode tornar o ambiente propício ao ataque de microrganismos, principalmente fungos apodrecedores. A oscilação frequente destes agentes pode levar a variações dimensionais, rachaduras, empenamentos, fendilhamentos, principalmente nas extremidades das peças, onde a absorção e a perda de umidade ocorrem com maior rapidez (PINHEIRO, 2001). Responsáveis pela destruição de uma grande variedade de produtos à base de madeira como postes, dormentes, cercas, etc., os fungos podem trazer grandes prejuízos econômicos (BARILLARI, 2002).

Isso porque, fungos apodrecedores são os principais responsáveis pela destruição de vários elementos estruturais produzidos à base de madeira em construções, pela necessidade de substituição de peças deterioradas ou pelo colapso estrutural. E também, esses microrganismos favorecem a propensão ao ataque de insetos, o que compromete a qualidade da madeira (STANGERLIN *et al.*, 2013a). Nos tecidos “totalmente lignificados”, aqueles cujos teores de lignina são superiores a 20%, os principais degradadores são os fungos filamentosos superiores, principalmente os basidiomicetos que causam a podridão da madeira (KIRK, 1983).



**Figura 3.** Ciclo de degradação (de cima para baixo). Milhares de esporos são produzidos pelo corpo de frutificação do fungo e dispersos pelo vento ou por insetos. Quando em contato com madeira úmida e suscetível, os esporos germinam e a hifa fúngica infecta as células da madeira. Assim, ocorre a deterioração e novos corpos de frutificação podem ser formados (CLAUSEN, 2010).

Os fungos do filo Basidiomycota possuem importantes enzimas extracelulares que degradam biopolímeros e os põem em vantagem seletiva nos ambientes. Utilizam matéria

orgânica morta, composta principalmente de polissacarídeos da parede celular e outros biopolímeros, incluindo polímeros da parede celular de origem vegetal (celulose, hemiceluloses, lignina, pectina), polissacarídeos da parede celular de fungos (quitina) e polissacarídeo de reserva de nutrientes (amido), além de proteínas. Por meio da decomposição de alguns biopolímeros, celulose, amido e hemiceluloses são fornecidos carbono e energia para o crescimento, enquanto outros - principalmente a lignina – são degradados somente para que outros substratos sejam acessados (BALDRIAN, 2008).

Por possuírem enzimas próprias para decomposição de alguns constituintes da madeira (OLIVEIRA *et al.*, 2005b; ALMEIDA *et al.*, 2012; VIVIAN *et al.*, 2015) os fungos são capazes de modificar a estrutura anatômica das células e conseqüentemente as características físicas, químicas e mecânicas da madeira, podendo provocar diferentes tipos de podridão, principalmente: Podridão Branca, Parda e Mole (BRAZOLIN *et al.*, 2010; TORMIN, 2013). Sendo a Podridão Branca e a Podridão Parda ocasionada, principalmente, por *Basidiomycota* e, a Podridão Mole (ocasionada, principalmente, por *Ascomycota*) (BLANCHETTE *et al.*, 2000).

### 3.3.1 Podridão Parda

A Podridão Parda consiste na ação enzimática do micélio dos fungos sobre as paredes celulares, levando à degradação da celulose e hemicelulose, tornando-as solúveis e facilmente assimiladas e digeridas. Dessa forma, a madeira sofre uma rápida perda da resistência mecânica, enquanto a lignina, de coloração escura, permanece praticamente intacta, concedendo uma coloração pardo-escura à madeira (MENDES & ALVES, 1988; PALA, 2007). Restando um resíduo marrom, amorfo e quebradiço de lignina modificada (KELLEY *et al.*, 2002).

Os fungos de Podridão Parda, que crescem principalmente em madeiras de coníferas, representam somente 7% dos basidiomicetos de podridão de madeira. São capazes de degradar polissacarídeos de madeira através de uma modificação da lignina, produzindo um material marrom, a lignina oxidada, fonte potencial de compostos aromáticos para a fração estável de matéria orgânica em solos florestais (MARTÍNEZ, 2005).

De modo geral, nesse tipo de podridão, as hifas dos fungos são encontradas nos lúmens celulares (KIRK, 1983) decompõem os polissacarídeos da parede celular e a madeira atacada passa a ter uma coloração residual pardacenta (OLIVEIRA *et al.*, 2005b; SILVA *et al.*, 2014b; VIVIAN *et al.*, 2015) e pode rachar através do grão, encolher, colapsar e ser esmagada em pó (CLAUSEN, 2010). A madeira torna-se limitada e farelenta, existindo um limite bem definido entre sua porção saudável e apodrecida. Trata-se de um tipo de podridão mais comumente observado em coníferas. Os fungos *Poria placenta* (Fr.) Cooke e *Phaeolus schweinitzii* (Fr.) Pat. são exemplos geralmente associados com a Podridão Marrom da madeira e da lenha (TRIGIANO *et al.*, 2010) e *Poria Weirii* Murr. *Polyporus schweinitzii* Fr., é um dos poucos fungos de Podridão Parda que causam doenças, neste caso uma podridão das coníferas (KIRK, 1983).

Provocam modificações que são iniciadas por um mecanismo não enzimático, que leva à erosão da microestrutura da madeira e conseqüente aumento da porosidade, o que permite a penetração das enzimas que promovem a degradação. Ocorrendo a despolimerização e a remoção da celulose, encolhimento, fendas nas direções longitudinal e perpendicular ao grão, que dão origem ao padrão cúbico característico desta podridão. Esse mecanismo não enzimático consiste na invasão das células da madeira pelas hifas, durante a fase inicial de colonização, que segregam agentes oxidantes capazes de atacar os componentes estruturais da madeira. Seus mecanismos garantem-lhes alguma tolerância a alguns agentes de preservação (PALA, 2007).

### 3.3.2 Podridão Branca

Os fungos da Podridão Branca atuam na superfície da parede celular formando fendas ou orifícios onde se firmam devido à ação restrita do seu sistema enzimático. Essas fendas se unem, levando à erosão da parede celular a partir do lúmen e decompondo, proporcionalmente, celulose, hemicelulose e lignina. Além de sofrer uma progressiva perda de peso e das propriedades mecânicas, a madeira adquire uma coloração esbranquiçada, pela maior quantidade de holocelulose (celulose + hemicelulose) na madeira (MENDES & ALVES, 1988) e ataque aos polissacarídeos e lignina (OTJEN & BLANCHETTE, 1986; KELLEY *et al.*, 2002; MARTÍNEZ, 2005; OLIVEIRA *et al.*, 2005b; SILVA *et al.*, 2014b; VIVIAN *et al.*, 2015). E ainda podem degradar a madeira em diferentes velocidades e quantidades, conforme a espécie da madeira, idade e composição química (NEGRÃO, 2011).

Devido à perda de lignina (cor marrom), o tecido se torna esponjoso, fibroso ou estriado, uma vez que a lignina fortalece a madeira. *Oxyporus polulinus* (Schumach.) Donk. é um exemplo de fungo de Podridão Branca, que provoca podridão do tronco. *Trametes versicolor* (L.) Lloyd, por exemplo, ataca árvores como *Liquidambar styraciflua* L. (TRIGIANO *et al.*, 2010). *Armillaria melle* (Vahl) Quel., *Rigidoporus lignosus* (Klotzch.) Imaz. [= *Fomes lignosus* (Klotzch.) Bref.], *Heterobasidium annosum* (Fr.) Bref. são exemplos de fungos de Podridão Branca (KIRK, 1983). Os fungos de Podridão Branca geralmente ocorrem em folhosas e além da madeira parecer "mais branca" do que o normal, não racha através do grão, e até madeira severamente degradada, mantém suas dimensões externas, não encolhem ou colapsam, e frequentemente parece esponjosa (CLAUSEN, 2010).

Fungos da ordem *Aphyllphorales* são os principais microrganismos capazes de remover a lignina de materiais altamente lignificados, processo fundamental para a reciclagem de carbono nos ecossistemas florestais. Vários *Aphyllphorales*, os chamados fungos de Podridão Branca, são conhecidos como degradadores de lignina na natureza (PELAEZ *et al.*, 1995).

### 3.3.2 Podridão Mole

Pertencentes ao Filo Ascomycota, os fungos de Podridão Mole penetram na parede secundária da célula (KIRK, 1983; MENDES & ALVES, 1988) perfurando longas cadeias helicoidais que correm paralelamente às cadeias de celulose. Quando internos à parede celular, atravessam a lamela média e adentram na parede da célula vizinha, assim sucessivamente. A superfície da madeira apresenta trincas transversais, como que carbonizada. Se comparada às outras podridões, tem degradação de ação lenta (MENDES & ALVES, 1988).

Geralmente atacam madeira permanentemente exposta à umidade. Apesar de, nestas condições, poderem causar acentuada perda de resistência, nos casos de menor umidificação são rapidamente substituídos por fungos da Podridão Branca ou Parda. E de modo geral são menos sensíveis aos agentes de preservação do que estes (PALA, 2007).

Alguns *ascomycotas* e seus anamorfos podem colonizar a madeira em contato com o solo, o que provoca uma queda das propriedades mecânicas e produz Podridão Mole. Podem degradar a madeira em condições extremamente adversas (pouco ou excesso de água), condição que evita ou inibe a atividade de outros fungos. Entretanto alguns *basidiomycotas*, em situações especiais, podem produzir Podridão Mole (NEGRÃO, 2011).

## 3.4 Resistência da Madeira à Degradação por Fungos

As diferentes espécies de árvores produzem madeiras quimicamente e estruturalmente distintas, mas apesar disso, todas são suscetíveis a processos de biodegradação. Com o crescimento de fungos na parte interna da madeira há mudanças nos componentes da parede celular e conseqüentemente suas propriedades de resistência são alteradas. Isso porque,

desenvolvem internamente à madeira seus próprios mecanismos de degradação, que dependem da sua capacidade de degradação individual, do tipo de podridão que produzem, mas também, fundamentalmente das características anatômicas e da composição química da madeira (ENCINAS & MORA, 2003).

Inicialmente a deterioração afeta a resistência ou a capacidade da madeira de suportar impactos. O que, em geral, é seguido por reduções em valores de resistência relacionados à flexão estática (CLAUSEN, 2010). Para avaliar a utilização de qualquer espécie é importante ter informações sobre a resistência a fungos, insetos e decomposição, além de conhecer as propriedades anatômicas, físicas e mecânicas. A vida útil pode ser baseada em classes de durabilidade natural, que são identificadas de maneira diferente para usos dentro ou fora do solo de madeiras de coníferas e folhosas (ASHADUZZAMAN *et al.*, 2011).

A durabilidade natural da madeira é a capacidade que ela tem de resistir à ação dos agentes deterioradores, biológicos e físico-químicos (GOMES & FERREIRA, 2002; PAES, 2002), podendo apresentar alta, média ou baixa resistência à ação desses agentes (GOMES & FERREIRA, 2002). Espécies madeireiras consideradas com elevada resistência natural são aquelas capazes de resistir à ação de agentes biológicos, físicos e químicos sem nenhum tratamento preservativo (STALLBAUN *et al.*, 2016).

A utilização de espécies de plantações florestais, que possam ser submetidas a um tratamento preservativo surgiu como uma alternativa em detrimento do uso de espécies de florestas tropicais, que comumente possuem alta durabilidade natural (VIVIAN *et al.*, 2014). A fim de evitar a deterioração das madeiras é feito um tratamento com substâncias químicas que inibem o desenvolvimento dos organismos xilófagos (GOMES *et al.*, 2005). Madeiras cujo uso as submete ao contato com o solo, necessitam pertencer a espécies de alta durabilidade natural ou de baixa durabilidade submetidas a tratamento preservante (BARILLARI, 2002).

Madeiras cujo cerne é altamente durável não são muito frequentes. O que leva à utilização de madeiras de baixa à média durabilidade para uso em contato com o solo, desde que adequadamente preservadas quimicamente ou com produtos alternativos como breu, óleo queimado, subprodutos obtidos de algumas espécies como óleo de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.), dentre outros (GOMES *et al.*, 2005).

Como já mencionado, as espécies de madeira naturalmente resistentes possuem extrativos específicos presentes no cerne que são os principais responsáveis pela resistência a organismos xilófagos e à deterioração (GOMES *et al.*, 2005; LUCHTEMBERG, 2013). E a quantidade e qualidade dos extrativos na madeira têm grande variação de acordo com a espécie. Entre indivíduos de uma mesma espécie a variação nos teores dessas substâncias são evidentes, podendo ser observadas do cerne mais interno para o recém-formado, sendo mais efetivo neste último. Os solventes que solubilizam os extrativos de caráter fungicida e inseticida nas madeiras de elevada durabilidade natural possuem ampla variação e são dependentes das espécies (OLIVEIRA *et al.*, 2005b; SILVA *et al.*, 2014b).

Em locais onde fungos de decaimento são capazes de degradar madeira seca, em que precauções estruturais são insuficientes, torna-se essencial selecionar espécies de madeira de boa resistência natural a estes fungos. Caso não possa ser obtida, é necessário adotar processos de preservação, que não podem ser aplicados universalmente. Mas apenas para as madeiras suficientemente permeáveis que permitam a penetração necessária e retenção de conservante (RICHARDSON, 2002).

A utilização de madeira naturalmente durável consiste no método mais simples para evitar a deterioração (RICHARDSON, 2002). Para avaliá-la são utilizados ensaios em condições de laboratório e de campo, os quais têm considerável aceitação no mercado madeireiro por trazer informações acerca das diferentes classes de resistência da madeira e cuidados referentes à aplicabilidade em ambiente interno e externo (JESUS & ABREU, 2002).

A maioria dos estudos de resistência natural da madeira ao ataque de fungos apodrecedores em laboratório mantém o foco apenas nos estágios finais de deterioração. Entretanto, conhecer o comportamento das propriedades biológicas nos estágios iniciais e intermediários de deterioração é de extrema relevância para um controle mais efetivo sobre os possíveis danos causados pelos fungos apodrecedores (STANGERLIN *et al.*, 2013a).

Os testes de durabilidade natural das madeiras têm sido realizados em laboratórios ou em contato com o solo (campos de apodrecimento). No entanto, pela grande variação no clima entre os países e até mesmo dentro de um país, as condições particulares de intempéries acabam influenciando fortemente a durabilidade da madeira. Logo, as técnicas laboratoriais para realização de testes como este seguem normas que impedem tantas variações, produzindo dados e informações tecnológicas comparáveis com as de qualquer lugar do mundo (LUCHTEMBERG, 2013).

Há uma carência de estudos que envolvam a adequação do tempo necessário para a realização de ensaios de apodrecimento acelerado. Esse tipo de ensaio é realizado comumente seguindo os padrões da *American Society for Testing and Materials* - ASTM D2017 (2005), que foi desenvolvida para madeiras de clima temperado. Portanto, é de extrema relevância compreender o comportamento de madeiras brasileiras ao longo do período de ataque de fungos apodrecedores em laboratório buscando o estabelecimento de padronizações (STANGERLIN *et al.*, 2013a).

A massa específica é uma das propriedades da madeira afetadas por xilófagos, que tende a diminuir conforme ocorre a progressão da ação desses microrganismos (MORAIS & COSTA, 2007). E a massa específica aparente da madeira consiste numa das características que melhor expressa sua qualidade, seja para seu uso ou para sua transformação industrial. É variável entre as espécies, entre os indivíduos de uma mesma espécie e ao longo do mesmo fuste (CALONEGO, 2009). A resistência natural da madeira a um determinado tipo de fungo é caracterizada, frequentemente, para o conhecimento do comportamento da madeira em ensaios de apodrecimento acelerado em laboratório através da perda de massa. Porém, em alguns casos, não apresenta a mesma proporção de alteração que as demais propriedades da madeira (químicas, psico-físicas, físicas e mecânicas), sendo desse modo, de pouca utilidade quando avaliada isoladamente (STANGERLIN *et al.*, 2012).

O conhecimento do potencial intrínseco de cada espécie florestal, assim como a dinâmica dos organismos xilófagos em determinado ambiente, pode evitar o desperdício provocado por colapso em estruturas construídas com madeira inadequada (TREVISAN *et al.*, 2008). Estudos que busquem determinar a resistência natural da madeira de espécies pouco conhecidas são justificáveis, tendo em vista a importância da correta utilização da espécie, novos usos, diminuição de prejuízos econômicos, redução de impactos sobre as espécies com risco de extinção (STALLBAUN *et al.*, 2016).

Madeiras com durabilidade natural e preservada têm grande relevância para a economia nacional, no aproveitamento para cercas, tutores de pimenta-do-reino, maracujazeiro, pontes, embarcações, ancoradouros e outras construções que estão frequentemente em contato com o solo ou em água infestada por organismos xilófagos marinhos (GOMES *et al.*, 2005), além de usos para movelaria e construção civil. Por exemplo, no Amazonas, os tratamentos de preservação empregados pelas indústrias madeireiras são, em sua maioria, ineficientes por conta da carência de informações sobre microrganismos que colonizam a madeira e o uso de proteção química (HANADA *et al.*, 2003). Dessa forma, soluções ecologicamente corretas para a deterioração têm sido cada vez mais procuradas, como madeira naturalmente durável (WALKER, 2006).



Muitas espécies, particularmente as provenientes de áreas de reflorestamento, produzem madeira suscetível à demanda biológica, como árvores vivas, cortadas (toras), desdobradas (serradas) ou em serviço. Portanto, para garantir uma durabilidade significativa devem ser adotadas medidas desde a fase de desdobro até as disposições construtivas adequadas, passando pelos processos de secagem, preservação, classificação, condições de armazenamento e processamento (PINHEIRO, 2001).

Um estudo da resistência natural à deterioração do cerne e alborno de espécies de madeira do sudeste do Brasil submetidas a *Polyporus versicolor* L. ex Fr. [sinônimo de *Trametes versicolor* (L.; Fr.) Pilát.] (causador de Podridão Branca) e *Poria monticola* Murr. (causador de Podridão Parda) mostrou que *Eucalyptus* [*Eucalyptus citriodora* Hook, sinônimo de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson] e Angico [*Anadenanthera peregrina* (L.) Speg.] foram considerados altamente resistentes. Jacarandá-do-campo (*Platypodium elegans* Vog.) moderadamente resistente e Jacaré [*Piptadenia gonoacantha* (Mart.) Macbr.] moderadamente resistente a não-resistente. Houve diminuição substancial da resistência do cerne externo para o interior, levemente da base ao topo do tronco comercial das árvores. A resistência à deterioração do cerne aumentou diretamente com o diâmetro das árvores de *Eucalyptus* e Jacarandá-do-campo. As árvores mais resistentes à decomposição continham mais extrativos do que as menos resistentes, das quatro espécies de madeira. E assim como a resistência à deterioração, a quantidade de extrativos do cerne foi maior na base do que no topo das árvores. E foi observado que quanto maior o teor de nitrogênio, maior a suscetibilidade à decomposição pelos dois fungos testados (REIS, 1973).

A madeira de *Corymbia maculata* (Hook.) K.D. Hill teve sua resistência natural a fungos e a cupins xilófagos do gênero *Nasutitermes* avaliada em condições de laboratório, em quatro posições na direção medula-casca. As amostras foram submetidas à ação dos fungos *Postia placenta* (Fr.) M.J. Larsen & Lombard, *Neolentinus lepideus* (Fr.) Redhead & Ginnse *Polyporus fumosus* Pers. Ex Fries. por 12 semanas. A resistência da madeira foi dependente da posição na direção medula-casca e dos fungos utilizados. A madeira de *C. maculata* foi altamente resistente (posições internas) e resistente (posições externas) e a posição mais externa foi considerada moderadamente resistente apenas para *Neolentinus lepideus* (PAES, 2002).

Fez-se uma avaliação da resistência natural de algaroba (*Prosopis juliflora* D.C.), angico [*Anadenantheramacrocarpa* (Benth.) Brenan], aroeira (*Myracrodruonur undeuva* Allemão), braúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl.), cássia [*Senna siamea* (Lam.) H.S. Irwin & Barneby], craibeira [*Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook.f. ex S. Moore], cumaru [*Amburana cearensis* (Allemão) A.C. Sm.], ipê [*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standl.] e o pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Mart.) em quatro posições na direção medula-casca, em condições de laboratório, aos fungos *Postia placenta* e *Neolentinus lepideus*. A resistência natural foi afetada pela posição na direção medula-casca, exceto para algaroba e angico no caso de *Postia placenta*, a craibeira no caso de *Neolentinus lepideus* e, a cássia para os dois fungos. E não teve relação com a densidade das madeiras. Ipê e cerne de aroeira e braúna foram mais resistentes a estes fungos e as diferenças entre a resistência natural não estavam associadas à concentração de extrativos solúveis em água quente, com exceção da aroeira e braúna (PAES *et al.*, 2004).

A resistência natural da madeira de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson, *Eucalyptus tereticornis* Smith., *Eucalyptus paniculata* Smith., *Eucalyptus pilularis* Smith., *Eucalyptus cloeziana* F. Muell., *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake e *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden com 16 anos de idade foi avaliada em ensaio acelerado de laboratório sob a ação do fungo *Gloeophyllum trabeum* (Pers.; Fr.) Murrill (causador de Podridão Parda). Com base na classificação da ASTM D-2017-81 todas as espécies testadas foram consideradas resistentes para *Gloeophyllum trabeum*, sendo a madeira de *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus pilularis* e *Eucalyptus grandis* as mais resistentes, enquanto *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus cloeziana* consideradas as menos resistentes (OLIVEIRA *et al.*, 2005a).

As espécies algaroba (*Prosopis juliflora* D.C.), angico [*Anadenanthera colubrina* (Benth.) Breman. var. *cebil* (Gris.) Alts.], aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.), braúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl.), cássia (*Senna siamea* L.), craibeira [*Tabebuia aurea* (Mart.) Bureau], cumaru [*Amburana cearensis* (Arr. Cam.) A. C. Smith], pau-d'arco [*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standl.] e pereiro (*Aspidosperma pyriforme* Mart.) tiveram sua madeira avaliada quanto à resistência natural a fungos de podridão-mole, em condições de laboratório, em quatro posições do tronco na direção medula-casca. As amostras permaneceram por 120 dias sob a ação da microflora natural existente em solo orgânico. A resistência ao apodrecimento da aroeira, braúna e cássia não foi afetada pela posição na direção medula-casca e não apresentou relação com a densidade das madeiras ensaiadas. As madeiras de aroeira e braúna (cerne), pereiro e pau-d'arco apresentaram melhor desempenho. A resistência natural não esteve associada à concentração de extrativos solúveis em água quente (PAES *et al.*, 2005).

A avaliação da resistência natural das madeiras de *Aspidosperma desmanthum* Benth. Ex Mull. Arg. (Araracanga), *Parinari excelsa* (Sabine) Steud. (Parinari), *Mouriricallo carpa* Ducke (Miraúba), *Marmaro xylostracemosum* (Ducke) Killipex Record (Angelim-rajado), *Peltogyne paniculata* Benth. (Roxinho) e *Astronium* sp. (Muiracatiara) aos fungos *Pycnoporus sanguineus* (L.: Fr.) Murrill (causador de Podridão Branca) e *Gloeophyllum trabeum* (causador de Podridão Parda), em ensaios de laboratório segundo a ASTM D2017/81 mostrou que todas as espécies foram consideradas muito resistentes aos fungos testados, com exceção de *Aspidosperma desmanthum* considerada resistente a *Gloeophyllum trabeum*. *Peltogyne paniculata* mostrou-se a mais resistente ao fungo *Pycnoporus sanguineus* e *Parinari excelsa* a espécie de menor resistência. Quanto à *Gloeophyllum trabeum*, *Astronium* sp. mostrou-se como a mais resistente e a espécie *Aspidosperma desmanthum* a menos resistente (ALVES *et al.*, 2006).

Buscando avaliar a resistência natural de louro-pardo [*Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. Ex Stend.], de jurema-preta [*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.], do marmeleiro-preto (*Croton sonderianus* Muell. Arg.) e do sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) a *Postia placenta* (Fr.) M. J. Lars. & Lombe *Polyporus fumosus* Pers. Ex Fries., em condições de laboratório Melo & Paes (2006) utilizaram amostras retiradas de quatro posições na direção medula-casca e submetidas por 98 dias à ação dos fungos. Puderam concluir que a resistência natural dessas espécies ao ataque dos fungos foi afetada pela posição no sentido medula-casca, tendo relação direta com a densidade das madeiras. Sendo *Mimosa tenuiflora* e *Mimosa caesalpiniiifolia* as mais resistentes aos fungos testados e *Croton sonderianus* a de menor resistência, não sendo recomendada para uso em contato com o solo.

As espécies de madeira de leucena [*Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit.], louro-pardo (*Cordia trichotoma* Vell. ex. Steud.), jurema-preta [*Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir.], marmeleiro-preto (*Croton sonderianus* Muell. Arg.), sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.), nim-indiano (*Azadirachta indica* A. Juss.) e teca (*Tectona grandis* Lf.) tiveram sua resistência natural à degradação avaliadas em condições de laboratório, assim como no estudo dos autores supracitados, considerando quatro posições na direção medula-casca por 98 dias, sob ação dos fungos *Postia placenta* ou *Polyporus fumosus*. As madeiras de jurema-preta e de sabiá foram as mais resistentes, enquanto as de nim e marmeleiro as mais suscetíveis. As amostras da parte externa do tronco sofreram as maiores perdas de massa. *Postia placenta* atacou mais severamente as madeiras ensaiadas (PAES *et al.*, 2007a; PAES *et al.*, 2007b).

Um estudo de Carneiro *et al.* (2009) avaliou 28 espécies de madeira da Amazônia quanto à sua resistência natural à decomposição com relação aos fungos: *Ganoderma applanatum* (Wall) Pat., *Trametes versicolor* (L.; Fr.) Pilát., *Pycnoporus sanguineus* (L.: Fr.) Murrill, *Meruliporia incrassata* (Berk. Et Curt.) Burt e *Gloeophyllum trabeum* classificando a resistência da madeira através do método da ASTM D 2017-81. As espécies altamente resistentes foram: *Astronium gracile* Engl, *Bagassa guianensis* Aubl, *Caryo carvillosum*

(Aubl.) Pers., *Clarisia racemosa* Ruiz & Pav., *Diploporis purpurea* (Rich.) Amstroff, *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd., *Hymenaea courbaril* L., *Manilkara huberi* (Ducke) Chevalier, *Mezila urusituba* (Meisn) Taubex Mez, *Sextonia rubra* (Mez) van der Werff, *Tabebuia incana* A. H. Gentry e *Vatairea paraenses* Ducke. E as consideradas menos resistentes: *Brosim umparinarioides* Ducke, *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don, *Laetia procera* (Poepp.) Eichler, *Pouteria pachycarpa* Pires, *Virola caducifolia* W.A. Rodrigues e *Trattinnia ciliarhoifolia* Willd

A fim de avaliar a resistência natural das madeiras de plátano [(*Platanus x acerifolia* (Aiton) Wild.), açoita-cavalo (*Luehea divaricata* Mart. & Zucc.), noqueira-pecan [*Carya illinoensis* (Wangenh.) K. Koch], canafístula [*Peltophor umdubium* (Spreng.) Taub.], araucária [*Araucaria angustifolia* (Bertol.) Kuntze], eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden) e uva-do-japão (*Hovenia dulcis* Thunb.) foi conduzido o ensaio de apodrecimento acelerado com o fungo *Pycnoporus sanguineus* (causador de Podridão Branca) por 16 semanas de incubação. Os resultados demonstraram que a resistência natural do cerne não foi influenciada pela massa específica aparente; *Carya illinoensis*, *Eucalyptus grandis*, *Platanus x acerifolia*, *Luehea divaricata* e *Peltophor umdubium* foram classificadas como muito resistentes, *Hovenia dulcis*, como resistente e *Araucaria angustifolia* como com resistência moderada (MODES *et al.*, 2012).

Um estudo que monitorou a perda de massa das madeiras de marupá (*Simarouba amara* Aubl.), jequitibá (*Cariniana micrantha* Ducke) e cumaru [*Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd.] decorrentes do ataque de *Gloeophyllum trabeum* (causador de Podridão Parda) e *Trametes versicolor* (causador de Podridão Branca) e avaliou os períodos de tempo (semanas) para a execução de apodrecimento acelerado, constatou que *Dipteryx odorata* teve maior resistência natural e foi classificada como muito resistente, durante 20 semanas de ensaio. *Gloeophyllum trabeum* provocou maiores perdas de massa para *Dipteryx odorata* e *Cariniana micrantha*, enquanto *Trametes versicolor* teve ação mais intensa em *Simarouba amara*. Além disso, foi observado que o período de oito a 12 semanas (ASTM D2017) não foi suficiente para caracterizar a resistência natural dessas espécies de madeira pela perda de massa, sendo necessário de 20, 14 e 12 semanas no caso da Podridão Branca e, 20, 18 e 14 semanas no caso da Podridão Parda para as madeiras de *Simarouba amara*, *Cariniana micrantha* e *Dipteryx odorata*, respectivamente (STANGERLIN, 2012; STANGERLIN *et al.*, 2013b).

A avaliação da durabilidade natural das madeiras de *Eucalyptus dunnii* Maiden., *Eucalyptus robusta* Sm., *Eucalyptus tereticornis* e *Hovenia dulcis* submetidas ao ensaio de apodrecimento acelerado em laboratório, seguindo critérios da ASTM D 2017, com os fungos *Gloeophyllum trabeum* (causador de Podridão Parda) e *Trametes versicolor* (causador de Podridão Branca) por Carvalho *et al.* (2015) mostrou que *Eucalyptus robusta* foi classificada como resistente e *Hovenia dulcis* como não resistente para os fungos mencionados. Através de um estudo de técnicas não destrutivas Oliveira (2016) buscou monitorar e avaliar o processo de biodeterioração das madeiras de *Simarouba amara* (marupá) e *Eucalyptus saligna* Sm. (eucalipto) aos fungos *Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum* através do ensaio de apodrecimento acelerado (adaptação da norma ASTM D2017) durante 12 semanas. Tal autor observou que a madeira de eucalipto teve maior resistência natural quando comparada à de marupá e, que devido à maior alteração das propriedades tecnológicas das madeiras estudadas, *G. trabeum* foi considerado mais severo.

Um estudo conduzido por Stallbaun *et al.* (2016) analisou a resistência natural de *Tachigali vulgaris* L. G. Silva & H. C. Lima ao fungo *Postia placenta* (causador de Podridão Parda) através de ensaio em que foram consideradas as posições longitudinais no tronco (base ao topo) e as amostras foram mantidas em contato com o fungo durante 14 semanas. *Tachigali vulgaris* foi classificada como altamente resistente a *Postia placenta* e foi observada correlação indireta entre a densidade básica e a durabilidade da madeira e nenhuma influência das posições no sentido base topo na durabilidade foram constatadas.

Para avaliar a resistência natural de madeiras de cedro-espanhol (*Cedrela odorata* L.), ipê-amarelo [*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose] e tauari (*Couratari* sp.), Reis *et al.* (2019) as expôs em condições de laboratório ao fungo *Pycnoporus sanguineus* (causador de Podridão Branca) segundo o método da ASTM. A intensidade da biodeterioração foi determinada pela perda de massa das três madeiras e uma madeira de controle, a lenha (*Cecropia* sp.), de baixa resistência. As espécies de madeira foram classificadas como altamente resistentes e resistentes a *Pycnoporus sanguineus*, sendo *Handroanthus serratifolius* a espécie mais resistente e *Couratari* sp. o mais suscetível.

*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh; *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden; *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake; *Eucalyptus robusta* Smith.; *Eucalyptus saligna* Sm.; *Eucalyptus pellita* F. Muell. e *Corymbia citriodora* Hook foram avaliadas quanto a resistência natural da madeira em ensaios com os fungos *Postia placenta* e *Gloeophyllum trabeum*, em laboratório e campo, e tiveram suas características físico-químicas e anatômicas correlacionadas. Para os ensaios foram consideradas duas posições na direção medula-casca (cerne mediano e região de transição, contendo cerne e alborno). Os principais resultados quanto aos fungos xilófagos mostraram que *Trametes versicolor* degradou menos as madeiras do cerne mediano e para *Postia placenta* e *Gloeophyllum trabeum*, na maioria das espécies, o cerne mediano foi menos resistente. De modo geral, *Eucalyptus camaldulensis* e *Corymbia citriodora* apresentaram maior durabilidade e *Eucalyptus grandis* a menor resistência (NETO, 2017).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

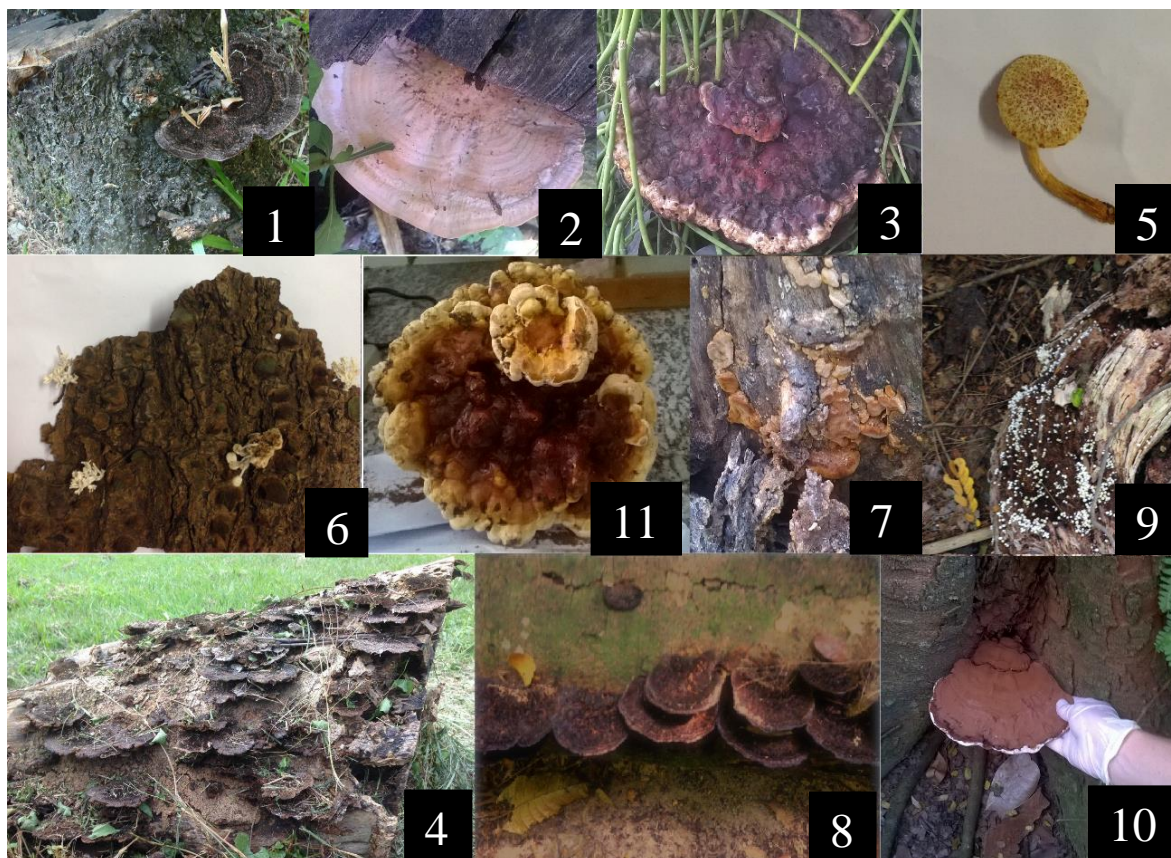
### 4.1 Coleta dos Corpos de Frutificação

A coleta dos corpos de frutificação foi feita em um fragmento de Mata Atlântica no município de Seropédica (RJ) (22°75'S/43°69'O) e no Rio de Janeiro (RJ) (22° 91'S/43°55'O) em troncos de árvores vivas e mortas (Tabela 1 e Figura 4). As amostras foram devidamente armazenadas em sacos de papel, identificadas (data, local de coleta e informações sobre o substrato em que foram encontradas), registradas em imagens e, encaminhadas ao Laboratório Oficial de Diagnóstico Fitossanitário (L.O.D.F) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) para posterior análise.

**Tabela 1.** Lista dos corpos de frutificação coletados, contendo a descrição do substrato no qual foram encontrados, as condições do substrato, local e data

Amostra	Substrato	Condições do substrato	Local	Data
1	<i>Salix babylonica</i> L.	Morto	Rio de Janeiro-RJ	19/03/2018
2	NI	Morto	Seropédica-RJ	19/03/2018
3	<i>Inga</i> sp.	Vivo	Seropédica-RJ	19/03/2018
4	NI	Morto	Seropédica-RJ	20/03/2018
5	NI	Morto	Seropédica-RJ	20/03/2018
6	NI	Morto	Seropédica-RJ	20/03/2018
7	NI	Morto	Seropédica-RJ	20/03/2018
8	NI	Morto	Seropédica-RJ	20/03/2018
9	NI	Morto	Seropédica-RJ	20/03/2018
10	<i>Paubrasilia echinata</i> (Lam.) Gagnon, H.C. Lima & G.P.Lewis	Vivo	Seropédica-RJ	20/03/2018
11	<i>Inga</i> sp.	Vivo	Seropédica-RJ	20/03/2018

\*NI: Espécie não identificada.



**Figura 4.** 1 - Amostra 1 - Corpo de frutificação presente em tronco morto de um Salgueiro-chorão (*Salix babylonica* L.). 2 - Amostra 2 - Corpo de frutificação presente em tronco morto de espécie não identificada. 3- Amostra 3 – Corpo de frutificação presente em árvore viva de *Inga* sp. 4 - Amostra 4 - Corpos de frutificação presentes em árvore morta não identificada. 5- Amostra 5 - Corpo de frutificação presente em tronco morto de árvore não identificada. 6 - Amostra 6 - Corpo de frutificação presente em tronco de árvore morta não identificada. 7 - Amostra 7 - Corpo de frutificação coletado em tronco morto de espécie não identificada. 8- Amostra 8 - Corpo de frutificação coletado em troncos morto de espécie não identificada. 9 - Amostra 9 - Corpos de frutificação presentes em tronco morto de espécie não identificada. 10 - Amostra 10 - Corpo de frutificação presente em árvore viva de Pau-brasil (*Paubrasilia echinata* (Lam.) Gagnon, H.C. Lima & G.P. Lewis. 11- Amostra 11 - Corpo de frutificação coletado em *Inga* sp. vivo. Fotos: Próprio autor.

#### 4.2 Caracterização Morfológica e Molecular

A caracterização morfológica foi feita com base na análise da morfologia do píleo (ou chapéu), lamelas e poros, além do pericarpo quando presente (SILVEIRA, 1995). Das amostras coletadas, foram selecionadas as amostras 1 (Fungo 1) e 11 (Fungo 2) e tiveram um fragmento de seu corpo de frutificação isolado em placas de petri contendo meio BDA (Batata Dextrose Ágar) em capela fluxo laminar e incubados em estufa a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  para crescimento por cerca de cinco dias. Posteriormente, foram reisolados e armazenados em tubos de ensaio.

A extração de DNA das amostras fúngicas selecionadas foi feita com o *DNeasy Plant Mini Kit* (QIAGEN BRASIL), conforme instruções do fabricante. Com o DNA extraído foi realizado o teste de PCR (*Polymerase Chain Reaction*) utilizando-se os *primers* ITS1 (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') E ITS4 (5'- TCCTCCGCTTATTGATATGC- 3') e o *Extract-N-Amp PCR Kit* (SIGMA), segundo instruções do fabricante, para a amplificação do

fragmento de DNA no termociclador PTC-200 (*MJ Research*) com os ciclos: 94°C/ cinco minutos; 35 ciclos de 94°C por 30 segundos, 62°C por 60 segundos e 72°C por 60 segundos; 72°C por sete minutos; 4°C por cinco minutos. Os produtos amplificados foram visualizados através da eletroforese em gel de agarose a 1,2 % em tampão TAE 1X contendo brometo de etídio 10 mg/mL. Foram aplicados 16 µL do produto de PCR das amostras nas canaletas do gel e submetido à corrente elétrica de aproximadamente 88 volts por 20 minutos. Os *amplicons* foram visualizados em transiluminador de luz ultravioleta para a análise da massa molecular.

Os produtos de PCR foram encaminhados para a purificação e sequenciamento na empresa *Myleus* Biotecnologia. As sequências obtidas da região genômica do ITS (*Internal Transcribed Spacer*) foram comparadas com as sequências depositadas no *GenBank* pela ferramenta *BLASTn*

([https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastn&PAGE\\_TYPE=BlastSearch&LINK\\_LOC=blasthome](https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastn&PAGE_TYPE=BlastSearch&LINK_LOC=blasthome)). Por meio desta, é feita a comparação da porcentagem de similaridade dos fragmentos de DNA obtidos em relação às sequências já depositadas.

### 4.3 Obtenção e Corte das Peças de Madeira

Foram utilizados corpos de prova de madeira de 28 espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica cedidas pelo Laboratório de Processamento da Madeira - LPM da UFRRJ (Tabela 2) e provenientes de plantios do Espírito Santo (ES) e remanescentes do estudo de Rolim & Pioto (2018) que, dentre outras análises de peças do mesmo indivíduo arbóreo, definiu a massa específica e os usos dessas espécies. As madeiras das espécies estudadas apresentam diferentes utilidades que são demonstradas na Tabela 3. Os corpos de prova dessas espécies foram identificados e cortados nas dimensões 2,0 x 2,0 x 1,0 cm (comprimento, largura e espessura).

A determinação da resistência natural das madeiras a fungos xilófagos foi realizada por meio de um ensaio de apodrecimento acelerado, segundo as recomendações da *American Society for Testing and Materials* – ASTM.

**Tabela 2.** Lista contendo as espécies de madeira, nome vulgar, científico e família, utilizadas para avaliação da resistência ao ataque de fungos degradadores e seus respectivos códigos

Nome Vulgar	Nome Científico	Família
Gonçalo-alves	<i>Astronium concinnum</i> (Engl.) Schott	Anacardiaceae
Cajá	<i>Spondias venulosa</i> (Engl.) Engl.	Anacardiaceae
Aderne	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Anacardiaceae
Pequiá-sobre	<i>Aspidosperma pyricollum</i> Müll. Arg.	Apocynaceae
Ipê-felpudo	<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau ex Verl.	Bignoniaceae
Peroba amarela	<i>Paratecoma peroba</i> (Record & Mell.) Kuhl.	Bignoniaceae
Ipê-amarelo	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl.) S. O. Grose	Bignoniaceae
Louro	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Stend.	Boraginaceae
Pelada	<i>Terminalia mameluco</i> Pickel	Combretaceae
Boleira	<i>Joannesia princeps</i> Vell.	Euphorbiaceae
Tachi-branco	<i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima	Fabaceae
Araribá-vermelho	<i>Centrolobium tomentosum</i> Guillem. ex Benth.	Fabaceae
Cerejeira	<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C.Sm.	Fabaceae
Pau-brasil	<i>Paubrasilia echinata</i> (Lam.) Gagnon, H.C.Lima & G.P.Lewis	Fabaceae
Caingá	<i>Moldenhawera papillanthera</i> L.P.Queiroz, G.P.Lewis & R.Allkin	Fabaceae
Jueirana-vermelha	<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth.	Fabaceae
Guaribú-sabão	<i>Barnebydendron riedelii</i> (Tul.) J.H. Kirkbride	Fabaceae
Jacarandá-da-bahia	<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Allemão ex Benth.	Fabaceae

Continuação Tabela 2

Nome Vulgar	Nome Científico	Família
Macanãba-pele-de-sapo	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	Fabaceae
Copaíba	<i>Copaifera langsdorffi</i> Desf.	Fabaceae
Pau-ferro	<i>Libidibia ferrea</i> var. <i>parvifolia</i> Benth.	Fabaceae
Pau-sangue	<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl.	Fabaceae
Angico-preto	<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	Fabaceae
Jequitibá-rosa	<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	Lecythidaceae
Sapucaia-vermelha	<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	Lecythidaceae
Farinha-seca	<i>Basiloxylon brasiliensis</i> (All.) K. Schum.	Malvaceae
Oiticica	<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	Moraceae
Parajú	<i>Manilkara longifolia</i> (A.DC.) Dubard	Sapotaceae

**Tabela 3.** Informações sobre as espécies de madeira que foram submetidas neste trabalho à análise de resistência à degradação por fungos apodrecedores. Elaborada em função das informações contidas em Rolim & Pioto (2018)

Código	Espécie	Distribuição	Pb	pap	Usos
1	<i>Tachigali vulgaris</i>	Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica, em Minas Gerais e Bahia nas florestas estacionais e ombrófilas	0,711	0,585	Embalagens, caixotaria e para usos sem necessidade de apelo estéticos
2	<i>Manilkara longifolia</i>	Florestas estacionais e ombrófilas da costa atlântica do Paraná ao Espírito Santo	1,003	0,829	Estruturais ou que demandam grande resistência e/ou dureza, construção civil, construções rurais, assoalhos, outros pisos maciços, cabo de ferramentas e utensílios.
3	<i>Zeyheria tuberculosa</i>	Florestas estacionais semidecíduas da região sudeste, Bahia e outras áreas do nordeste	0,795	0,608	Estruturais leves, mobiliários, pisos, cabos de ferramentas e utensílios
5	<i>Centrolobium tomentosum</i>	Mata Atlântica, do sul da Bahia ao Paraná, florestas estacionais, algumas áreas de floresta ombrófila, no Cerrado e na Caatinga	0,717	0,609	Estruturais leves mobiliários, pisos, utensílios e quando a coloração da espécie for valorizada esteticamente
6	<i>Amburana cearensis</i>	Biomassas Cerrado, Caatinga e Mata Atlântica, principalmente nas florestas estacionais	0,602	0,447	Estruturais leves, mobiliários, esquadrias e revestimentos internos e utensílios
7	<i>Paubrasilia echinata</i>	Rio de Janeiro ao Rio Grande do Norte, em florestas ombrófilas e estacionais	0,973	0,794	Estruturais, pisos, móveis e instrumentos musicais.

Continuação Tabela 3

<b>Código</b>	<b>Espécie</b>	<b>Distribuição</b>	<b>Pb</b>	<b>pap</b>	<b>Usos</b>
8	<i>Cariniana legalis</i>	Florestas ombrófilas e estacionais da Mata Atlântica, do Paraná até Alagoas	0,651	0,529	Estruturais leves, móveis, esquadrias, utensílios, embalagens, forros, cabos de ferramentas e revestimentos
9	<i>Moldenhawera papillanthera</i>	Endêmica da Floresta atlântica do Espírito Santo	0,703	0,59	Estruturais leves, móveis, esquadrias, utensílios, embalagens, forros, cabos de ferramentas e revestimentos
10	<i>Parkia pendula</i>	Disjunção entre Amazônia e Mata Atlântica, do Espírito Santo ao Nordeste nas florestas litorâneas	0,523	0,43	Embalagens, caixotaria, esquadrias, painéis e eventualmente laminação
11	<i>Barnebydendron riedelii</i>	Disjunção entre a floresta amazônica no Acre e a floresta atlântica da Bahia, Espírito Santo, Rio de Janeiro e São Paulo	0,675	0,545	Embalagens, estruturas leves, caixotaria, esquadrias, painéis, revestimentos e eventualmente laminação
12	<i>Paratecoma peroba</i>	Florestas ombrófilas e estacionais da Bahia, Espírito Santo e Rio de Janeiro	0,757	0,639	Estrutural, movelaria, pisos, utensílios e usos aparentes de acabamentos na construção
13	<i>Dalbergia nigra</i>	Florestas ombrófilas e estacionais da Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais e Rio de Janeiro	0,782	0,634	Estrutural, movelaria, utensílios diversos e usos aparentes pela beleza estética da interação das cores do cerne e alburno
14	<i>Lecythis pisonis</i>	Florestas estacionais e ombrófilas da Mata Atlântica do Sudeste ao Nordeste e floresta amazônica	0,855	0,683	Estruturais e utensílios



Continuação Tabela 3

Código	Espécie	Distribuição	pb	pap	Usos
15	<i>Bowdichia virgilioides</i>	Amazônia, Cerrado, Caatinga, Pantanal e Mata Atlântica, principalmente na Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais e São Paulo, nas florestas estacionais e ombrófilas	0,882	0,719	Estruturais pesados, carpintaria, pisos, postes, estacas, cabos de ferramentas, móveis e utensílios
16	<i>Astronium concinnum</i>	Sul da Bahia ao norte do Rio de Janeiro e Minas Gerais, em florestas ombrófilas e estacionais da Mata Atlântica	0,838	0,639	Estruturais, carpintaria, movelaria rústica, pisos, postes, estacas, cabos de ferramentas e utensílios
17	<i>Terminalia mameluco</i>	Floresta estacional e ombrófila na Mata Atlântica de Minas Gerais, Espírito Santo, Bahia, Pernambuco e Ceará	0,645	0,54	Estruturais leves, estacas, postes, movelaria, carpintaria, cabos de ferramentas e utensílios
18	<i>Cordia trichotoma</i>	Borda sul amazônica, em áreas de florestas estacionais do interior no Brasil Central e ao longo de toda a Mata Atlântica, do Sul ao Nordeste	0,595	0,48	Estruturais leves, movelaria, postes, esquadrias, cabos de ferramentas e artefatos ou utensílios
19	<i>Aspidosperma pyricollum</i>	Florestas estacionais e ombrófilas da Mata Atlântica do Nordeste, Sudeste e Sul	0,94	0,765	Estruturais, movelaria, pisos maciços, assoalhos, revestimentos, esquadrias, cabos de ferramentas e utensílios
20	<i>Copaifera langsdorffii</i>	Florestas estacionais e ombrófilas da Mata Atlântica do Sudeste ao Nordeste e na borda sul da floresta amazônica em Rondônia e Mato Grosso	0,547	0,669	Estruturais leves, movelaria, esquadrias, embalagens, caixotaria, utensílios

Continuação Tabela 3

Código	Espécie	Distribuição	$\rho_b$	$\rho_{ap}$	Usos
21	<i>Libidibia ferrea</i>	Áreas de floresta estacional nos estados do Espírito Santo, Bahia, Pernambuco e Ceará	1,08	0,814	Construção civil, usos estruturais, para o segmento de esquadrias, móveis e confecção de pisos.
22	<i>Spondias venulosa</i>	Florestas ombrófilas e estacionais da Mata Atlântica da Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais e Rio de Janeiro.	0,438	0,345	Embalagens, caixotaria e utensílios
25	<i>Clarisia racemosa</i>	Floresta estacional e ombrófila na Mata Atlântica e Amazônia	0,708	0,587	Estruturais, pisos e revestimentos. Permite tingimentos e acabamentos diversos em usos aparentes como movelaria, esquadrias, revestimentos e utensílios
27	<i>Astronium graveolens</i>	Mata Atlântica e em alguns estados da região norte, em floresta estacional, ombrófila e cerrado	0,847	0,72	Estrutural em construções, esquadrias, movelaria e pisos
28	<i>Handroanthus serratifolius</i>	Floresta estacional e ombrófila na Mata Atlântica e Amazônia.	1,027	0,799	Estruturais, construção civil, estacas e postes, pisos, esquadrias, revestimentos, cabos de ferramentas, artefatos e utensílios
29	<i>Pterocarpus rohrii</i>	Florestas estacionais e ombrófilas de todas as regiões do Brasil, mas também no Cerrado e Caatinga	0,479	0,391	Embalagens, caixotaria, eventualmente laminação, painéis, artefatos e utensílios
31	<i>Joannesia princeps</i>	Florestas estacionais e ombrófilas da Mata Atlântica de Minas Gerais, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia	0,408	0,321	Não estrutural, segmentos de embalagens, caixotarias, revestimentos sem necessidade de acabamento de excelente textura e eventualmente pode ser laminada

Continuação Tabela 3

Código	Espécie	Distribuição	pb	pap	Usos
32	<i>Basiloxylon brasiliensis</i>	Florestas ombrófilas e estacionais no Rio de Janeiro, Minas Gerais e Pernambuco, além do Espírito Santo	0,553	0,743	Estruturas leves, movelaria, construções, carpintaria, revestimentos, embalagens e utensílios.
33	<i>Senegalia polyphylla</i>	Todas as regiões do Brasil, nas florestas estacionais, ombrófilas, no Cerrado e na Caatinga	1,027	0,803	Estrutural, pisos maciços, cabos de ferramenta e utensílios

\* pap: Densidade aparente (g/cm<sup>3</sup> - amostra seca ao ar) e pb: Densidade básica (g/cm<sup>3</sup>).

O experimento foi conduzido em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com 16 repetições para o Fungo 1, 16 repetições para o Fungo 2 e 16 repetições para a Testemunha (blocos que não foram expostos aos fungos degradadores selecionados). E foi elaborado em função da ASTM D2017 (2005), com adaptações.

Os corpos de prova correspondentes aos tratamentos Fungo 1 e Fungo 2 foram secos em estufa a  $84 \pm 2^\circ\text{C}$ . Ao mesmo tempo, os corpos de prova testemunhas permaneceram em uma sala de condicionamento com temperatura de  $28 \pm 5^\circ\text{C}$  e umidade de  $75 \pm 5\%$  medidas com o termo higrômetro (*Minipa MT-242*). Todos os corpos de prova (tratamentos fúngicos e testemunhas) foram pesados em balança analítica de precisão (*AND A&D Company, Limited Fx200i*), até que atingissem o peso de equilíbrio ( $\leq 0,01\text{g}$ ). Assim que as peças atingiram o peso de equilíbrio obteve-se o peso seco em estufa (R1) dos blocos dos tratamentos e o peso das testemunhas (W1). Antes de serem expostos aos fungos, os corpos de prova de madeira foram esterilizados em autoclave (*FABBE – PRIMAR Industrial LTDA. e UUFERCO 103*) a  $120^\circ\text{C}$ , pressão de 1 atmosfera, por 30 minutos.

#### 4.4 Preparo e Inoculação dos Frascos de Cultura

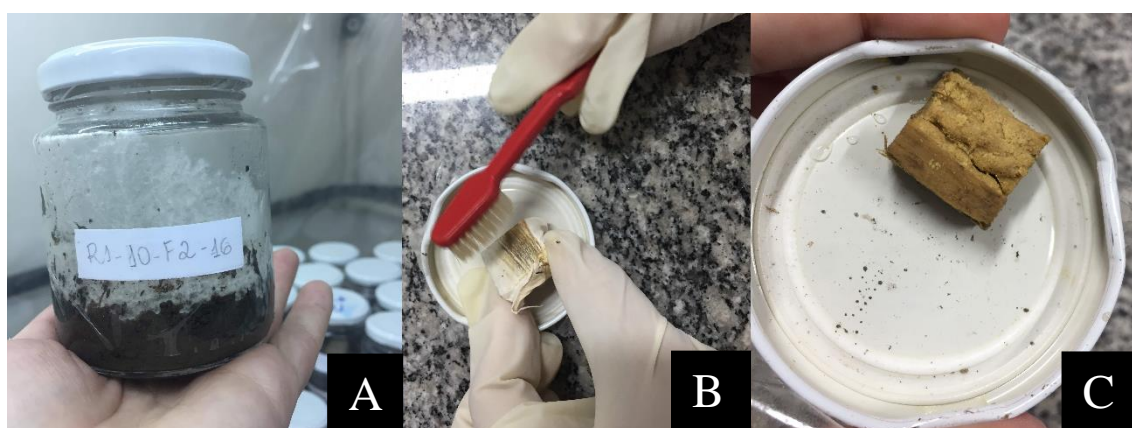
Foram preparados frascos de cultura para inserção dos corpos de prova. Os frascos de vidro transparente tinham capacidade de 225 mL e tampa rosqueável. Para cada frasco adicionou-se 40 mL de água destilada. Com auxílio de um funil, 90g de solo franco-argilo-arenoso devidamente seco ao ar, com pH 5,56 (ANEXO 1) foram adicionados ao frasco, de modo a evitar a fixação de poeira no vidro. Acima do solo adicionado ao frasco, foram inseridos alimentadores de papel de filtro (porosidade grossa qualitativa) 29 x 35 mm para cada frasco de cultura. Tais frascos foram devidamente identificados e esterilizados em autoclave a  $120^\circ\text{C}$ , pressão de 1 atmosfera, por 30 minutos.

Fragments do Fungo 1 e Fungo 2 foram retirados dos tubos de cultura e reisolados em placas de petri contendo meio BDA em capela fluxo laminar. As placas foram incubadas em estufa a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  para crescimento fúngico por cerca de cinco dias. Após o crescimento dos fungos e resfriamento dos frascos autoclavados, adicionou-se em capela fluxo laminar 10 mm<sup>2</sup> do micélio fúngico correspondente a cada tratamento com auxílio de um molde sobre o alimentador de papel de filtro. Assim permaneceram até que o micélio tivesse coberto o

alimentador (três semanas). Assim feito, adicionou-se um corpo de prova em de cada espécie de madeira por frasco de cultura, em capela fluxo laminar.

#### 4.5 Exposição dos Corpos de Prova aos Fungos e Manipulação Após a Exposição

Os frascos de cultura contendo os corpos de prova permaneceram em sala de incubação escura a temperaturas de  $28 \pm 5^\circ\text{C}$  e umidade de  $75 \pm 5\%$  por 16 semanas. As peças retiradas tiveram o micélio aderido removido cuidadosamente com auxílio de uma escova (Figura 5). Os corpos de prova correspondentes aos tratamentos fúngicos, cujo micélio havia sido removido, foram novamente submetidos a secagem em estufa a  $84 \pm 2^\circ\text{C}$  até o peso de equilíbrio ( $\leq 0,01\text{g}$ ) e novamente pesados, obtendo-se o peso R2. Os corpos de prova testemunhas também foram removidos dos frascos, tiveram qualquer presença de micélio fúngico removida e foram novamente submetidas à sala de condicionamento para atingirem o peso de equilíbrio ( $\leq 0,01\text{g}$ ).



**Figura 5.** A - Frasco da amostra 10-F2-16 [*Parkia pendula* (Willd.) Benth] com crescimento do micélio do Fungo 2 (Bres. & henn. Ex Sacc.) Bres. e preparado para introdução da peça de madeira. B - Remoção do micélio fúngico da amostra 27-F2-11 de *Astronium graveolens* Jacq. por meio de uma escova. C - Amostra 31-F1-5 de *Joannesia princeps* Vell. após 16 semanas de exposição ao Fungo 1, apresentando perda de massa. Fotos: Próprio autor.

#### 4.6 Análise e Tabulação dos Dados

As diferenças entre massa seca inicial (R1) e após o período de exposição (R2) dos tratamentos com fungos e, massa seca inicial (W1) e após o período de exposição (W2) das testemunhas permitiram obter a perda de massa e classificá-las segundo a ASTM D2017 (2005) (Tabela 4).

$$\text{Perda de massa \%} = [(R_1 - R_2) / R_1] \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

$$\text{Perda de massa \%} = [(W_1 - W_2) / W_1] \times 100 \quad \text{Equação 2}$$

**Tabela 4.** Classificação da resistência da madeira exposta a fungos apodrecedores, de acordo com a ASTM D2017 (2005).

Classe de resistência	Perda de Massa (%)
Altamente resistente (AR)	0 – 10
Resistente (R)	11 – 24
Moderadamente resistente (MR)	25 – 44
Não resistente (NR)	>45

A comparação dos valores de perda de massa de cada uma das espécies de madeira submetidas ao ataque do Fungo 1 com as perdas de massa dos corpos de prova testemunhas foi feita através do *software BioEstat 5.3* e do Teste Mann-Whitney, tendo em vista que não foi obtida a normalidade dos dados para empregar o teste paramétrico. O mesmo foi feito para os valores de perda de massa sob ação de Fungo 2. E ainda, foram comparados pelo Teste de Kruskal-Wallis seguido do Teste Dunno s valores de perda de massa entre todas as espécies de madeira testadas sob a ação do Fungo 1 e o mesmo para Fungo 2. Para ambos os testes foi considerado 5 % de significância.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A amostra 1 (Fungo 1) foi identificada como *Daldinia childiae* J.D. Rogers & Y.M. Ju e a amostra 11 (Fungo 2) como *Ganoderma philippii* (Bres. & Henn. Ex Sacc.) Bres. Grande parte das espécies de madeira testadas tanto para testemunha quanto para *Daldinia childiae* e *Ganoderma philippii* foram consideradas altamente resistentes, pela classificação da ASTM D2017 (2005), por apresentarem perda de massa de 0-10 % (Tabela 5).

**Tabela 5:** Valores médios de perda de massa em porcentagem % das amostras submetidas ao ensaio de apodrecimento acelerado e suas respectivas classificações quanto à resistência a fungos de apodrecimento, segundo a ASTM D2017 (2005)

Espécies	Valores médios de perda de massa % e Classificação (ASTM D2017)					
	Testemunha	CR	<i>D. childiae</i>	CR	<i>G. philippii</i>	CR
<i>Tachigali vulgaris</i>	1,77	AR	3,61	AR	3,68	AR
<i>Manilkara longifolia</i>	1,16	AR	1,81	AR	3,96	AR
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	4,69	AR	4,41	AR	5,53	AR
<i>Centrolobium tomentosum</i>	0,82	AR	2,59	AR	4,86	AR
<i>Amburana cearensis</i>	11,23	R	10,60	AR	14,36	R
<i>Paubrasilia echinata</i>	1,23	AR	4,59	AR	2,81	AR

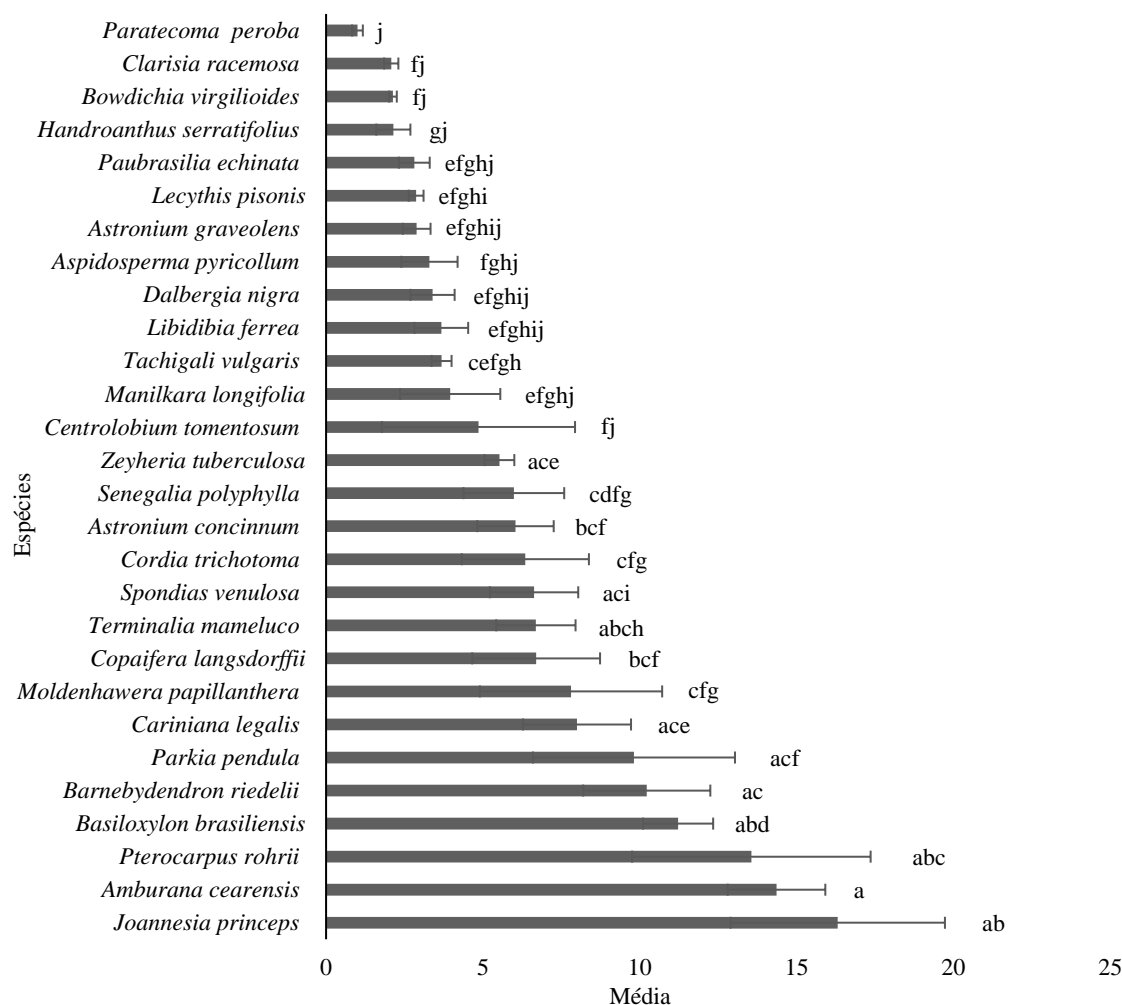
Espécies	Valores médios de perda de massa % e Classificação (ASTM D2017)					
	Testemunha	CR	<i>D. childiae</i>	CR	<i>G. philippii</i>	CR
<i>Cariniana legalis</i>	1,96	AR	3,88	AR	8,00	AR
<i>Moldenhawera papillanthera</i>	0,73	AR	2,30	AR	7,81	AR
<i>Parkia pendula</i>	1,5	AR	3,92	AR	9,82	AR
<i>Barnebydendron riedelii</i>	4,22	AR	7,49	AR	10,22	AR
<i>Paratecoma peroba</i>	0,36	AR	2,91	AR	1	AR
<i>Dalbergia nigra</i>	1,6	AR	2,87	AR	3,39	AR
<i>Lecythis pisonis</i>	3,01	AR	2,59	AR	2,7	AR
<i>Bowdichia virgilioides</i>	1,88	AR	2,66	AR	1,62	AR
<i>Astronium concinnum</i>	0,79	AR	4,05	AR	6,04	AR
<i>Terminalia mameluco</i>	0,72	AR	2,47	AR	6,69	AR
<i>Cordia trichotoma</i>	1,46	AR	2,57	AR	6,35	AR
<i>Aspidosperma pyricollum</i>	1,09	AR	14,14	R	3,30	AR
<i>Copaifera langsdorffii</i>	1,83	AR	6,03	AR	6,70	AR
<i>Libidibia ferrea</i>	0,33	AR	2,30	AR	3,67	AR
<i>Spondias venulosa</i>	2,35	AR	6,22	AR	6,63	AR
<i>Clarisia racemosa</i>	1,51	AR	2,00	AR	2,08	AR
<i>Astronium graveolens</i>	1,35	AR	2,26	AR	2,89	AR
<i>Handroanthus serratifolius</i>	0,32	AR	4,42	AR	2,14	AR
<i>Pterocarpus rohrii</i>	2,35	AR	6,11	AR	13,56	R
<i>Joannesia princeps</i>	4,03	AR	11,91	R	16,31	R
<i>Basiloxylon brasiliensis</i>	7,58	AR	11,27	R	11,22	R
<i>Senegalia polyphylla</i>	0,44	AR	2,16	AR	5,99	AR

\*AR – Altamente resistente; R – Resistente.

As espécies *Basiloxylon brasiliensis*, *Pterocarpus rohrii*, *Amburana cearensis* e *Joannesia princeps*, entretanto foram classificadas como resistentes por apresentarem média de perda de massa de 11,22 %, 13,56 %, 14,36 % e 16,31 %, respectivamente, quando submetidas à *Ganoderma philippii*, como pode ser observado na Tabela 5. *Aspidosperma pyricollum* foi classificada como altamente resistente, exceto para *Daldinia childiae*, no qual obteve média de perda de massa de 14,14 % e foi classificada como resistente, assim como as espécies *Joannesia princeps* e *Basiloxylon brasiliensis* e com médias de perda de massa de 11,91% e 11,27 % , respectivamente (Tabela 5).

Além disso, *Aspidosperma pyricollum* apresentou a maior média de perda de massa em relação à ação de *Daldinia childiae*, enquanto *Joannesia princeps* teve o maior valor médio de perda de massa em relação a todas as espécies de madeira e tratamentos testados. De modo geral, os valores médios de perda de massa foram, em sua maioria, inferiores a 10%, tanto para a testemunha quanto para *Daldinia childiae* e para *Ganoderma philippii* (Tabela 5).

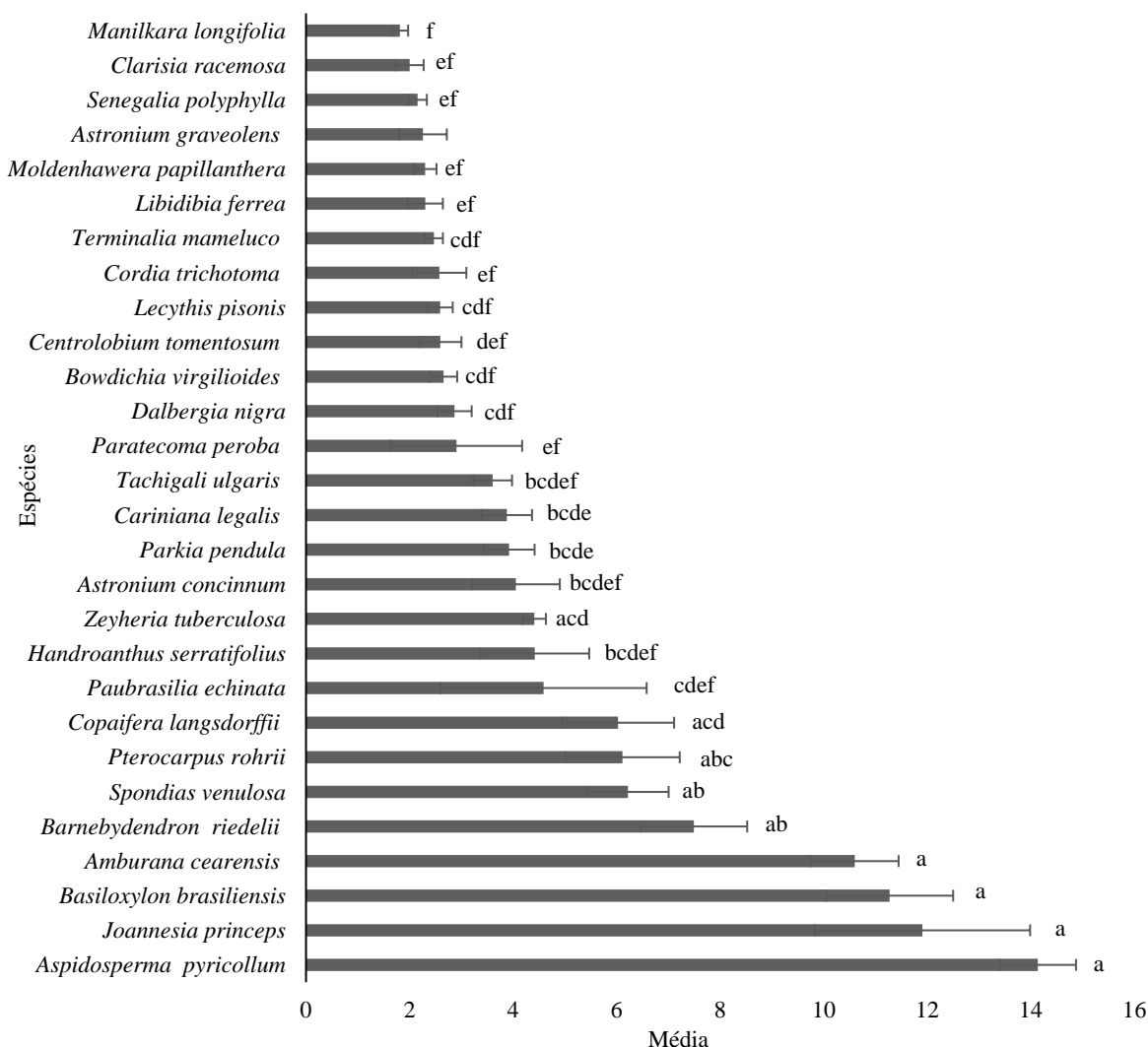
A comparação dos valores de perda de massa entre todas as espécies de madeira submetidas a *Daldinia childiae* pelo Teste de Dunn a 5 % de probabilidade pode ser observada na Figura 6.



**Figura 6:** Comparações pelo Teste de Dunn a 5 % de probabilidade entre os valores de perda de massa de todas as espécies de madeira submetidas ao ataque causado por *Daldinia childiae* J.D. Rogers & Y.M. Ju, in Rogers, JU, Watling & Whalley. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5 % de probabilidade.

As espécies *Aspidosperma pyricollum*, *Joannesia princeps*, *Basiloxylon brasiliensis*, *Amburana cearensis*, *Barnbydendron riedellii*, *Spondias venulosa*, *Pterocarpus rohrii*, *Copaifera langsdorffii* e *Zeyheria tuberculosa* apresentaram valores superiores de perda de massa em relação às demais espécies de madeira testadas, não diferindo estatisticamente entre si. E as espécies *Manilkara longifolia*, *Clarisia racemosa*, *Senegalia polyphylla*, *Astronium graveolens*, *Moldenhawera papillanthera*, *Libidibia ferrea*, *Terminalia mameluco*, *Cordia trichotoma*, *Lecythis pisonis*, *Centrolobium tomentosum*, *Bowdichia virgilioides*, *Dalbergia nigra*, *Paratecoma peroba*, *Tachigali vulgaris*, *Astronium concinnum*, *Handroanthus serratifolius* e *Paubrasilia echinata* apresentaram menores valores de perda de massa (Figura 6)

E considerando a comparação, pelo Teste de Dunn a 5 % de probabilidade, dos valores de perda de massa de todas as espécies de madeira sob ação do *Ganoderma philippii*, obteve-se os resultados demonstrados na Figura 7.



**Figura 7:** Comparações pelo Teste de Dunn a 5 % de probabilidade entre os valores de perda de massa de todas as espécies de madeira submetidas ao ataque provocado por *Ganoderma philippii* (Bres. & Henn. Ex Sacc.) Bres.. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5 % de probabilidade

As espécies *Joannesia princeps*, *Amburana cearensis*, *Pterocarpus rohrii*, *Basiloxylon brasiliensis*, *Barnebydendron riedelii*, *Parkia pendula*, *Cariniana legalis*, *Copaifera langsdorffii*, *Terminalia mameluco*, *Spondias venulosa*, *Astronium concinnum* e *Zeyheria tuberculosa* obtiveram valores de perda de massa superiores à maioria das espécies de madeira testadas. Enquanto as espécies *Paratecoma peroba*, *Clarisia racemosa*, *Bowdichia virgilioides*, *Handroanthus serratifolius*, *Paubrasilia echinata*, *Astronium graveolens*, *Aspidosperma pyricollum*, *Dalbergia nigra*, *Libidibia ferrea*, *Manilkara longifolia* e *Centrolobium tomentosum* apresentaram os menores valores de perda de massa (Figura 7).

De modo geral, a resistência natural de madeiras à deterioração pode ser atribuída à presença no cerne de extrativos (substâncias oriundas do metabolismo secundário como taninos, resinas, ceras, gorduras, que podem ser removidas da madeira por extração com água ou outros solventes) que podem ser tóxicas para os microrganismos, inibitórios no processo



degradativo, exercer um efeito antioxidante e/ou reduzir a permeabilidade da madeira à água, ao ar ou às hifas (PALA, 2007).

Entretanto, *Basiloxylon brasiliensis* apresentou a formação de gotículas de extrativos na superfície de alguns corpos de prova submetidos a *Daldinia childiae* e *Ganoderma philippii*, todavia foi considerada resistente (Tabela 5) e quando seus valores médios de perda de massa foram comparados entre as espécies de madeira encontrou-se entre as espécies com maior perda de massa para ambos os fungos utilizados (Figura 6 e Figura 7). Tais resultados apontam que, possivelmente, a composição química das substâncias que compõe seu extrativo, possivelmente, não lhe confere alta resistência à *Daldinia childiae* e *Ganoderma philippii*.

E, provavelmente, a perda de massa observada na espécie possa ter sido influenciada pela saída dos extrativos. Assim como observado por Oliveira *et al.*, (2005) que analisando *Corymbia citriodora* (Hook) K.D. Hill. & L.A.S. Johnson e *Eucalyptus paniculata* Sm. submetidos a *Gloeophyllum trabeum* (Pers.) Murril observaram uma grande exsudação de extrativos solúveis em água, através da formação de gotículas nas amostras e um apodrecimento nitidamente superior às demais espécies e afirmam que podem ser atribuídos tanto à perda de massa conferida pela saída de extrativos quanto ao apodrecimento propriamente dito.

Além disso, *Basiloxylon brasiliensis* possui densidade média e é a quinta espécie de menor densidade dentre todas as analisadas neste estudo com densidade básica de 0,553 g/cm<sup>3</sup> (Tabela 3). Tendo em vista que, autores como Melo & Paes (2006) observam relações entre a densidade e a resistência de espécies de madeira, em que espécies de maior densidade apresentaram-se mais resistentes. *Basiloxylon brasiliensis* pode não ter apresentado alta resistência por possuir valores médios de densidade. Entretanto, Alves *et al.* (2006) não observaram relação entre a resistência natural de espécies de madeira e suas densidades. E ainda, a ação de fungos como *Daldinia childiae* e *Ganoderma philippii* pode ser um obstáculo aos usos a que *Basiloxylon brasiliensis* se destina (Tabela 3).

A espécie *Pterocarpus rohrii*, por sua vez, foi classificada como altamente resistente à *Daldinia childiae* e resistente à *Ganoderma philippii* (Tabela 3) foi uma das espécies com maior perda de massa para ambos os fungos (Figura 6 e Figura 7). Trata-se de uma espécie de densidade média a baixa, sendo a terceira espécie de menor densidade (0,479 g/cm<sup>3</sup>) e que caso seja exposta a esses fungos, principalmente à *Ganoderma philippii* pode ter sua utilização afetada (Tabela 3).

A espécie *Amburana cearensis* classificada altamente resistente à *Daldinia childiae* e como resistente à *Ganoderma philippii* (Tabela 5) e foi também uma das espécies que perderam mais massa pela ação de ambos os fungos (Figura 1). Trata-se de uma espécie de densidade média a baixa, a nona espécie de menor densidade dentre as demais análises neste estudo e cuja densidade básica é de 0,602 g/cm<sup>3</sup> (Tabela 3). Demonstrando poder ter seus usos afetados pela ação desses fungos, principalmente à *Ganoderma philippii*.

De modo semelhante ao encontrado quando a espécie foi submetida à *Ganoderma philippii*, Paes *et al.*, (2005) em um estudo de resistência ao ataque de fungos causadores de podridão-mole observaram que *Amburana cearensis* apresentou perdas de 22,78%, sem apresentar diferenças nas posições medula-casca analisadas e sendo classificada como resistente. Já quando PAES *et al.* (2004) submeteu a espécie aos fungos *Postia placenta* (Fr.) M.J. Larsen & Lombard e *Neolentinus lepideus* (Fr.) Redhead & Ginns, considerando quatro posições na direção medula-casca, classificaram *Amburana cearensis* como altamente resistente para ambos os fungos nas posições 1- Cerne Interno (próximo à medula); 2- Med. Int. (Intermediário) e 3- Med. Ex. (cerne externo), com exceção da posição 4 – Externo (alburno), na qual a espécie foi classificada como resistente (11-24%).

De modo geral, Walker (2006) afirma que a concentração de extrativos fenólicos (taninos, polifenóis, estilbenos, lignanas e flavonoides) estão relacionados, principalmente, com a durabilidade natural da madeira, tais como a cumarina, estudada por Canuto & Silveira

(2006), cujo cerne de *Amburana cearensis* é rico, e por isso a espécie é conhecida popularmente como cumaru. Além disso, madeiras com alto teor de extrativos, como *Amburana cearensis*, tendem à estabilização da perda de massa em um menor período de tempo, em decorrência do esgotamento do mecanismo enzimático da cultura fúngica, quando comparado a madeiras com baixo teor de extrativos, como o marupá (*Simarouba amara* Aubl.) (STANGERLIN *et al.*, 2013). Contudo, *Amburana cearensis* não apresentou liberação expressiva de extrativos para *Daldinia childiae*, sendo ligeiramente superior para *Ganoderma philippii*, o que pode ter ocorrido em função da relação entre a composição da cumarina e outras substâncias e os mecanismos de ação de *Ganoderma philippii*. Como evidenciado por Da Costa (1975), fatores como o tipo de fungo apodrecedor e a própria espécie de madeira, podem influenciar consideravelmente a resistência das madeiras ao apodrecimento.

A espécie *Joannesia princeps* foi considerada resistente para ambos os fungos testados e com o maior valor médio de perda de massa (Tabela 5) e uma das espécies que mais perderam massa em comparação às demais espécies para os dois fungos (Figura 6 e Figura 7). A densidade desta espécie é uma das menores dentre todas as espécies analisadas neste estudo, possuindo 0,408 g/cm<sup>3</sup> de densidade básica. Portanto, pode ter sua utilização lesada caso a sua madeira seja exposta a esses fungos apodrecedores (Tabela 3).

A espécie *Aspidosperma pyricollum* apesar de considerada altamente resistente à *Ganoderma philippii*, foi considerada resistente para *Daldinia childiae* (Tabela 5). Quando teve seu valor de perda de massa comparado às demais espécies, apresentou-se como uma das espécies que mais perderam massa sob ação de *Daldinia childiae* (Figura 6). Enquanto para *Ganoderma philippii*, uma das espécies que menos perderam massa (Figura 7).

Apesar das análises estatísticas terem se restringido a comparações entre espécies de madeira, pode-se perceber, que o comportamento das espécies de madeira pode ser bastante distinto dependendo do fungo que possa estar atuando sobre ela. Assim como evidenciado nos resultados de *Aspidosperma pyricollum*, que obteve para *Daldinia childiae* média de 14,14 % e *Ganoderma philippii* 3,30 % (Figura 6, Figura 7 e Tabela 5) e medianas de 14,04 e 1,67, respectivamente para *Daldinia childiae* e *Ganoderma philippii* (Tabela 6 e Tabela 7).

A comparação entre os valores de perda de massa das amostras testemunhas e das amostras submetidas à ação de *Daldinia childiae* foi demonstrada através das medianas obtidas pelo Teste de Mann-Whitney a 5 % de probabilidade (Tabela 6). Em que apenas as espécies arbóreas *Zeyheria tuberculosa*, *Amburana cearensis*, *Lecythis pisonis*, *Cordia trichotoma* e *Clarisia racemosa* não apresentaram diferenças significativas em relação às testemunhas (Tabela 6).

**Tabela 6:** Comparação entre valores de perda de massa em porcentagem % das amostras testemunhas e das amostras submetidas ao ataque de *Daldinia childiae* J.D. Rogers & Y.M. Ju, seus respectivos valores de mediana, média, erro padrão, valor p e U

Espécies arbóreas		Mediana	Média	Erro padrão	Valor p	U
<i>Tachigali vulgaris</i>	Testemunha	1,82 a	1,77	±0,33	0,0018	45
	<i>D. childiae</i>	3,37 b	3,61	±0,37		
<i>Manilkara longifolia</i>	Testemunha	0,84 a	1,16	±0,29	0,0159	64
	<i>D. childiae</i>	1,64 b	1,81	±0,16		
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	Testemunha	4,72 a	4,69	±0,13	0,2744	99
	<i>D. childiae</i>	4,46 a	4,41	±0,22		
<i>Centrolobium tomentosum</i>	Testemunha	0,8 a	0,82	±0,12	< 0,0001	20
	<i>D. childiae</i>	2,17 b	2,59	±0,41		

Continuação Tabela 6						
Espécies arbóreas		Mediana	Média	Erro padrão	Valor p	U
<i>Amburana cearensis</i>	Testemunha	10,9 a	11,23	±0,49	0,1748	92
	<i>D. childiae</i>	9,41 a	10,60	±0,85		
<i>Paubrasilia echinata</i>	Testemunha	1,33 a	1,23	±0,13	0,0012	42
	<i>D. childiae</i>	2,08 b	4,59	±1,99		
<i>Cariniana legalis</i>	Testemunha	1,72 a	1,96	±0,18	0,0001	27
	<i>D. childiae</i>	3,68 b	3,88	±0,49		
Moldenhawera papillanthera	Testemunha	0,67a	0,73	±0,08	0,0001	5
	<i>D. childiae</i>	2,15 b	2,30	±0,22		
<i>Parkia pendula</i>	Testemunha	1,44 a	1,50	±0,14	< 0,0001	7
	<i>D. childiae</i>	3,08 b	3,92	±0,49		
<i>Barnebydendron riedelii</i>	Testemunha	4,33 a	4,22	±0,24	0,0047	53
	<i>D. childiae</i>	6,37 b	7,49	±1,03		
<i>Paratecoma peroba</i>	Testemunha	0,12 a	0,36	±0,13	0,0007	38,5
	<i>D. childiae</i>	1,55 b	2,91	±1,27		
<i>Dalbergia nigra</i>	Testemunha	1,03 a	1,60	±0,41	0,0237	68
	<i>D. childiae</i>	3,06 b	2,87	±0,33		
<i>Lecythis pisonis</i>	Testemunha	3,06 a	3,01	±0,27	0,1632	91
	<i>D. childiae</i>	2,55 a	2,59	±0,24		
<i>Bowdichia virgilioides</i>	Testemunha	1,68 a	1,88	±0,23	0,0015	44
	<i>D. childiae</i>	2,24 b	2,66	±0,26		
<i>Astronium concinnum</i>	Testemunha	0,65 a	0,79	±0,15	< 0,0001	17
	<i>D. childiae</i>	2,96 b	4,05	±0,85		
<i>Terminalia mameluco</i>	Testemunha	0,6 a	0,72	±0,19	< 0,0001	14
	<i>D. childiae</i>	2,45 b	2,47	±0,17		
<i>Cordia trichotoma</i>	Testemunha	1,53 a	1,46	±0,18	0,0765	81
	<i>D. childiae</i>	1,95 a	2,57	±0,52		
<i>Aspidosperma pyricollum</i>	Testemunha	0,78 a	1,09	±0,26	< 0,0001	0
	<i>D. childiae</i>	14,04 b	14,14	±0,74		
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Testemunha	1,82 a	1,83	±0,17	< 0,0001	22
	<i>D. childiae</i>	4,83 b	6,03	±1,08		
<i>Libidibia ferrea</i>	Testemunha	0,24 a	0,33	±0,07	< 0,0001	0
	<i>D. childiae</i>	1,82 b	2,30	±0,34		
<i>Spondias venulosa</i>	Testemunha	1,6 a	2,35	±0,57	< 0,0001	20
	<i>D. childiae</i>	5,43 b	6,22	±0,79		
<i>Clarisia racemosa</i>	Testemunha	1,5 a	1,51	±0,10	0,1521	90
	<i>D. childiae</i>	1,83 a	2,00	±0,27		
<i>Astronium graveolens</i>	Testemunha	1,26 a	1,35	±0,13	0,0382	73
	<i>D. childiae</i>	1,63 b	2,26	±0,46		
<i>Handroanthus serratifolius</i>	Testemunha	0,33 a	0,32	±0,04	< 0,0001	0
	<i>D. childiae</i>	2,91 b	4,42	±1,05		
<i>Pterocarpus rohrii</i>	Testemunha	2,08 a	2,35	±0,19	< 0,0001	11
	<i>D. childiae</i>	4,54 b	6,11	±1,11		

Continuação Tabela 6						
Espécies arbóreas		Mediana	Média	Erro padrão	Valor p	U
<i>Joannesia princeps</i>	Testemunha	3,98 a	4,03	±0,25	< 0,0001	4
	<i>D. childiae</i>	9,04 b	11,91	±2,08		
<i>Basiloxylon brasiliensis</i>	Testemunha	7,45 a	7,58	±0,60	0,0023	47
	<i>D. childiae</i>	10,68 b	11,27	±1,23		
<i>Senegalia polyphylla</i>	Testemunha	0,40 a	0,44	±0,10	< 0,0001	2
	<i>D. childiae</i>	2,06 b	2,16	±0,18		

\*As medianas seguidas na vertical em pares (testemunha x *Daldinia childiae*) por uma mesma letra não diferem entre si, a 5 % de probabilidade.

\*\*Valor p: probabilidade de significância

\*\*\* U: Teste de Mann-Whitney

Do mesmo modo, quando a comparação considerou a ação de *Ganoderma philippii*, somente as espécies *Zeyheria tuberculosa*, *Amburana cearensis* e *Lecythis pisonis* não apresentaram diferenças significativas (Tabela 7).

**Tabela 7.** Comparação entre valores de perda de massa em porcentagem % das amostras testemunhas e das amostras submetidas ao ataque de *Ganoderma philippii* (Bres. & Henn. Ex Sacc.) Bres., seus respectivos valores de mediana, média, erro padrão, valor p e U

Espécies arbóreas		Mediana	Média	Erro padrão	Valor p	U
<i>Tachigali vulgaris</i>	Testemunha	1,82 a	1,77	±0,33	0,0003	33
	<i>G. philippii</i>	3,37 b	3,68	±0,32		
<i>Manilkara longifolia</i>	Testemunha	0,84 a	1,16	±0,29	0,002	46
	<i>G. philippii</i>	2,23 b	3,96	±1,60		
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	Testemunha	4,72 b	4,69	±0,13	0,2136	95
	<i>G. philippii</i>	5,04 b	5,53	±0,47		
<i>Centrolobium tomentosum</i>	Testemunha	0,8 a	0,82	±0,12	0,0093	59
	<i>G. philippii</i>	1,18 b	4,86	±3,08		
<i>Amburana cearensis</i>	Testemunha	10,9 a	11,23	±0,49	0,407	106
	<i>G. philippii</i>	11,11 a	14,36	±1,56		
<i>Paubrasilia echinata</i>	Testemunha	1,33 a	1,23	±0,13	0,0005	35
	<i>G. philippii</i>	2,21 b	2,81	±0,49		
<i>Cariniana legalis</i>	Testemunha	1,72 a	1,96	±0,18	< 0,0001	16
	<i>G. philippii</i>	5,57 b	8,00	±1,72		
<i>Moldenhawera papillanthera</i>	Testemunha	0,67 a	0,73	±0,08	< 0,0001	0
	<i>G. philippii</i>	2,87 b	7,81	±2,91		
<i>Parkia pendula</i>	Testemunha	1,44 a	1,50	±0,14	< 0,0001	20
	<i>G. philippii</i>	3,39 b	9,82	±3,22		
<i>Barnebydendron riedelii</i>	Testemunha	4,33 a	4,22	±0,24	0,002	46
	<i>G. philippii</i>	6,87 b	10,22	±2,03		
<i>Paratecoma peroba</i>	Testemunha	0,12 a	0,36	±0,13	0,002	46
	<i>G. philippii</i>	0,83 b	1,00	±0,17		
<i>Dalbergia nigra</i>	Testemunha	1,03 a	1,60	±0,41	0,0237	68
	<i>G. philippii</i>	2,76 b	3,39	±0,70		

Continuação Tabela 7						
Espécies arbóreas		Mediana	Média	Erro padrão	Valor p	U
<i>Lecythis pisonis</i>	Testemunha	3,06 a	3,01	±0,27	0,5217	111
	<i>G. philippii</i>	2,79 a	2,87	±0,24		
<i>Bowdichia virgilioides</i>	Testemunha	1,68 a	1,88	±0,23	0,0159	64
	<i>G. philippii</i>	2,07 b	2,13	±0,12		
<i>Astronium concinnum</i>	Testemunha	0,65 a	0,79	±0,15	< 0,0001	18
	<i>G. philippii</i>	4,0 b	6,04	±1,22		
<i>Terminalia mameluco</i>	Testemunha	0,6 a	0,72	±0,19	< 0,0001	6
	<i>G. philippii</i>	6,13 b	6,69	±1,26		
<i>Cordia trichotoma</i>	Testemunha	1,53 a	1,46	±0,18	0,0007	38
	<i>G. philippii</i>	2,97 b	6,35	±2,03		
<i>Aspidosperma pyricollum</i>	Testemunha	0,78 a	1,09	±0,26	0,0006	37
	<i>G. philippii</i>	1,67 b	3,30	±0,90		
<i>Copaifera langsdorfii</i>	Testemunha	1,82 a	1,83	±0,17	0,0002	30
	<i>G. philippii</i>	3,88 b	6,70	±2,04		
<i>Libidibia ferrea</i>	Testemunha	0,24 a	0,33	±0,07	< 0,0001	0
	<i>G. philippii</i>	2,2 b	3,67	±0,86		
<i>Spondias venulosa</i>	Testemunha	1,6 a	2,35	±0,57	< 0,0001	21
	<i>G. philippii</i>	5,37 b	6,63	±1,41		
<i>Clarisia racemosa</i>	Testemunha	1,5 a	1,51	±0,10	0,0382	73
	<i>G. philippii</i>	2,1 b	2,08	±0,23		
<i>Astronium graveolens</i>	Testemunha	1,26 a	1,35	±0,13	0,0159	64
	<i>G. philippii</i>	2,95 b	2,89	±0,44		
<i>Handroanthus serratifolius</i>	Testemunha	0,33 a	0,32	±0,04	< 0,0001	0
	<i>G. philippii</i>	1,55 b	2,14	±0,54		
<i>Pterocarpus rohrii</i>	Testemunha	2,08 a	2,35	±0,19	< 0,0001	14
	<i>G. philippii</i>	6,56 b	13,56	±3,80		
<i>Joannesia princeps</i>	Testemunha	3,98 a	4,03	±0,25	< 0,0001	2
	<i>G. philippii</i>	9,74 b	16,31	±3,42		
<i>Basilloxylon brasiliensis</i>	Testemunha	7,45 a	7,58	±0,60	0,0067	56
	<i>G. philippii</i>	9,57 b	11,22	±1,12		
<i>Senegalia polyphylla</i>	Testemunha	0,40 a	0,44	±0,10	< 0,0001	1
	<i>G. philippii</i>	3,03 b	5,99	±1,61		

\*As medianas seguidas na vertical em pares (testemunha x *Ganoderma philippii*) por uma mesma letra não diferem entre si, a 5 % de probabilidade.

\*\*Valor p: probabilidade de significância

\*\*\* U: Teste de Mann-Whitney

Além disso, pode-se considerar que a maioria das espécies arbóreas sofreu a ação tanto por *Daldinia childiae* quanto por *Ganoderma philippii*, evidenciada pela perda de massa estatisticamente maior em relação às amostras que não continham os fungos (testemunhas).

De certa forma, espera-se que espécies de alta densidade sejam mais resistentes a fungos apodrecedores de madeira, como observado por Melo & Paes (2006), que encontraram uma relação diretamente proporcional entre a densidade e a resistência das madeiras de *Cordia*

*trichotoma*, *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir., *Croton sonderianus* Meull. Arg., *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. aos fungos *Postia placenta* (Fr.) M. J. Larsen & Lombard e *Polyporus fumosus* (Pers.) Fr., em que as espécies de maior densidade foram mais resistentes.

Essa relação também foi observada por Paes *et al.* (2002) em um estudo sobre a ação de organismos xilófagos em espécies da Caatinga. E por Stallbaun *et al.* (2016) que verificaram que os corpos de prova de *Tachigali vulgaris* com maior densidade demonstraram maior resistência ao fungo *Postia placenta*. Porém, Paes *et al.* (2007) observaram que as espécies de maior densidade foram mais resistentes ao apodrecimento provocado por *Postia placenta* e *Polyporus fumosus*, mas dentro de uma mesma espécie a resistência natural nem sempre esteve relacionada à sua densidade.

As espécies *Libidibia ferrea*, *Senegalia polyphylla*, *Handroanthus serratifolius*, *Paubrasilia echinata* e *Aspidosperma pyricollum* são as cinco espécies testadas de maior densidade básica (1,08; 1,027; 1,027; 0,973, 0,94 g/cm<sup>3</sup>), respectivamente (Tabela 3). Apresentaram diferenças significativas quando comparadas com a testemunha, ou seja, perderam massa pela ação dos fungos, apesar de terem sido classificadas como altamente resistentes à *Daldinia childiae* e *Ganoderma philippii* (Tabela 5). Enquanto as espécies, também classificadas como altamente resistentes, *Zeyheria tuberculosa*, *Lecythis pisonis*, *Cordia trichotoma* e *Clarisia racemosa*, exceto *Amburana cearensis* considerada resistente para *Ganoderma philippii* (Tabela 5) são espécies de densidade média a alta (0,795; 0,855; 0,595; 0,708; 0,602 g/cm<sup>3</sup>), respectivamente (Tabela 3) não diferiram significativamente da testemunha (Tabela 6 e Tabela 7). Não sendo observada uma relação clara entre a densidade dessas espécies e a resistência aos fungos *Daldinia childiae* e *Ganoderma philippii*.

Em um estudo de Paes *et al.*, 2009 que avaliou a resistência natural de algaroba [*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.], angico vermelho [*Anadenanthera colubrina* var. *cebil* (Vell.) Brenan.] aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão), braúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl. ), cássia (*Senna siamea* Lam. H. S Irwin. & Barneby), craibeira (*Tabebuia aurea* Benth. & Hook. f. ex. S. Moore), cumaru [*Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Sm.], pau-d'arco [*Tabebuia impetiginosa* (Mart. Ex. A. DC.) Standl.] e pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Mart. & Zucc.) a fungos xilófagos em simuladores de campo, *Amburana cearensis* apresentou correlação significativa entre resistência e densidade, e a quantidade de extrativos solúveis em água quente não teve relação com a resistência dessa madeira. Sendo *Amburana cearensis* e *Senna siamea* as mais deterioradas.

De modo geral, Alves *et al.* (2006) não observaram relação entre a resistência natural das espécies de madeira com suas massas específicas. Em um estudo que considerava quatro posições na direção medula-casca, Paes *et al.*, (2002) observaram que a resistência natural da madeira de *Corymbia maculata* (Hook.) K. D. Hill & L. A. S. Johnson (*Eucalyptus maculata* Hook) teve relação inversa com a densidade, sendo as partes menos densas mais resistentes à deterioração biológica.

De modo semelhante, Paes *et al.* (2004) observaram que madeiras de alta densidade como a aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão), a braúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl.), acássia [*Senna siamea* (Lam.) H.S. Irwin & Barneby] e o ipê [*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standl.] foram tão resistentes quanto o angico [*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan] e o cumaru (*Amburana cearensis*), que apresentaram densidades mais baixas. E que espécies como a braúna (*Schinopsis brasiliensis*) (posição 4 medula-casca), que possui madeira de densidade alta, foram mais deterioradas por fungos; enquanto espécies menos densas, como a craibeira [*Tabebuia aurea* (Silva Manso) Benth. & Hook. f. ex S. Moore] e o cumaru (*Amburana cearensis*) foram tão resistentes quanto as madeiras mais densas. Dessa forma, concluíram que madeiras compactas e densas nem sempre podem conferir alta resistência a fungos.

Além disso, observou-se a liberação de extrativos devido à formação de gotículas em algumas peças de madeira, principalmente em *Paubrasilia echinata* (Figura 8) em termos de número de amostras que tiveram a liberação sob a ação de *Daldinia childiae* e em quantidade visualmente observada sob a ação de *Ganoderma philippii*. Como pode-se observar na Figura 8 alguns corpos de prova apresentaram certa distinção entre a superfície coberta por micélio fúngico, sem a liberação de extrativos e a superfície com liberação de extrativos, sem o desenvolvimento expressivo do micélio fúngico. O que sugere que para as amostras de *Paubrasilia echinata* os extrativos podem estar inibindo o crescimento do fungo presente na amostra e conferindo certa resistência, tendo em vista que a espécie obteve a classificação de altamente resistente para ambos os fungos e uma das espécies com menor perda de massa quando submetida à *Ganoderma philippii* (Figura 6).

A madeira de *Paubrasilia echinata*, de acordo com Silva (2007) possui alto teor de extrativos no cerne, um padrão normalmente esperado para angiospermas. O mesmo autor associou as modificações na composição de polissacarídeos da parede celular do cerne dessa espécie por fungos apodrecedores à diminuição de outros polímeros, além dos xilanos. E observaram que as diferenças no teor de ligninas e polissacarídeos hemicelulósicos entre a madeira de *Paubrasilia echinata* e de *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenae apontaram que a resistência natural apresentada por *Paubrasilia echinata* não pode ser devido a um fator isolado, mas possivelmente à interação de vários dos seus componentes, incluindo extrativos e polímeros da parede celular.

Pinitol e galactopinitol A foram os principais álcoois de açúcar encontrados por Silva *et al.*, (2007) nos extrativos da madeira de *Caesalpinia echinata* (atual *Paubrasilia echinata*), entretanto sua presença não parece estar relacionada à resistência à decomposição de fungos. E apontam que, provavelmente, a alta resistência dessa madeira à xilófagos pode ser atribuída a extrativos tóxicos na madeira.

No estudo de Silva *et al.*, (2007) foram avaliados efeitos de *Pycnoporus sanguineus* (Fr.) Murr., *Gloeophyllum trabeum* (pers.: Fr.) Murrill, *Chaetomium globosum* Kunze e *Cryptotermes brevis* sobre a perda de peso e composição química de extrativos e polissacarídeos da parede celular da madeira de *Caesalpinia echinata* Lam. (atual *Paubrasilia echinata* Gagnon, H.C. Lima & G.P. Lewis). Os resultados apontaram que o cerne dessas espécies é altamente resistente a fungos apodrecedores de madeira e cupins de madeira seca, quando comparado à *Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brennan, que é conhecido por ser altamente durável e apontam que a alta resistência dessa espécie à xilófagos pode ser atribuída a extrativos tóxicos na madeira.

Diante disso, são necessários estudos posteriores que visem definir as classes de substâncias que compõem o extrativo de *Paubrasilia echinata*. Além da relação entre essas substâncias e a sua resistência natural à *Daldinia childiae* e *Ganoderma philippii*.

Como anteriormente visto, a perda de massa da madeira pode ser conferida pela saída dos extrativos quanto pelo apodrecimento fúngico (Oliveira *et al.*, 2005). De tal maneira, pode-se esperar que a perda de massa nas espécies com liberação de extrativos possa ter sido influenciada tanto pela saída dessas substâncias, quanto pela ação dos fungos. Contudo, grande parte das amostras de *Lecythis pisonis* apresentaram liberação de extrativos sob a ação de *Daldinia childiae* e *Ganoderma philippii* e desenvolvimento pouco expressivo do micélio fúngico na superfície de seus corpos de prova (Figura 9). E ainda assim, não apresentaram perda de massa estatisticamente superior em relação à testemunha, o que demonstra que a saída de extrativos não influenciou suficientemente para provocar uma redução estatisticamente significativa em sua massa. E que a composição de seu extrativo pode conferir resistência à *Daldinia childiae* e *Ganoderma philippii*, tendo em vista que foi classificada como altamente resistente (Tabela 5) e não esteve entre as espécies com maior perda de massa em ambos os

tratamentos fúngicos (Figura 6 e Figura 7), sendo necessários estudos posteriores envolvendo extrativos e sua relação com a resistência da espécie aos fungos testados.

Amostras de *Clarisia racemosa* apresentaram quantidade aparentemente grande de extrativos quando sob a ação de *Ganoderma philippii* (Figura 9) e foi classificada como altamente resistente (Tabela 5) e uma das espécies de menos perdeu massa quando comparada com as demais (Figura 7). As espécies *Moldenhawera papillanthera*, *Astronium graveolens*, *Handroanthus serratifolius* e *Basiloxylon brasiliensis* também apresentarem liberação considerável de extrativos para ambos os fungos testados (Figura 10).

Enquanto, *Moldenhawera papillanthera* considerada altamente resistente (Tabela 5) e com um dos menores valores de perda de massa para *Daldinia childiae* e valores de perda de massa intermediários para *Ganoderma philippii* (Figura 6 e Figura 7); *Handroanthus serratifolius* e *Astronium graveolens* consideradas altamente resistentes (Tabela 5) tiveram um dos menores valores de perda de massa para *Daldinia childiae* e *Ganoderma philippii*. E *Basiloxylon brasiliensis* considerado resistente e com um dos menores valores de perda de massa para ambos os tratamentos fúngicos (Tabela 5, Figura 6 e Figura 7), como mencionado anteriormente, apresentou liberação considerável de extrativos para *Daldinia childiae* e *Ganoderma philippii*.

Diante dessas observações pode-se destacar a importância desses extrativos como uma provável forma de resistência da madeira, principalmente de *Paubrasilia echinata*, *Clarisia racemosa* e *Lecythis pisonis*, que tiveram uma liberação mais expressiva, podendo também ser uma possível alternativa de controle para *Daldinia childiae* e *Ganoderma philippii* e um critério a ser considerado na seleção de espécies de madeira.

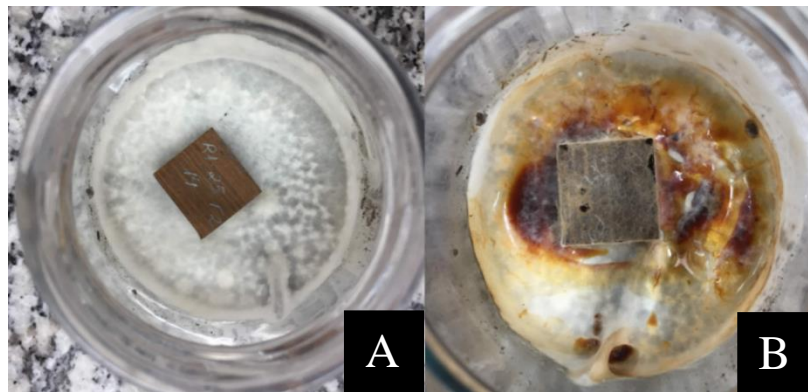
A perda de massa, o teor de extrativos e o potencial de resistência natural são diretamente relacionados (CARNEIRO *et al.*, 2009). Mas apesar disso, como observado para *Basiloxylon brasiliensis*, cujo extrativo parece não inibir completamente a ação de *Daldinia childiae* e *Ganoderma philippii*, não se pode associar o potencial de resistência natural apenas ao teor (quantidade de extrativos) e a massa específica da madeira, mas deve-se considerar também as classes químicas (qualidade dos extrativos) (STANGERLIN *et al.*, 2013). Por isso são necessários de estudos posteriores que definam a composição química dos extrativos dessas espécies, tendo em vista que podem possuir diferentes classes de substâncias com potenciais distintos.



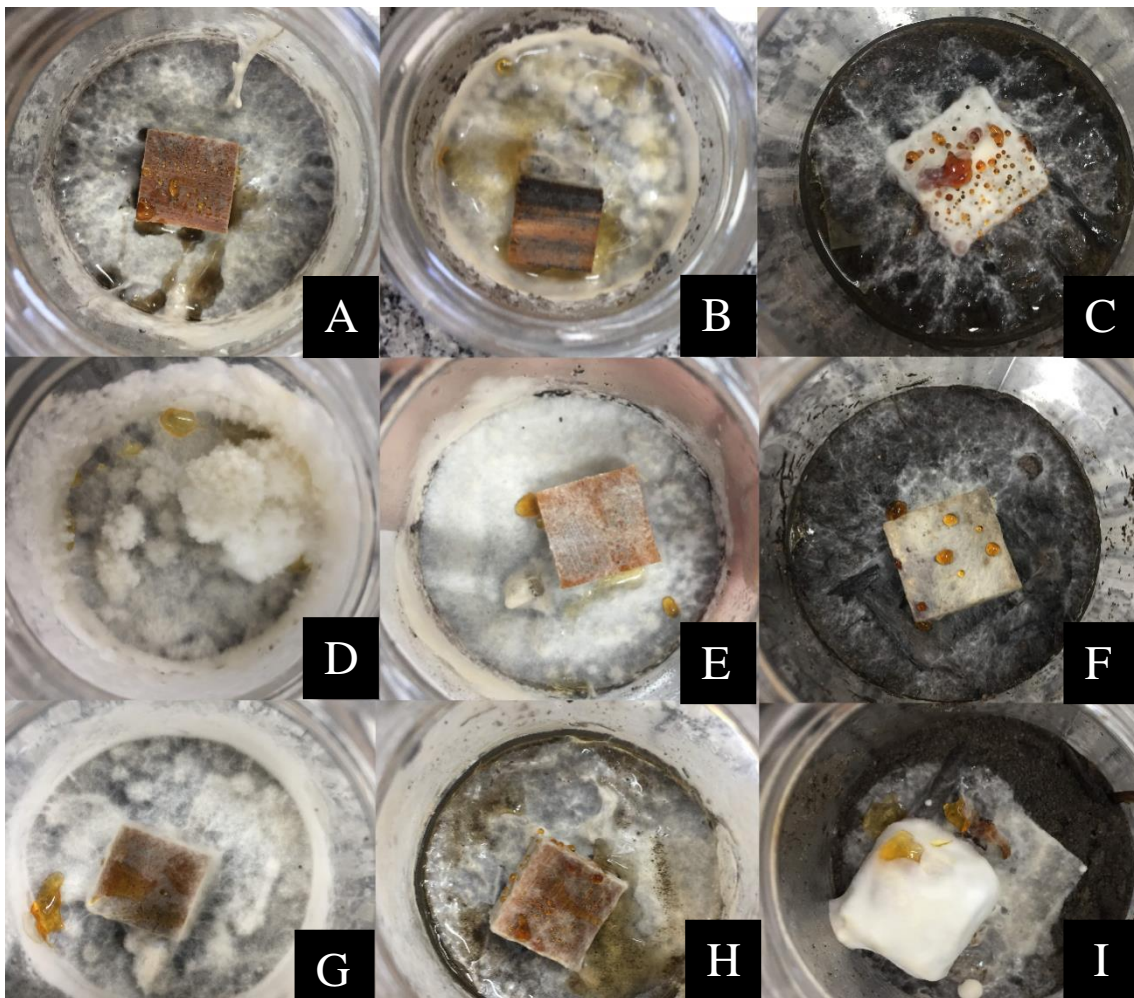
**Figura 8:** A - Amostra 7-F2-9, peça de *Paubrasilia echinata* (Lam.) Gagnon, H.C. Lima & G.P. Lewis após o ataque do *Ganoderma philippii* (Bres. & Henn. Ex Sacc.) Bres. com liberação de grande quantidade de extrativos após 16 semanas de exposição. B – Amostra 11-



F2-2, peça de *Barnebydendron riedelii* (Tul.) J.H. Kirkbride coberta pelo micélio do *Ganoderma philippii* após 16 semanas de exposição fúngica. Fotos: Próprio autor.



**Figura 9:** A - Amostra 25-F2-14, contendo peça de *Clarisia racemosa* Ruiz & Pav. no momento em que foi introduzida no frasco contendo o micélio do *Ganoderma philippii* (Bres. & henn. Ex Sacc.) Bres. B- Amostra 25-F2-14 contendo peça de *C. racemosa* após 16 semanas de exposição ao *Ganoderma philippii*, apresentando liberação de grande quantidade de extrativos. Fotos: Próprio autor.



**Figura 10:** Exemplos de algumas amostras que apresentaram visualmente a liberação de extrativos. A – Amostra 14-F2-10 (*Lecythis pisonis* Cambess.) após 16 semanas de exposição

ao fungo; B - Amostra 32-F2-10 (*Basioxylon brasiliensis* (All.) K. Schum) após 16 semanas de exposição ao fungo; C - Amostra 27-F1-8 (*Astronium graveolens* Jacq.) após 16 semanas de exposição ao fungo; D - Amostra 32-F2-6 (*B. brasiliensis*) após 16 semanas de exposição ao fungo; E - Amostra 28-F2-3 (*Handroanthus serratifolius* (Vahl.) S. O. Grose) após 16 semanas de exposição ao fungo; F - 9-F1-12 (*Moldenhawera papillanthera* L.P. Queiroz, G. P. Lewis & R. Allkin); Amostra após 16 semanas de exposição ao fungo; G- Amostra 14-F2-12 (*L. pisonis*) após 16 semanas de exposição ao fungo; H - Amostra 14-F2-5 (*L. pisonis*) - após 16 semanas de exposição ao fungo; I - Amostra 9-F2-9 (*M. papillanthera*) após 16 semanas de exposição ao fungo. (Entende-se F1 *Daldinia childiae* J.D. Rogers & Y.M. Ju, in Rogers, JU, Watling & Whalley e F2 = *Ganoderma philippii* (Bres. & henn. Ex Sacc.) Bres.). Fotos: Próprio autor.



**Figura 11:** A - Amostra 31-F2-4, peça de *Joannesia princeps* Vell. coberta pelo micélio do *Ganoderma philippii* (Bres. & henn. Ex Sacc.) Bres. após 16 semanas de exposição. B - Amostra 31-F2-4, peça de *Joannesia princeps* Vell. após a remoção do micélio do *Ganoderma philippii*, apresentando a perda de massa decorrente do ataque fúngico. Fotos: Próprio autor.

Baseados na ação de *Polyporus sanguineus* (L.ex.Fr.) Murr., *Polyporus versicolor* L.ex.Fr. e *Ganoderma applanatum* (Wall) Pat., Flores & Pérez (2016) também classificou *Tabebuia serratifolia* (Vahl) G. Nichols [sinônimo de *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose] como altamente resistente, assim como *Clarisia racemosa*. E constatou que a porcentagem de extrativos de madeira dessas espécies teve alta correlação com a durabilidade natural da madeira, ao passo que a densidade básica não apresentou correlação significativa com a resistência à ação destrutiva dos três fungos estudados.

O estudo de Paes *et al.* (2005) mostrou que a resistência das espécies testadas não teve relação com a densidade das madeiras estudadas e que não estava associada à concentração de extrativos solúveis em água quente, sugerindo que a resistência possa estar ligada a outras classes de extrativos, que não foram extraídos em água quente. Em uma análise da influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira, Oliveira *et al.* (2005b) concluiu que os solventes utilizados não foram capazes de remover os componentes químicos da madeira de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) que conferem resistência ao apodrecimento provocado pelo fungo *Gloeophyllum trabeum* (Podridão Parda). E ainda, observou que cada uma das espécies estudadas: candeia (*Vanillosmopsis erythropappa* Schult. Bip.), cerejeira [*Amburana cearensis* (Allem.) A. C. Sm.], jacarandá-caviúna (*Machaerium scleroxylon* Tul.) e de eucaliptos [*Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson e

*Eucalyptus gummifera* Hochr.] possuem componentes específicos responsáveis pela resistência natural ao apodrecimento solúveis em solventes distintos. E ainda que a eficiência de cada solvente usado na remoção dos extrativos que fornecem essa resistência a *Gloeophyllum trabeum* depende da espécie de madeira.

Ademais, Paes *et al.* (2004) não encontraram uma boa relação entre a quantidade de substância extraída em água quente e a resistência da madeira aos fungos *Postia placenta* e *Neolentinus* em quatro posições na direção medula-casca, com exceção das madeiras de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) e braúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl.). Isso porque, espécies que apresentaram altos teores de extrativos, como aroeira (posições 1, 2 e 3), a braúna (posições 1, 2 e 3), cássia [*Senna siamea* (Lam.) H.S. Irwin & Barneny] (posições 1 e 2) e cumaru (*Amburana cearensis*) (todas as posições), foram tão resistentes quanto o angico [*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan] e o ipê [*Tabebuia pyrifolium* [Mart.]], que apresentaram teores de extrativos mais baixos. Entretanto, para aroeira e braúna, as amostras das posições 1, 2 e 3, que apresentaram altos teores de extrativos, foram mais resistentes que as tomadas na posição 4, contendo menos extrativos. Assim, concluíram que a resistência das madeiras pode estar relacionada a outros tipos de substâncias, que não foram solúveis em água quente.

Assim como observado para *Daldinia childiae* e *Ganoderma philippii*, *Clarisia racemosa* quando submetida a *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat., *Trametes versicolor* (L: Fr.) Pilát, *Pycnoporus sanguineus* (Linn: Fr.) Murrill, *Meruliporia incrassata* (Berk. et Curt.) Burt, e *Gloeophyllum trabeum* (Pers ex Fr.) Murrill foi classificada de acordo com o método ASTM D 2017-81 como altamente resistente. Além de apresentar grande conteúdo de extrativos quando comparada a *Apuleia leiocarpa* (Vogel) J.F. Marckr, *Astronium gracile* Engl., *Bagassa guianensis* Aubl., *Brosimum acutifolium* Huber, *Brosimum parinarioides* Ducke, *Caryocar villosum* (Aubl.) Pers., *Cedrella odorata* L., *Cordia goeldiana* Huber, *Couratari multiflora* (Sm.) Eyma, *Diploporis purpurea* (Rich.) Amstroff, *Dipteryx odorata* (Aubl.) Willd, *Erismia uncinatum* Warm., *Hymenaea courbaril* L., *Hymenolobium petraeum* Ducke, *Jacaranda copaia* (Aubl.) D. Don, *Laetia procera* (Poepp.) Eichler, *Manilkara huberi* (Ducke) Chevalier, *Mezilaurus itauba* (Meisn) Taub ex Mez, *Parkia multijuga* Benth., *Pouteria pachycarpa* Pires, *Sextonia rubra* (Mez) van der Werff, *Simarouba amara* Aubl., *Tabebuia incana* A.H. Gentry, *Trattinnickia rhoifolia* Willd., *Vatairea paraenses* Ducke, *Virola caducifolia* W.A. Rodrigues, *Vochysia máxima* Ducke (CARNEIRO *et al.*, 2009).

Assim como observado para *Daldinia childiae* e *Ganoderma philippii*, *Cordia trichotoma* (Vell.) Arráb. ex Stend. quando classificada por Melo & Paes (2006) foi considerada muito resistente (0-10%) para todas as posições medula-casca 1- Interna; 2- Med.Int.; 3- Med. Ex.; 4- Externa quando submetida à *Postia placenta* (Fr.) M.J. Larsen & Lombard e moderadamente resistente para posição 4, quando atacada por *Polyporus fumosus* Pers. Ex. Fr. De modo similar, *Cordia trichotoma* quando submetida ao fungo *Polyporus fumosus* Pers. ex Fries em sua posição 4 medula-casca apresentou resistência moderada e em relação ao fungo *Postia placenta* (Fr.) M. J. Lars. & Lomb. foi considerada muito resistente (PAES *et al.*, 2007)

Apesar dos resultados apontarem a classificação de altamente resistente para *Tachigali vulgaris* quando submetida à *Daldinia childiae* e *Ganoderma philippi* (Tabela 5), autores como Carvalho (2005) e Sousa *et al.* (2016) consideraram a madeira de *Tachigali vulgaris* (*Sclerobium paniculatum* Vogel, *Sclerobium paniculatum* Vogel var. *paniculatum*) como de baixa resistência natural ao apodrecimento. No entanto, Stallbaun *et al.* (2016) a classificou como resistente ao fungo *Postia placenta* em três amostras da região central e altamente resistente no topo e na base conforme as posições longitudinais do tronco; observando maior resistência em comparação com *Pinus* sp. (utilizado como tratamento controle). Além de que

os corpos de prova de *Tachigali vulgaris* com maior densidade foram mais resistentes à *Postia placenta*.

Semelhante ao resultado obtido para *Daldinia childiae* e *Ganoderma philippii* (Tabela 5), em um estudo que avaliou a resistência natural do cedro espanhol (*Cedrela odorata* L.), ipê amarelo [*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O. Grose] e tauari (*Couratari* sp.) ao fungo de *Pycnoporus sanguineus* (L.: Fr.) Murrill (Podridão Branca), utilizando como madeira de controle, lenha (*Cecropia* sp.), de baixa resistência natural. *Handroanthus serratifolius* foi considerada como altamente resistente e a mais resistente ao ataque de fungos dentre as avaliadas (REIS et al., 2019).

Estudos que visem à adequação do período de ataque dos fungos apodrecedores *Gloeophyllum trabeum* (Pers.) Murrill e *Trametes versicolor* (L.Fr.) Pilát. estabelecido pela ASTM D2017 para as madeiras tropicais são sugeridos por STANGERLIN et al. (2013) podendo ser feita uma revisão desse parâmetro na norma. O que demonstra a carência de estudos que expliquem esse tipo de comportamento e de uma norma aplicada às espécies tropicais e a fungos como *Daldinia childiae* e *Ganoderma philippii*.

Pode-se compreender, por conseguinte, que existem uma série de fatores que podem influenciar a resistência natural de madeiras a fungos apodrecedores. Fatores como a posição em que a peça de madeira foi retirada, o tipo de fungo apodrecedor, a intensidade de ataque desses fungos, as substâncias que compõem os extrativos e suas propriedades. Isso demonstra a complexidade dos fatores ligados à durabilidade da madeira (Oliveira et al., (2005a).

## 6 CONCLUSÕES

- Os fungos *Daldinia childiae* e *Ganoderma philippii* foram capazes de causar podridão na maioria das espécies testadas, devido à perda de massa estatisticamente significativa em relação às amostras testemunhas, que não foram inoculadas com fungos.
- As espécies arbóreas tropicais testadas apresentam diferentes níveis de resistência a *Daldinia childiae* e *Ganoderma philippii*, classificadas em sua maioria como altamente resistentes e algumas como resistentes. Algumas espécies arbóreas mais resistentes possuem compostos/metabólitos secundários (extrativos) que possivelmente inibem a ação desses fungos, podendo ser objeto de futuros estudos.
- Algumas espécies de madeira podem apresentar comportamentos distintos de acordo com o tipo de fungo que esteja atuando sobre ela;
- A liberação expressiva de extrativos em *Paubrasilia echinata*, *Lecythis pisonis* e *Clarisia racemosa* demonstra que tais extrativos podem ser uma forma de resistência da espécie aos fungos testados, alternativa para controle de *Daldinia childiae* e *Ganoderma philippii* e um critério para a seleção de madeiras para usos diversos (comerciais, arborização urbana). Sendo necessários estudos posteriores para definir as classes de substâncias presentes nos seus extrativos e a relação que possuem com a resistência a esses fungos. Tendo em vista que, como ocorreu com *Basiloxylon brasiliensis*, apesar de ter sido observada a liberação extrativos sob a ação de ambos os fungos a espécie de madeira apresentou um dos maiores valores de perda de massa, demonstrando que seu extrativo pode não ter as mesmas características do que os das espécies que tiveram menor perda de massa e foram classificadas como altamente resistentes.

## 7. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, N. A.; MENDES, L. M.; OKINO, E. Y. A.; GARLET, A.; MORI, F. A.; MENDES, R. F. Biodeterioração de produtos à base da madeira de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis*). **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 1, p. 17-26, 2012.

ALVES, M. V. S.; COSTA, A. F.; ESPIG, D. S.; VALE, A. T. Resistência natural de seis espécies de madeiras da região amazônica a fungos apodrecedores, em ensaios de laboratório. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 17-26, 2006.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D-2017: Standard Method for Accelerated Laboratory Test of Natural Decay Resistance of Woods. **Annual Book of ASTM Standards**, p. 5, 2005.

APRILE, F. M.; DELITTI, W. B. C.; BIANCHINI JR., I. Aspectos cinéticos da degradação de laminados de madeiras em ambientes aquático e terrestre. **Revista Brasileira de Biologia**, [s.l] v. 59, p. 485-492, 1999.

ARAÚJO, H. J. B.; MAGALHÃES, W. L. E.; OLIVEIRA, L. C. Durabilidade de madeira de eucalipto citriodora [*Corymbia citriodora* (Hook.) KD Hill & LAS Johnson] tratada com CCA em ambiente amazônico. **Acta Amazônica**, [s.l], v. 42, n. 1, p. 49-58, 2012.

ASHADUZZAMAN, M.; DAS, A. K.; KAYES, I.; SHAMS, M. I. Natural decay resistance of *Acacia auriculiformis* Cunn. ex. Benth and *Dalbergia sissoo* Roxb. **Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research**, [s.l], v. 46, n. 2, p. 225-230, 2011.

BALDRIAN, P. Enzymes of saprotrophic basidiomycetes. In: **British Mycological Society Symposia Series**. Academic Press, p. 19-41, 2008.

BARILLARI, C. T. **Durabilidade da madeira do gênero *Pinus* tratada com preservantes: avaliação em campo de apodrecimento**. 2002. 68 f. Tese de Doutorado (Doutorado em Recursos Florestais) - Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2002.

BERTOLINI, M. S. **Emprego de resíduos de *Pinus* sp tratado com preservante CCB na produção de chapas de partículas homogêneas utilizando resina poliuretana à base de mamona**. 2011. 126 f. Dissertação. (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo. São Carlos, 2011.

BLANCHETTE, R. A. A review of microbial deterioration found in archaeological wood from diferente environments. **International Biodeterioration and Biodegradation**, [s.l], v. 46, n. 3, p. 189-204, 2000.

BRADFORD, M. A.; WARREN II, R.J.; BALDRIAN, P., CROWTHER, T.W., MAYNARD, D.S., OLDFIELD, E.E., WIEDER, W.R., WOOD, S.A., KING, J.R. Climate fails to predict wood decomposition at regional scales. **Nature Climate Change**, [s.l] v. 4, n. 7, p. 625, 2014.

BRAZOLIN, S.; TOMAZELLO FILHO; M.; AMARAL, R. D. A. M.; OLIVEIRA NETO, M. A. Associação entre fungos apodrecedores e cupins subterrâneos no processo de biodeterioração do lenho de árvores de *Tipuana tipu* (Benth.) O. Kuntze da cidade de São Paulo, SP. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 215-224, 2010.

CALONEGO, F. W. **Efeito da termorreificação nas propriedades físicas, mecânicas e na resistência a fungos deterioradores da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden**. 2009. 149 f. Teste (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp. Botucatu, 2009.

CANUTO, K. M.; SILVEIRA, E. R. Constituintes químicos da casca do caule de *Amburana cearensis* AC Smith. **Química Nova**, [s.l.], v. 29, n. 6, p. 1241-1243, 2006.

CARNEIRO, J. S.; EMMERT, L.; STERNADT, G. H.; MENDES, J. C.; ALMEIDA, G. F. Decay susceptibility of Amazon wood species from Brazil against white rot and brown rot decay fungi. **Holzforschung**, [s.l.], v. 63, n. 6, p. 767-772, 2009.

CARVALHO, P. E. R. Taxi-Branco. **Embrapa Florestas-Circular Técnica (INFOTECA-E)**. 2005.

CARVALHO, D. E.; SANTINI, E. J.; GOUVEIA, F. N.; ROCHA, M. P. Resistência natural de quatro espécies florestais submetidas a ensaio com fungos apodrecedores. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 22, n. 2, p. 271-276, 2015.

CLAUSEN, C. A. Biodeterioration of wood. Wood handbook: wood as an engineering material: chapter 14. Centennial ed. General technical report FPL; GTR-190. Madison, WI: US Dept. of Agriculture, Forest Service, **Forest Products Laboratory**, [s.l.], v. 190, p. 1-16, 2010.

COSTA, M. A. **Avaliação de metodologias alternativas para caracterização do ataque de fungos apodrecedores de madeiras**. 2009. 82 f. Dissertação. (Mestrado em Ciências Florestais), Universidade de Brasília. Brasília, 2009.

COSTA, M. A.; COSTA, A. F.; PASTORE, T. C. M.; BRAGA, J. W. B.; GONÇALEZ, J. C. Caracterização do ataque de fungos apodrecedores de madeiras através da colorimetria e da espectroscopia de infravermelho. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 21, n. 3, p. 567-577, 2011.

DA COSTA, E. W. B. Natural decay resistance of wood. In: LIESE, W. (Ed.). **Biological Transformation of Wood by Microorganisms: INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT PATHOLOGY 2; 1975**, New York. Proceedings of the sessions on wood. Products pathology. New York: Springer-Verlag, p.103-117, 1975. 203p.

ENCINAS, O.; MORA, N. Patrones de degradación de las maderas de Pino caribe, Curarire y Drago por *Gloeophyllum trabeum*, *Trametes versicolor* y *Pycnoporus sanguineus*. **Revista Forestal Venezolana**, [s.l.], v. 47, n. 1, p. 1-14. 2003.

FINDLAY, W. P. K. The nature and durability of wood. In: Preservation of timber in the tropics. **Springer**, [s.l.], p. 1-13, 1985.

FLORES, V. R. G.; PÉREZ, A. Y. Durabilidad natural de diez maderas de madre de dios a la acción de tres hongos xilófagos. **Revista Forestal del Perú**, [s.l.], v. 14, n. 1, p.1-14, 2016.

FONSECA, M. D. P. **Estudo da Diversidade e Atividade Larvicida de Agaricomycetes Lignolíticos (Basidiomycota) no Estado do Amazonas**. 2016. 92 f. Tese (Doutorado em Biodiversidade e Conservação) - Universidade Federal do Amazonas. Manaus, 2016.

GOMES, J. I.; FERREIRA, G. C. Durabilidade natural de quatro madeiras amazônicas em contato com o solo. Embrapa Amazônia Oriental-**Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**. 2002.

GOMES, J. I.; SILVA, E. M. A.; MELO, A.T.S. Durabilidade de 15 espécies de madeiras amazônicas em contato com o solo em ambiente sombreado. Embrapa Amazônia Oriental-**Comunicado Técnico (INFOTECA-E)**, 2005.

HANADA, R. E.; SALES-CAMPOS, C.; ABREU, R. L. S.; PFENNING, L. Fungos emboloradores e manchadores de madeira em toras estocadas em indústrias madeireiras no município de Manaus, Amazonas, Brasil. **Acta Amazônica**, [s.l], v. 33, n. 3, p. 483-488, 2003.

HATAKKA, A. Lignin-modifying enzymes fungi: production and role from selected white-rot in lignin degradation. **FEMS Microbiology Reviews**, [s.l], v. 13, p. 125-135, 1994.

HIGUCHI, T. **Biochemistry and molecular biology of wood**. Springer Verlag, London, 1997;

IDRIS, A. S.; KUSHAIRI, A.; ISMAIL, S.; ARIFFIN, D. Selection for partial resistance in oil palm progenies to *Ganoderma* basal stem rot. **Journal of Oil Palm Research**, [s.l], v. 16, n. 2, p. 12-18, 2004.

JESUS, M. A.; ABREU, R. L. S. Durabilidade natural da madeira de pupunha (*Bactris gasipaes* Kunth). I. fungos. **Acta Amazonica**, [s.l], v. 32, n. 4, p. 663-663, 2002.

KELLEY, S. S.; JELLISON, J.; GOODELL, B. Use of NIR and pyrolysis-MBMS coupled with multivariate analysis for detecting the chemical changes associated with brown-rot biodegradation of spruce wood. **FEMS microbiology letters**, [s.l], v. 209, n. 1, p. 107-111, 2002.

KIRK, P. M.; CANNON, P. F.; MINTER, D. W.; STALPERS, J.A. **Dictionary of the fungi**. Surrey: CABI Publishing, 2008. 640p.

KIRK, T. K. Degradation and conversion of lignocelluloses. **The filamentous fungi**, v. 4, p. 266-295, 1983.

KÜES, U.; LIU, Y. Fruiting body production in basidiomycetes. **Applied microbiology and biotechnology**, [s.l], v. 54, n. 2, p. 141-152, 2000.

LAZAROTTO, M.; CAVA, S. S.; BELTRAME, R.; GATTO, D. A.; MISSIO, A. L.; GOMES, L. G.; MATTOSO, T. R. Resistência biológica e colorimetria da madeira termorretrificada de duas espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 40, n. 1, p. 135-145, 2016.

LUCHTEMBERG, P. H. Q. **Resistência natural de dez espécies de madeiras amazônicas submetidas ao ataque de fungos apodrecedores em ensaio de laboratório**. 2013. 45f.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília. Brasília, 2013.

MARTÍNEZ, A. T.; SPERANZA, M.; RUIZ-DUEÑAS, F.J.; FERREIRA, P.; CAMARERO, S.; GUILLÉN, F.; MARTÍNEZ, M. J.; GUTIÉRREZ, A.; DEL RÍO, J. C. Biodegradation of lignocellulosics: microbial, chemical, and enzymatic aspects of the fungal attack of lignin. **International Microbiology**, [s.l], v. 8, n. 3, p. 195-204, 2005.

MELO, R. R.; PAES, J. B. Resistência natural de quatro madeiras do semi-árido brasileiro a fungos xilófagos em condições de laboratório. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 2, p. 169-175, 2006.

MELO, R. R.; SANTINI, E. J.; PAES, J. B.; GARLET, A.; STANGERLIN, D. M.; MANEZZI, C. H. S. D. Resistência de painéis aglomerados confeccionados com madeira de *Eucalyptus grandis* e diferentes adesivos a fungos e cupins xilófagos. **Cerne**, Lavras, v. 16, p. 82-89, jul. 2010.

MENDES, A. S.; ALVES, M. V. S. A degradação da madeira e sua preservação. **Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal**, Brasília, 1988.

MENDES, R. F.; BORTOLETTO JÚNIOR, G.; GARLET, A.; ALMEIDA, N. F.; SURDI, P. G. Resistência ao ataque de fungos apodrecedores em painéis OSB termicamente tratados. **Cerne**, Lavras, v. 19, n. 4, p. 551-557, 2013.

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

MODES, K. S.; LAZAROTTO, M.; BELTRAME, R.; VIVIAN, M. A.; SANTINI, E. J.; MUNIZ, M. F. B. Resistência natural das madeiras de sete espécies florestais ao fungo *Pycnoporus sanguineus* causador da podridão-branca. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 407- 411, 2012.

MODES, K. S., SANTINI, E. J., VIVIAN, M. A.; GARLET, A. Influência da termorreificação na resistência a degradação biológica das madeiras de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 27, n. 3, p. 993-1002, 2017.

MORAIS, F. M.; COSTA, A. F. Alteração da cor aparente de madeiras submetidas ao ataque de fungos apodrecedores. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 2, n. 1, p. 44-50, 2007.

MORESCHI, J. C. **Biodegradação e preservação da madeira**. Curitiba: UFPR. 2013.49 p.

NEGRÃO, D. R. **Seleção de fungos degradadores de madeira para uso na destoca biológica de *Eucalyptus* spp.** 2011. 95 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Botucatu, 2011.

NETO, P. N. M. **Resistência natural da madeira de sete espécies de *Eucalyptus* a agentes xilófagos.** 2017. 123 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2017.



OKINO, E. Y. A.; ALVES, M. V. S.; TEIXEIRA, D. E.; SOUZA, M. R.; SANTANA, M. A. E. Biodegradação de chapas de partículas orientadas de pinus, eucalipto e cipreste expostas a quatro fungos apodrecedores. **Scientia Florestalis**, [s.l], n. 74, p. 67-74, 2007.

OLIVEIRA, J. T.; TOMAZELLO, M.; SILVA, J. C. Resistência natural da madeira de sete espécies de eucalipto ao apodrecimento. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 6, p.993-998, 2005a.

OLIVEIRA, J. T.; SOUZA, L.C.; LUCIA, R. M. D.; JUNIOR SOUZA, W. P. Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 819-826, 2005b.

OLIVEIRA, E. M. **Avaliações não destrutivas para o monitoramento de madeiras submetidas a fungos apodrecedores**. 2016. 128 f. Dissertação (Mestrado Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

ORTH, A. B.; ROYSE, D. J.; TIEN, M. Ubiquity of lignin-degrading peroxidases among various wood-degrading fungi. **Applied Environmental Microbiology**,[s.l], v. 59, n. 12, p. 4017-4023, 1993.

OTJEN, L.; BLANCHETTE, R. A. A discussion of microstructural changes in wood during decomposition by White rot basidiomycetes. **Canadian Journal of Botany**, [s.l], v. 64, n. 5, p. 905-911, 1986.

PAES, J. B. Resistência natural da madeira de *Corymbia maculata* (Hook.) KD Hill & LAS Johnson a fungos e cupins xilófagos, em condições de laboratório. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 761-767, 2002.

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

PAES, J. B.; MORAIS, V. M.; LIMA, C. R. Resistência natural de nove madeiras do semi-árido brasileiro a fungos causadores da podridão-mole. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 365-371,2005.

PAES, J. B.; MELO, R. R.; LIMA, C. R. Resistência natural de madeiras a fungos xilófagos em condições de laboratório. **Revista Ciências Agrárias**, Belém, n. 47, p. 199-210, 2007a.

PAES, J. B.; MELO, R. R.; LIMA, C. R. Resistência natural de sete madeiras a fungos e cupins xilófagos em condições de laboratório. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, 2007b.

PAES, J. B.; MORAIS, V. M.; LIMA, C. R.; SANTOS, G. J. C. Resistência natural de nove madeiras do semiárido brasileiro a fungos xilófagos em simulares de campo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 511-520, 2009.

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

PASANEN, H.; JUNNINEN, K.; BOBERG, J.; TATSUMI, S.; STENLID, J.; KOUKI, J. Life after tree death: Does restored dead wood host diferente fungal communities to natural woody substrates? **Forest Ecology and Management**, [s.l], v. 409, p. 863-871, 2018.

PELAEZ, F.; MARTINEZ, M. J.; MARTINEZ, A. T. Screening of 68 species of basidiomycetes for enzymes involved in lignina degradation. **Mycological Research**, [s.l], v. 99, n. 1, p. 37-42, 1995.

PINHEIRO, R. V. **Influência da preservação contra a demanda biológica em propriedades de resistência e de elasticidade da madeira**. São Carlos. Tese (Doutorado) -Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo. São Carlos, 2001.

POUSKA, V., MACEK, P.; ZÍBAROVÁ, L.; OSTROW, H. How does the richness of wood-decaying fungi relate to wood microclimate? **Fungal Ecology**, [s.l], v.27, p.178-181, 2017.

RAMOS, I. E. C.; PAES, J. B.; SOBRINHO, D. W. F.; SANTOS, G. J. C. Eficiência do CCB na resistência da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC) em ensaio de apodrecimento acelerado. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 811-820, 2006.

REIS, M. S. Variation in decay resistance of four wood species from Southeastern Brazil. **Holzforchung-International Journal of the Biology, Chemistry, Physics and Technology of Wood**, [s.l] v. 27, n. 3, p. 103-111, 1973.

REIS, A. R. S.; LOCH, A. G.; MOREIRA, S. M. C. O.; GONDIM, M. C.; SILVA, M. R., SANTOS, P. S. B. Natural resistance of wood from three forest species exposed to *Pycnoporus sanguineus* xylophagous fungus. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v. 6, n. 4, p. 839-842, 2019.

RICHARDSON, B. A. **Wood preservation**. Routledge, 2002.

ROLIM, S. G.; PIOTTO, D. **Silvicultura e tecnologia de espécies da Mata Atlântica**. Belo Horizonte, Editora Rona, 2018. 160 p.

SANTOS, M. B. S. B. **Resistência natural da madeira de três espécies da caatinga a um fungo de podridão parda**. 2018. 49 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró, 2018.

SILVA, C. A. **Análise da composição da madeira de *Caesalpinia echinata* Lam. (pau-brasil): subsidios para o entendimento de sua estrutura e resistência a organismos xilofagos**. 2007. 120 f. Tese (Doutorado em Biologia Celular e Estrutural) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2007.

SILVA, C. A.; MONTEIRO, M. B. B.; BRAZOLIN, S.; LOPEZ, G. A. C.; RICHTER, A.; BRAGA; M. R. Biodeterioration of brazilwood *Caesalpinia echinata* Lam. (Leguminosae—Caesalpinioideae) by rot fungi and termites. **International Biodeterioration & Biodegradation**, [s.l], v. 60, n. 4, p. 285-292, 2007.

SILVA, B. N. S. **Seleção de fungos apodrecedores de madeira e caracterização de basidiomicetos associados à podridão de tecidos de árvores vivas**. 2014. 92 f. Dissertação (Mestrado Agronomia/Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2014a.

SILVA, L. F.; PAES, J. B.; JESUS JUNIOR, W. C.; OLIVEIRA, J. T. S.; FURTADO, E. L.; ALVES, F. R. Deterioração da madeira de *Eucalyptus* spp. por fungos xilófagos. **Cerne**, [s.l.], v.20, n. 3, p. 393-400, 2014b.

SILVEIRA, V. D. **Micologia**. 5ed. Rio de Janeiro: Âmbito Cultural, 1995. 336 p.

SOUSA, V. G.; BRIENZA JUNIOR, S.; BARBOSA, M. G.; MARTORANO, L. G.; SILVA, V. C. Taxi-branco (*Tachigali vulgaris* LF Gomes da Silva & HC Lima): botânica, ecologia e silvicultura. **Embrapa Amazônia Oriental**, Belém, 39 p., 2016.

STALLBAUN, P. H.; BARAÚNA, E. E. P.; MONTEIRO, T. C.; VIEIRA, R. S.; SALES, N. L. P.; OLIVEIRA, L. S. Resistência natural da madeira de *Tachigali vulgaris* ao fungo xilófago *Postia placenta*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v.36, n. 88, p. 459-463, 2016.

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.; GARLET, A.; PASTORE, T. C. M. Resistência natural da madeira de três espécies amazônicas submetidas ao ataque de fungos apodrecedores. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 4, n.1, p. 15-32, 2013a.

STANGERLIN, D. M.; COSTA, A. F.; GONÇALEZ, J. C.; PASTORE, T. C. M.; GARLET, A. Monitoramento da biodeterioração da madeira de três espécies amazônicas pela técnica da colorimetria. **Acta Amazônica**, [s.l.], v. 43, n. 4, 2013b.

TORMIN, R. V. **Resistência da Madeira de *Eucalyptus urograndis* Tratada Termicamente ao Ataque de Fungos Apodrecedores**. 2013. 33 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

TREVISAN, H.; MARQUES, F. M. T.; CARVALHO, A. G. Degradação natural de toras de cinco espécies florestais em dois ambientes. **Floresta**, Curitiba, v. 38, n. 1, 2007.

TRIGIANO, R. N.; WINDHAM, M. T.; WINDHAM, A. S. **Fitopatologia: conceitos e exercícios de laboratório**. Artmed Editora, 2010.

VIVIAN, M. A. **Resistência biológica da madeira tratada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* em ensaios de laboratório e campo**. 2011. 104 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.

VIVIAN, M. A.; SANTINI, E. J.; MODES, K. S.; CARVALHO, D. E.; MORAIS, W. W. C. Resistência biológica da madeira tratada de duas espécies de *Eucalyptus* em ensaio de campo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 34, n. 80, p. 425-433. 2014.

VIVIAN, M. A.; SANTINI, E. J.; MODES, K. S.; GARLET, A.; MORAIS, W. W. C. Resistência biológica da madeira tratada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* a fungos apodrecedores em ensaios de laboratório. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 175-183, 2015.

WALKER, J. C. F. Basic wood chemistry and cell wall ultrastructure. In: Primary Wood Processing. **Springer**, Dordrecht, p. 23-67, 2006.

WIEMANN, M. C. Characteristics and availability of commercially importante woods. Wood handbook: wood as an engineering material: chapter 2. Centennial ed. General technical report FPL; GTR-190. Madison, WI: US Dept. of Agriculture, Forest Service, **Forest Products Laboratory**, v. 190, p. 2.1-2.45, 2010.

YATSKOV, M.; HARMON, M. E.; KRANKINA, O. N. A chronosequence of wood decomposition in the boreal forests of Russia. **Canadian Journal of Forest Research**, [s.l], v. 33, n. 7; p. 1211-1226, 2003.

## 8. ANEXOS

**Tabela 8:** Análise química do solo utilizado no ensaio

Análise Química													
Rep	COT	pH	P	K	K	Na	Ca	Mg	Al	H+Al	S	T	V
	g kg <sup>-1</sup>	H <sub>2</sub> O	mg dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>									%
A	17,05	5,55	13,35	59,63	0,15	0,03	2,50	1,00	0,00	2,72	3,68	6,40	57
B	15,97	5,55	17,16	68,93	0,18	0,03	2,50	1,00	0,00	1,90	3,70	5,60	66
C	15,97	5,57	15,25	59,63	0,15	0,03	2,50	1,00	0,00	2,89	3,68	6,57	56

Em que: Rep: Repetição; COT: Carbono Orgânico Total; pH: Potencial Hidrogeniônico; P: Fósforo; K: Potássio; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; H: Hidrogênio; Al: Alumínio; S: Soma de Bases; T: Soma de Bases + Valor de H+Al (Valor Total); V: Índice de Saturação de Bases.

### Artigo aceito para publicação na Revista Ciência Florestal

#### RESISTÊNCIA DE ESPÉCIES ARBÓREAS TROPICAIS À AÇÃO DE *Ganoderma philippii*

RESISTANCE OF TROPICAL ARBOREOUS SPECIES TO THE ACTION OF *Ganoderma philippii*

Thaís da Costa Paula<sup>I</sup>, Paulo Sergio Torres Brioso<sup>II</sup>

#### RESUMO

A resistência da madeira a fungos xilófagos é uma característica desejável em madeiras comerciais e nas empregadas na arborização urbana. Isso porque a ação desses fungos pode levar à perda das propriedades físicas, redução da resistência mecânica e durabilidade da madeira. Entretanto, pouco se sabe sobre a resistência de madeiras tropicais a fungos apodrecedores. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo avaliar a resistência natural da madeira de 28 espécies arbóreas tropicais submetidas à ação de *Ganoderma philippii*, através da análise da perda de massa obtida em um ensaio *in vitro*. Segundo os critérios de classificação de resistência a fungos da ASTM D2017 (2005), a maioria das

espécies foi considerada altamente resistente, exceto *Amburana cearensis*, *Pterocarpus rohrii*, *Joannesia princeps* e *Basiloxylon brasiliensis* consideradas resistentes. A comparação dos valores de perda de massa obtidos entre todas as espécies arbóreas, após a ação de *Ganoderma philippii*, demonstrou que *Joannesia princeps*, *Amburana cearensis*, *Pterocarpus rohrii*, *Basiloxylon brasiliensis*, *Barnebydendron riedelii*, *Parkia pendula*, *Cariniana legalis*, *Copaifera langsdorffii*, *Terminalia mameluco*, *Spondias venulosa*, *Astronium concinnum* e *Zeyheria tuberculosa* tiveram perda de massa estatisticamente maior que as demais espécies.

**Palavras-chave:** fungos xilófagos; perda de massa; biodeterioração da madeira; Mata Atlântica.

### ABSTRACT

The wood resistance to xylophagous fungi is a desirable characteristic of commercial woods and in the urban afforestation. This happens because the action of xylophagous fungi can lead to the loss of physical properties, reduction of mechanical resistance and the durability of the wood. Nevertheless, very little is known about the resistance of tropical timber to wood-rot fungi. In this context, the present work aims to evaluate the natural resistance of wood from 28 different species of tropical timber, subjected to the action of *Ganoderma philippii*, through the analysis of loss in mass obtained with *in vitro* test method. According to criteria by ASTM D2017 (2005), the majority of species was considered highly resistant, except *Amburana cearensis*, *Pterocarpus rohrii*, *Joannesia princeps* and *Basiloxylon brasiliensis*, considered resistant. The comparison of values of loss in mass after the attack of *Ganoderma philippii* showed that *Joannesia princeps*, *Amburana cearensis*, *Pterocarpus rohrii*, *Basiloxylon brasiliensis*, *Barnebydendron riedelii*, *Parkia pendula*, *Cariniana legalis*, *Copaifera langsdorffii*, *Terminalia mameluco*, *Spondias venulosa*, *Astronium concinnum* and *Zeyheria tuberculosa* had statistically higher loss of mass than the other species tested.

**Keywords:** wood-destroying fungi; loss in mass; biodeterioration of timber; Rain Forest.

### INTRODUÇÃO

Os agentes biológicos deterioram a madeira a fim de utilizar seus constituintes como fonte de energia e como forma de abrigo (OLIVEIRA, 2016). Dentre eles, os fungos são responsáveis pela maior proporção de danos causados à madeira, pois ocorrem com maior frequência neste tipo de material (MORESCHI, 2013; VIVIAN et al., 2015).

Há relatos de fungos do gênero *Ganoderma* encontrados em associação à podridão da base e do tronco de diversas espécies arbóreas, nativas e exóticas, bem como àquelas utilizadas na arborização urbana (SILVA, 2014). Fungos deste gênero pertencem à Família Polyporaceae (anteriormente Ganodermataceae). São conhecidos principalmente por sua utilização na medicina tradicional da Ásia Oriental, entretanto, a maioria das espécies de *Ganoderma* são consideradas patogênicas a plantas. Isso porque provocam a podridão de raízes, caules e mortalidade de diversas árvores (incluindo árvores urbanas), culturas perenes, palmeiras selvagens e espécies ornamentais, podendo resultar em perdas econômicas. Além disso, desempenham papel ecologicamente importante na decomposição e deslignificação de plantas lenhosas, retornando os nutrientes ao solo (LEE; CHANG, 2016; HAPUARACHCHI et al., 2019). As espécies de *Ganoderma* são cosmopolitas, distribuem-se em algumas regiões temperadas, contudo, possuem ampla distribuição nas regiões tropicais do mundo (CAO; YUAN, 2013; LUANGHARN et al., 2019).

*Ganoderma philippii* é responsável pela podridão radicular vermelha em uma ampla variedade de culturas lenhosas perenes comerciais, principalmente, acácias e eucalipto, em plantações na Indonésia e na Malásia (COETZEE et al., 2011; AGUSTINI et al., 2014; YUSKIANTI et al., 2014; LEE; CHANG; 2016). O fungo ocasiona podridão radicular vermelha nas espécies agrícolas e florestais hospedeiras *Abies* sp., *Acacia mangium* Wild., *Camellia sinensis* (L.) Kuntze., *Coffea arabica* L., *Fagus* sp., *Fagus sylvatica* L., *Hevea brasiliensis* (Willd. ex A.Juss.) Mull. Arg., *Theobroma cacao* L., *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) K. Schum e, podridão de raiz em *Albizia lebbek* (L.) Benth., *Lanea* sp., *Mangifera indica* L., *Melia* sp., *Sapindus* sp., *Schefflera* sp., *Vernicia* sp. (SOUZA; ALMEIDA; SOUZA, 2014; HAPUARACHCHI et al., 2019). Trata-se de um parasita facultativo, que pode viver em raízes, em detritos lenhosos mortos e pode se espalhar principalmente pelo contato entre raízes vivas e raízes doentes e/ou detritos lenhosos infectados (LEE; CHANG; 2016). Pode infectar tanto árvores

jovens como adultas (FRANCIS et al., 2014; GILL et al., 2016) e, atualmente, não existem métodos efetivos de controle da doença (LEE; CHANG; 2016).

Para minimizar o ataque desses agentes, o uso de madeiras de elevada resistência natural é uma linha de ação economicamente viável (ALVES et al., 2006). Entretanto, a escassez das madeiras nativas de alta durabilidade natural nas florestas de produção leva a um aumento do valor comercial no mercado consumidor (ARAÚJO; MAGALHÃES; OLIVEIRA, 2011; LAZAROTTO et al., 2016) e a falta de dados a respeito das propriedades e possíveis usos comerciais e industriais é um dos fatores limitantes para a utilização de novas espécies florestais (ALVES et al., 2006).

Dessa forma, o conhecimento acerca da heterogeneidade das espécies florestais permite observar variações sobre a durabilidade natural entre espécies, a suscetibilidade a agentes biodeterioradores da madeira, que podem provocar danos e prejuízos por afetar suas condições de uso, e possibilita inferir sobre a utilização racional destas (CARVALHO et al., 2015). Além de permitir a previsão do comportamento dessas espécies em condições favoráveis ao aparecimento desses organismos, a necessidade de uso de compostos químicos (que podem ser prejudiciais ao meio ambiente, ser humano e animais, podendo ser em muitos casos evitados), elevando a integridade da construção e segurança para as pessoas, evitando assim também, gastos desnecessários com a reposição de peças deterioradas e minimizando os impactos sobre as florestas remanescentes (MODES et al., 2012; SILVA et al., 2014; STALLBAUN et al., 2016). Logo, estudos sobre a durabilidade ou resistência natural de madeiras nativas são de grande importância (MODES et al., 2012).

Portanto, fungos decompositores de madeira estão associados à podridão de espécies arbóreas, podendo trazer prejuízos e riscos à comercialização de produtos madeireiros e queda ou necessidade de remoção de árvores utilizadas na arborização de centros urbanos, devido às alterações nas propriedades físicas, na redução da resistência mecânica e durabilidade da madeira. Neste contexto, o presente estudo teve o objetivo de avaliar *in vitro* a resistência natural da madeira de 28 espécies arbóreas tropicais ao ataque de *Ganoderma philippii*.

## MATERIAL E MÉTODO

### Coleta do corpo de frutificação

A coleta do corpo de frutificação do fungo foi feita no município de Seropédica, no Estado do Rio de Janeiro, em um fragmento de Mata Atlântica (22°75' S/ 43°69' O). A amostra selecionada foi coletada em árvore viva de *Inga laurina* (Sw.) Wild sendo armazenada em saco de papel, identificada (data, local de coleta e informações sobre a amostra) e encaminhada ao Laboratório Oficial de Diagnóstico Fitossanitário (L.O.D.F) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ) para posterior análise.

### Caracterização morfológica e molecular

A caracterização morfológica foi feita com base na análise da morfologia do pericarpo, píleo (ou chapéu), lamelas e poros. Um fragmento do corpo de frutificação coletado foi isolado em placas de petri contendo meio Batata-Dextrose-Ágar (BDA) em capela fluxo laminar e incubado em estufa a 25 ± 1°C para crescimento por cinco dias. Posteriormente, foram repicados e armazenados em tubos de ensaio em cultura pura.

A extração de DNA da amostra fúngica foi feita com o *DNeasy Plant Mini Kit* (QIAGEN BRASIL), conforme instruções do fabricante. Com o DNA extraído foi realizado o teste de *Polymerase Chain Reaction* (PCR) utilizando-se os *primers* ITS1 (5'-TCCGTAGGTGAACCTGCGG-3') e ITS4 (5'-TCCTCCGCTTATTGATATGC-3') e o *Extract-N-Amp PCR Kit* (SIGMA) para a amplificação do fragmento de DNA em termociclador PTC-200 (MJ Research) com os ciclos: 94°C por cinco minutos; 35 ciclos de 94°C por 30 segundos, 62°C por 60 segundos e 72°C por 60 segundos; 72°C por sete minutos; 4°C por cinco minutos. O produto amplificado foi visualizado através da eletroforese em gel de agarose a 1,2% em tampão TAE 1X contendo brometo de etídio 10 mg/mL. Foram aplicados 16 µL do produto de PCR da amostra na canaleta do gel e submetido à corrente elétrica de aproximadamente 88 volts por 20 minutos. O *amplicon* foi visualizado em transiluminador de luz ultravioleta para a análise da massa molecular.

O produto de PCR foi encaminhado para a purificação e sequenciamento na empresa *Myleus* Biotecnologia. A sequência obtida da região genômica do *Internal Transcribed Spacer* (ITS) foi

comparada com as sequências depositadas no *GenBank* pela ferramenta *BLASTn* (NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION, 2020), que permite comparar a porcentagem de similaridade dos fragmentos de DNA obtidos em relação às sequências já depositadas.

### Obtenção e corte das peças de madeira

Foram utilizados corpos de prova de madeira de 28 espécies arbóreas nativas da Mata Atlântica cedidas pelo Laboratório de Processamento de Madeira (LPM) da UFRRJ, provenientes de plantios do Espírito Santo (ES) (Tabela 1) e remanescentes do estudo de Rolim e Piotto (2018) que, dentre outras análises de peças do mesmo indivíduo arbóreo, definiram a massa específica e o usos dessas espécies (com potencial madeireiro, envolvendo usos estruturais, construções, movelaria, embalagens, utensílios, ferramentas, incluindo usos na arborização urbana). A determinação da resistência natural das madeiras a fungos xilófagos foi realizada por meio de um ensaio de apodrecimento acelerado, segundo as recomendações da *American Society for Testing and Materials* (ASTM), com adaptações.

TABELA 1: Lista contendo as espécies de madeira, nomes vulgar, científico e família, utilizadas para avaliação da resistência ao ataque de *Ganoderma philippii*.

TABLE 1: List of species of wood, common and scientific names and family, used to assess the resistance to *Ganoderma philippii*.

Nome Vulgar	Nome Científico	Família
Gonçalo-alves	<i>Astronium concinnum</i> (Engl.) Schott	Anacardiaceae
Cajá	<i>Spondias venulosa</i> (Engl.) Engl.	Anacardiaceae
Aderne	<i>Astronium graveolens</i> Jacq.	Anacardiaceae
Pequiá-sobre	<i>Aspidosperma pyricollum</i> Müll. Arg.	Apocynaceae
Ipê-felpudo	<i>Zeyheria tuberculosa</i> (Vell.) Bureau ex Verl.	Bignoniaceae
Peroba-amarela	<i>Paratecoma peroba</i> (Record & Mell.) Kuhlm.	Bignoniaceae
Ipê-amarelo	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl.) S. O. Grose	Bignoniaceae
Louro	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ex Stend.	Boraginaceae
Pelada	<i>Terminalia mameleuco</i> Pickel	Combretaceae
Boleira	<i>Joannesia princeps</i> Vell.	Euphorbiaceae
Tachi-branco	<i>Tachigali vulgaris</i> L.G.Silva & H.C.Lima	Fabaceae
Araribá-vermelho	<i>Centrolobium tomentosum</i> Guillem. ex Benth.	Fabaceae
Cerejeira	<i>Amburana cearensis</i> (Allemão) A.C.Sm.	Fabaceae
Pau-brasil	<i>Paubrasilia echinata</i> (Lam.) Gagnon, H.C.Lima & G.P.Lewis	Fabaceae
Caingá	<i>Moldenhawera papillanthera</i> L.P.Queiroz, G.P.Lewis & R.Allkin	Fabaceae
Jueirana-vermelha	<i>Parkia pendula</i> (Willd.) Benth.	Fabaceae
Guaribú-sabão	<i>Barnebydendron riedelii</i> (Tul.) J.H. Kirkbride	Fabaceae
Jacarandá-da-bahia	<i>Dalbergia nigra</i> (Vell.) Allemão ex Benth.	Fabaceae
Macanaiba-pele-de-sapo	<i>Bowdichia virgilioides</i> Kunth	Fabaceae
Copaíba	<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Fabaceae
Pau-ferro	<i>Libidibia ferrea</i> var. <i>parvifolia</i> Benth.	Fabaceae
Pau-sangue	<i>Pterocarpus rohrii</i> Vahl.	Fabaceae
Angico-preto	<i>Senegalia polyphylla</i> (DC.) Britton & Rose	Fabaceae
Jequitibá-rosa	<i>Cariniana legalis</i> (Mart.) Kuntze	Lecythidaceae
Sapucaia-vermelha	<i>Lecythis pisonis</i> Cambess.	Lecythidaceae
Farinha-seca	<i>Basiloxylon brasiliensis</i> (All.) K. Schum.	Malvaceae
Oiticica	<i>Clarisia racemosa</i> Ruiz & Pav.	Moraceae
Parajú	<i>Manilkara longifolia</i> (A.DC.) Dubard	Sapotaceae

Fonte: Autores (2020).

As peças de madeira foram cortadas nas dimensões 2,0 x 2,0 x 1,0 cm (comprimento, largura e espessura) e o experimento foi conduzido em Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com 16 repetições para o fungo e 16 repetições para as testemunhas (corpos de prova que não foram expostos ao fungo).

Os corpos de prova correspondentes aos tratamentos com fungo foram secos em estufa a  $84 \pm 2^\circ\text{C}$ . Ao mesmo tempo, os corpos de prova correspondentes às testemunhas permaneceram em uma sala de condicionamento com temperatura de  $28 \pm 5^\circ\text{C}$  e umidade de  $75 \pm 5\%$  medidas com o termo-higrômetro (Minipa MT-242). Todos os corpos de prova foram pesados em balança analítica de precisão (AND A&D Company, Limited Fx200i), até que atingissem o peso de equilíbrio ( $\leq 0,01\text{g}$ ). Assim que as peças atingiram o peso de equilíbrio obteve-se a massa seca inicial dos corpos de prova dos tratamentos (R1) e a massa seca inicial dos corpos de prova da testemunha (W1). Antes de serem expostos aos fungos, os corpos de prova foram esterilizados em autoclave (FABBE – PRIMAR Industrial LTDA. e UUFERCO 103) a  $120^\circ\text{C}$ , pressão de 1 atm, por 30 minutos.

### Preparo e inoculação dos frascos de cultura

Os frascos de cultura preparados para inserção das amostras eram de vidro transparente, com capacidade de 225 mL e tampa rosqueável. Para cada frasco adicionaram-se 40 mL de água destilada, 90 g de solo franco-argiloarenoso devidamente seco ao ar, com pH 5,56 e alimentadores de papel de filtro (porosidade grossa qualitativa) de 29 x35 mm. Tais frascos foram devidamente identificados e esterilizados em autoclave a  $120^\circ\text{C}$ , pressão de 1 atm, por 30 minutos.

Fragmentos do fungo foram retirados dos tubos de cultura e repicados em placas de petri contendo meio BDA em capela fluxo laminar. As placas foram incubadas em estufa a  $25 \pm 1^\circ\text{C}$  para crescimento fúngico, por cerca de cinco dias. Após o crescimento do fungo e resfriamento dos frascos autoclavados, adicionou-se em capela fluxo laminar  $10\text{ mm}^2$  do micélio fúngico com auxílio de um molde, sobre o alimentador de papel de filtro. Assim, permaneceram até que o micélio tivesse coberto o alimentador (três semanas). Após, adicionou-se um corpo de prova de cada espécie de madeira por frasco de cultura.

### Exposição dos corpos de prova aos fungos e manipulação após a exposição

Os frascos contendo os corpos de prova permaneceram em sala de incubação escura à temperatura de  $28 \pm 5^\circ\text{C}$  e umidade de  $75 \pm 5\%$  por 16 semanas. As peças retiradas tiveram o micélio aderido removido cuidadosamente com o auxílio de uma escova. Os corpos de prova correspondentes ao tratamento fúngico, cujo micélio havia sido removido, foram novamente submetidos à secagem em estufa a  $84 \pm 2^\circ\text{C}$  até o peso de equilíbrio ( $\leq 0,01\text{g}$ ) e novamente pesados, obtendo-se o peso R2. As amostras-testemunha também foram removidas dos frascos, tiveram qualquer presença de micélio fúngico removida e, foram novamente submetidas à sala de condicionamento para atingirem o peso de equilíbrio ( $\leq 0,01\text{g}$ ) (W2).

### Análise e tabulação dos dados

As diferenças entre massa seca inicial e após o período de exposição do tratamento com o fungo e das amostras-testemunha permitiram obter a perda de massa através das equações abaixo (Equação 1 e Equação 2) e da classificação estabelecidas pela ASTM D2017 (2005) (Tabela 2).

$$\text{Perda de massa \%} = [(R_1 - R_2) / R_1] \times 100 \text{ (Equação 1)}$$

$$\text{Perda de massa \%} = [(W_1 - W_2) / W_1] \times 100 \text{ (Equação 2)}$$

Em que: R1 = massa seca inicial anterior à inoculação de *Ganoderma philippii*; R2 = massa seca após o período de exposição à *Ganoderma philippii*; W1 = massa seca inicial testemunha; W2 = massa seca após o período de exposição das testemunhas.

TABELA 2: Classificação da resistência da madeira exposta a fungos apodrecedores, segundo a ASTM D2017 (2005).

TABLE 2: Classification of wood resistance to wood-decay fungus, according to ASTM D2017 (2005).

Classe de resistência	Perda de Massa (%)
Altamente resistente (AR)	0 – 10



Resistente (R)	11 – 24
Moderadamente resistente (MR)	25 – 44
Não resistente (NR)	> 45

Fonte: Autores (2020).

A análise estatística dos dados foi feita pelo *software* BioEstat 5.3, em que a comparação dos valores de perda de massa de cada uma das espécies de madeira submetidas ao ataque do fungo com a perda de massa das amostras-testemunha foi feita através do Teste de Mann-Whitney. E, o Teste de Kruskal-Wallis seguido do Teste de Dunn permitiu comparar os valores de perda de massa entre todas as espécies de madeira testadas sob a ação do fungo. Para ambos os testes foram considerados 5% de significância.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A amostra fúngica foi identificada como *Ganoderma philippii* (Bres. & Henn. ex Sacc.) Bres. Grande parte das espécies de madeira testadas foram consideradas altamente resistentes pela classificação da ASTM D2017 (2005), por apresentarem perda de massa de 0 a 10% (Tabela 2, Tabela 3).

TABELA 3: Valores médios de perda de massa em porcentagem (%) de cada uma das amostras submetidas ao ensaio de apodrecimento acelerado e suas respectivas classificações quanto à resistência a fungos de apodrecimento, segundo a ASTM D2017 (2005).

TABLE 3: Average percentage values of loss in mass in percentage (%) of each sample subjected to Accelerated Decay Test and their respective classifications according to the resistance to wood-decay fungi, according to ASTM D2017 (2005).

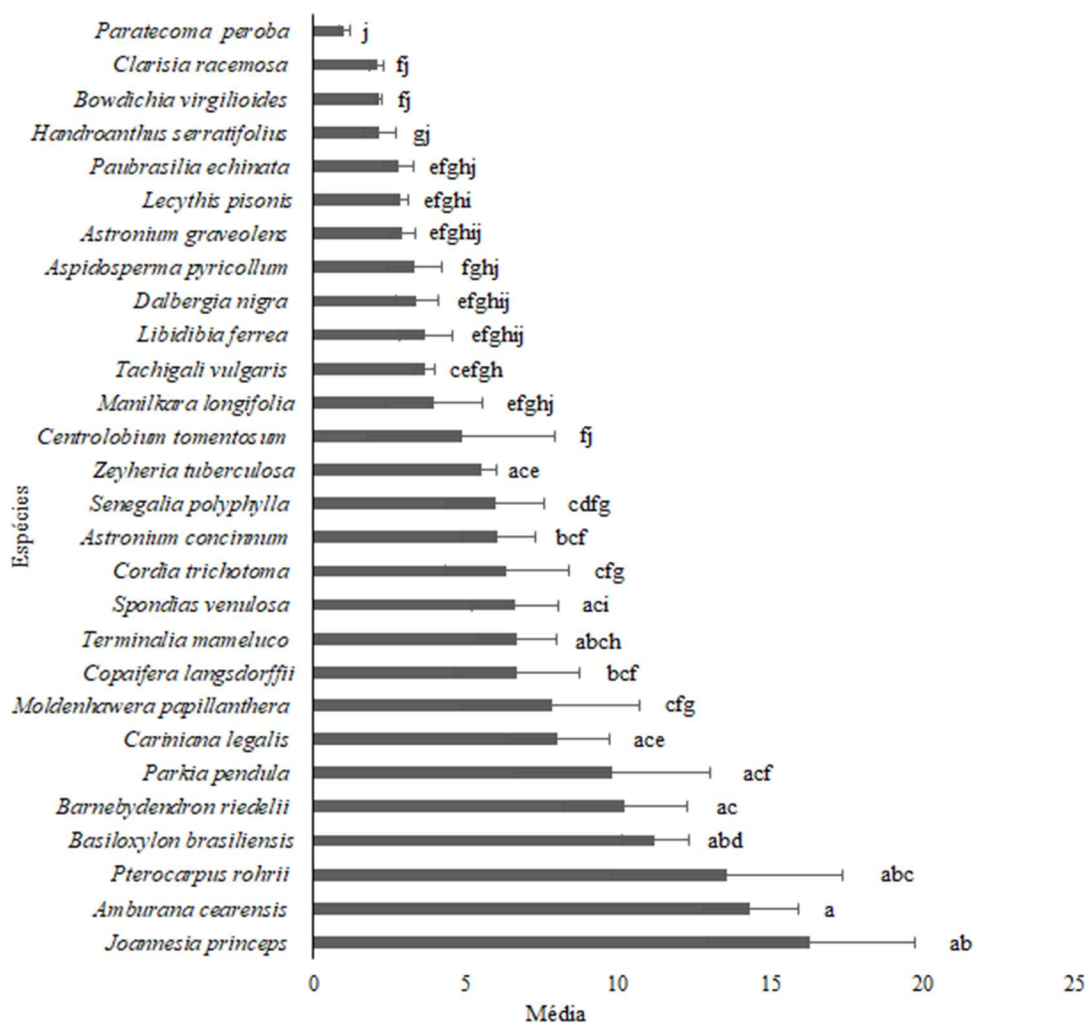
Espécie	Perda de massa %			
	Testemunha	CR	<i>Ganoderma philippii</i>	CR
<i>Tachigali vulgaris</i>	1,77	AR	3,68	AR
<i>Manilkara longifolia</i>	1,16	AR	3,96	AR
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	4,69	AR	5,53	AR
<i>Centrolobium tomentosum</i>	0,82	AR	4,86	AR
<i>Amburana cearensis</i>	11,23	R	14,36	R
<i>Paubrasilia echinata</i>	1,23	AR	2,81	AR
<i>Cariniana legalis</i>	1,96	AR	8,00	AR
<i>Moldenhawera papillanthera</i>	0,73	AR	7,81	AR
<i>Parkia pendula</i>	1,5	AR	9,82	AR
<i>Barnebydendron riedelii</i>	4,22	AR	10,22	AR
<i>Paratecoma peroba</i>	0,36	AR	1	AR
<i>Dalbergia nigra</i>	1,6	AR	3,39	AR
<i>Lecythis pisonis</i>	3,01	AR	2,7	AR
<i>Bowdichia virgilioides</i>	1,88	AR	1,62	AR
<i>Astronium concinnum</i>	0,79	AR	6,04	AR
<i>Terminalia mameluco</i>	0,72	AR	6,69	AR
<i>Cordia trichotoma</i>	1,46	AR	6,35	AR

<i>Aspidosperma pyricollum</i>	1,09	AR	3,30	AR
<i>Copaifera langsdorffii</i>	1,83	AR	6,70	AR
<i>Libidibia ferrea</i>	0,33	AR	3,67	AR
<i>Spondias venulosa</i>	2,35	AR	6,63	AR
<i>Clarisia racemosa</i>	1,51	AR	2,08	AR
<i>Astronium graveolens</i>	1,35	AR	2,89	AR
<i>Handroanthus serratifolius</i>	0,32	AR	2,14	AR
<i>Pterocarpus rohrii</i>	2,35	AR	13,56	R
<i>Joannesia princeps</i>	4,03	AR	16,31	R
<i>Basiloxylon brasiliensis</i>	7,58	AR	11,22	R
<i>Senegalia polyphylla</i>	0,44	AR	5,99	AR

Em que: CR = Classificação da Resistência ASTM D2017 (2005); AR = Altamente Resistente; R = Resistente. Fonte: Autores (2020).

Entretanto, as espécies *Basiloxylon brasiliensis*, *Pterocarpus rohrii*, *Amburana cearensis*, *Joannesia princeps* foram consideradas resistentes à *Ganoderma philippii* por apresentarem valores médios de perda de massa de 11,22%; 13,56%; 14,36%; 16,31%; respectivamente. Sendo *Joannesia princeps*, a espécie que obteve maior valor médio de perda de massa.

Considerando a comparação, pelo Teste de Kruskal-Wallis e Teste de Dunn a 5% de probabilidade, dos valores de perda de massa de todas as espécies de madeira sob ação do *Ganoderma philippii*, obtiveram-se os resultados demonstrados na Figura 1.



Fonte: Autores (2020).

FIGURA 1: Comparações pelo Teste de Kruskal-Wallis e Teste de Dunn a 5% de probabilidade entre os valores de perda de massa de todas as espécies de madeira submetidas ao ataque provocado por *Ganoderma philippii* (Bres. & Henn. Ex Sacc.) Bres. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade.

FIGURE 1: Comparisons by Kruskal-Wallis's test and Dunn's test at 5% of probability among the values of loss in mass in all the wood species subjected to decay by *Ganoderma philippii* (Bres. & Henn. Ex Sacc.) Bres. Average values followed by the same letter do not differ to each other at 5% of probability.

As espécies *Joannesia princeps*, *Amburana cearensis*, *Pterocarpus rohrii*, *Basiloxylon brasiliensis*, *Barnebydendron riedelii*, *Parkia pendula*, *Cariniana legalis*, *Copaifera langsdorffii*, *Terminalia mameleuco*, *Spondias venulosa*, *Astronium concinnum* e *Zeyheria tuberculosa* apresentaram os valores de perda de massa superiores à maioria das espécies de madeira testadas (Figura 1). Enquanto as espécies que apresentaram menores valores de perda de massa foram *Paratecoma peroba*, *Clarisia racemosa*, *Bowdichia virgilioides*, *Handroanthus serratifolius*, *Paubrasilia echinata*, *Astronium graveolens*, *Aspidosperma pyricollum*, *Dalbergia nigra*, *Libidibia ferrea*, *Manilkara longifolia* e *Centrolobium tomentosum* (Figura 1).

De modo geral, a resistência à deterioração das madeiras naturalmente duráveis pode ser atribuída à presença no cerne de extrativos (substâncias oriundas do metabolismo secundário como taninos, resinas, ceras, gorduras, que podem ser removidas da madeira por extração com água ou outros solventes) que podem ser tóxicas para os microrganismos, inibitórios no processo degradativo, exercer um efeito antioxidante e/ou reduzir a permeabilidade da madeira à água, ao ar ou às hifas (PALA, 2007).

No entanto, *Basiloxylon brasiliensis* apresentou a formação de gotículas de extrativos na superfície de alguns corpos de prova submetidos à *Ganoderma philippii* e, apesar disso, foi considerada resistente (Tabela 3) e quando foi feita a comparação das perdas de massa das amostras submetidas à ação fúngica, *Basiloxylon brasiliensis* foi uma das espécies com maior perda de massa observada (Figura 1). O que indica que a composição química das substâncias que compõem seu extrativo, possivelmente, não lhe confere alta resistência à *Ganoderma philippii*. E é provável que a perda de massa da espécie possa ter sido influenciada pela saída dos extrativos, como evidenciado no estudo de Oliveira, Tomasello e Silva (2005) que analisando *Corymbia citriodora* (Hook) K.D. Hill. & L.A.S. Johnson e *Eucalyptus paniculata* Sm. submetidos à *Gloeophyllum trabeum* (Pers.) Murril observaram uma grande exsudação de extrativos solúveis em água, visualizada pela formação de gotículas nas amostras e um apodrecimento nitidamente superior às demais espécies e afirmam que podem ser atribuídos à perda de massa conferida pela saída de extrativos quanto ao apodrecimento propriamente dito.

Além disso, *Basiloxylon brasiliensis* possui densidade média e é a quinta espécie de menor densidade dentre todas as analisadas neste estudo, com densidade básica de 0,553 g/cm<sup>3</sup>, de acordo com Rolim e Piotto (2018). Tendo em vista que Melo e Paes (2006) observaram uma relação diretamente proporcional entre a densidade e a resistência de madeiras de *Cordia trichotoma*, *Mimosa tenuiflora* (Willd.) Poir., *Croton sonderianus* Mull. Arg., *Mimosa caesalpinifolia* Benth. aos fungos *Postia placenta* (Fr.) M.J. Larsen & Lombard e *Polyporus fumosus* (Pers.) Fr., em que as espécies de maior densidade se apresentaram mais resistentes. Dessa forma, *Basiloxylon brasiliensis* pode não ter apresentado alta resistência por possuir valores médios de densidade. Entretanto, Alves et al. (2006) não observaram relação entre a resistência natural de espécies de madeira e suas densidades. E ainda, a ação de *Ganoderma philippii* pode ser um obstáculo aos usos a que *Basiloxylon brasiliensis* se destina, tais como usos estruturais leves, movelaria, construções, carpintaria, revestimentos, embalagens e utensílios (ROLIM; PIOTTO, 2018).

*Pterocarpus rohrii* além de ter sido classificado como resistente (Tabela 3), foi uma das espécies com maior perda de massa (Figura 1). Tais resultados podem ter ocorrido por se tratar de uma espécie de densidade média a baixa, sendo a terceira espécie de menor densidade (0,479 g/cm<sup>3</sup>) (ROLIM; PIOTTO, 2018). E por poder ser utilizada para embalagens, caixotaria, eventualmente laminação e utensílios, segundo os mesmos autores, pode ter sua utilização afetada.

*Amburana cearensis*, classificada como resistente, (Tabela 3) foi também uma das espécies que perderam mais massa pela ação de *Ganoderma philippii* (Figura 1). De modo semelhante, em um estudo de resistência ao ataque de fungos causadores de podridão-mole, Paes, Morais e Lima (2005)

observaram que *Amburana cearensis* apresentou perdas de 22,78%, sem apresentar diferenças nas posições medula-casca analisadas e sendo classificada como resistente. Trata-se de uma espécie de densidade média a baixa, sendo a nona espécie de menor densidade dentre as analisadas no presente estudo e cuja densidade básica é de 0,602 g/cm<sup>3</sup>, segundo Rolim e Piotto (2018). O mesmo autor define os usos dessa espécie como estruturais leves, para mobiliários, esquadrias e revestimentos internos e utensílios. Dessa forma, quando sob a ação de *Ganoderma philippii*, pode ocorrer o comprometimento da madeira para essas utilizações.

E, como visto, a durabilidade natural da madeira pode estar relacionada com a concentração de extrativos fenólicos (taninos, polifenóis, estilbenos, lignanas e flavonoides), como no caso de *Amburana cearensis*, que possui cerne rico em uma substância denominada cumarina e por isso é conhecida popularmente como cumaru (STANGERLIN et al., 2013). Para os mesmos autores, madeiras com alto teor de extrativos, como *Amburana cearensis*, tendem à estabilização da perda de massa em um menor período de tempo, em decorrência do esgotamento do mecanismo enzimático da cultura fúngica, quando comparadas a madeiras com baixo teor de extrativos, como o marupá (*Simarouba amara* Aubl.). Contudo, os corpos de prova dessa espécie não apresentaram liberação expressiva de extrativos sob ação de *Ganoderma philippii*, o que pode ter ocorrido em função da relação entre a composição da cumarina e outras substâncias e os mecanismos de ação de *Ganoderma philippii*. Como evidenciado por Costa (1975), fatores como o tipo de fungo apodrecedor e a própria espécie de madeira, podem influenciar consideravelmente a resistência das madeiras ao apodrecimento.

*Joannesia princeps*, por sua vez, considerada resistente e com o maior valor médio de perda de massa (Tabela 2), foi uma das espécies que mais perdeu massa na comparação estatística entre a perda de massa de todas as espécies (Figura 1). Esses resultados podem estar associados aos seus valores de densidade, que são os menores dentre todas as espécies analisadas neste estudo, possuindo 0,408 g/cm<sup>3</sup> de densidade básica (ROLIM; PIOTTO, 2018). E ainda, de acordo com o mesmo autor, a espécie possui utilizações estruturais, para segmentos de embalagens, caixotarias, revestimentos sem necessidade de excelente textura e eventualmente pode ser laminada, utilizações que podem ser lesadas caso a madeira seja exposta a esse fungo apodrecedor.

A comparação entre os valores de perda de massa das amostras-testemunha e das amostras submetidas à ação de *Ganoderma philippii* foi demonstrada através das medianas obtidas pelo Teste estatístico de Mann-Whitney a 5% de probabilidade (Tabela 4). Somente as espécies *Zeyheria tuberculosa* x testemunha; *Amburana cearensis* x testemunha e *Lecythis pisonis* x testemunha não apresentaram diferenças significativas.

TABELA 4: Comparação entre valores de perda de massa em porcentagem (%) das amostras-testemunha e das amostras submetidas ao ataque de *Ganoderma philippii* (Bres. & Henn. Ex Sacc.) Bres., seus respectivos valores de mediana, média, erro padrão, valor p e U.

TABLE 4: Comparison of percentage values of loss in mass in percentage (%) of test controls and samples subjected to decay by *Ganoderma philippii* (Bres. & Henn. Ex Sacc.) Bres., its respective values of median, mean, standard error, p value and U.

Espécies arbóreas		Mediana	Média	Erro padrão	Valor p	U
<i>Tachigali vulgaris</i>	Testemunha	1,82 a	1,77	±0,33	0,0003	33
	<i>Ganoderma philippii</i>	3,37 b	3,68	±0,32		
<i>Manilkara longifolia</i>	Testemunha	0,84 a	1,16	±0,29	0,002	46
	<i>Ganoderma philippii</i>	2,23 b	3,96	±1,60		
<i>Zeyheria tuberculosa</i>	Testemunha	4,72 b	4,69	±0,13	0,2136	95
	<i>Ganoderma philippii</i>	5,04 b	5,53	±0,47		
<i>Centrolobium tomentosum</i>	Testemunha	0,8 a	0,82	±0,12	0,0093	59
	<i>Ganoderma philippii</i>	1,18 b	4,86	±3,08		
<i>Amburana cearensis</i>	Testemunha	10,9 a	11,23	±0,49	0,407	106
	<i>Ganoderma philippii</i>	11,11 a	14,36	±1,56		
<i>Paubrasilia echinata</i>	Testemunha	1,33 a	1,23	±0,13	0,0005	35
	<i>Ganoderma philippii</i>	2,21 b	2,81	±0,49		
<i>Cariniana legalis</i>	Testemunha	1,72 a	1,96	±0,18	< 0,0001	16
	<i>Ganoderma philippii</i>	5,57 b	8,00	±1,72		
<i>Moldenhawera papillanthera</i>	Testemunha	0,67 a	0,73	±0,08	< 0,0001	0
	<i>Ganoderma philippii</i>	2,87 b	7,81	±2,91		
<i>Parkia pendula</i>	Testemunha	1,44 a	1,50	±0,14	< 0,0001	20
	<i>Ganoderma philippii</i>	3,39 b	9,82	±3,22		

<i>Barnebydendron riedelii</i>	Testemunha	4,33 a	4,22	±0,24	0,002	46
	<i>Ganoderma philippii</i>	6,87 b	10,22	±2,03		
<i>Paratecoma peroba</i>	Testemunha	0,12 a	0,36	±0,13	0,002	46
	<i>Ganoderma philippii</i>	0,83 b	1,00	±0,17		
<i>Dalbergia nigra</i>	Testemunha	1,03 a	1,60	±0,41	0,0237	68
	<i>Ganoderma philippii</i>	2,76 b	3,39	±0,70		
<i>Lecythis pisonis</i>	Testemunha	3,06 a	3,01	±0,27	0,5217	111
	<i>Ganoderma philippii</i>	2,79 a	2,87	±0,24		
<i>Bowdichia virgilioides</i>	Testemunha	1,68 a	1,88	±0,23	0,0159	64
	<i>Ganoderma philippii</i>	2,07 b	2,13	±0,12		
<i>Astronium concinnum</i>	Testemunha	0,65 a	0,79	±0,15	< 0,0001	18
	<i>Ganoderma philippii</i>	4,0 b	6,04	±1,22		
<i>Terminalia mameluco</i>	Testemunha	0,6 a	0,72	±0,19	< 0,0001	6
	<i>Ganoderma philippii</i>	6,13 b	6,69	±1,26		
<i>Cordia trichotoma</i>	Testemunha	1,53 a	1,46	±0,18	0,0007	38
	<i>Ganoderma philippii</i>	2,97 b	6,35	±2,03		
<i>Aspidosperma pyricollum</i>	Testemunha	0,78 a	1,09	±0,26	0,0006	37
	<i>Ganoderma philippii</i>	1,67 b	3,30	±0,90		
<i>Copaifera langsdorffii</i>	Testemunha	1,82 a	1,83	±0,17	< 0,0002	30
	<i>Ganoderma philippii</i>	3,88 b	6,70	±2,04		
<i>Libidibia férrea</i>	Testemunha	0,24 a	0,33	±0,07	< 0,0001	0
	<i>Ganoderma philippii</i>	2,2 b	3,67	±0,86		
<i>Spondias venulosa</i>	Testemunha	1,6 a	2,35	±0,57	< 0,0001	21
	<i>Ganoderma philippii</i>	5,37 b	6,63	±1,41		
<i>Clarisia racemosa</i>	Testemunha	1,5 a	1,51	±0,10	0,0382	73
	<i>Ganoderma philippii</i>	2,1 b	2,08	±0,23		
<i>Astronium graveolens</i>	Testemunha	1,26 a	1,35	±0,13	0,0159	64
	<i>Ganoderma philippii</i>	2,95 b	2,89	±0,44		
<i>Handroanthus serratifolius</i>	Testemunha	0,33 a	0,32	±0,04	< 0,0001	0
	<i>Ganoderma philippii</i>	1,55 b	2,14	±0,54		
<i>Pterocarpus rohrii</i>	Testemunha	2,08 a	2,35	±0,19	< 0,0001	14
	<i>Ganoderma philippii</i>	6,56 b	13,56	±3,80		
<i>Joannesia princeps</i>	Testemunha	3,98 a	4,03	±0,25	< 0,0001	2
	<i>Ganoderma philippii</i>	9,74 b	16,31	±3,42		
<i>Basiloxylon brasiliensis</i>	Testemunha	7,45 a	7,58	±0,60	0,0067	56
	<i>Ganoderma philippii</i>	9,57 b	11,22	±1,12		
<i>Senegalia polyphylla</i>	Testemunha	0,40 a	0,44	±0,10	< 0,0001	1
	<i>Ganoderma philippii</i>	3,03 b	5,99	±1,61		

Em que: Medianas seguidas na vertical em pares (testemunha x *Ganoderma philippii*) por uma mesma letra não diferem entre si, a 5% de probabilidade; Valor p = probabilidade de significância; U = Teste de Mann-Whitney. Fonte: Autores (2020).

Dessa forma, pode-se considerar que a maioria das espécies arbóreas sofreu a ação de *Ganoderma philippii*. Ação evidenciada pela perda de massa estatisticamente significativa em relação às amostras que não continham os fungos.

As espécies *Libidibia ferrea*, *Senegalia polyphylla*, *Handroanthus serratifolius*, *Paubrasilia echinata* e *Aspidosperma pyricollum*, que são as cinco espécies testadas de maior densidade básica (1,08; 1,027; 1,027; 0,973, 094 g/cm<sup>3</sup>), respectivamente (ROLIM; PIOTTO, 2018), apresentaram diferenças significativas quando comparadas com a testemunha, o que mostra que, apesar de pouco, perderam massa pela ação dos fungos. Estas espécies foram classificadas como altamente resistentes à *Ganoderma philippii* (Tabela 3). Embora também classificadas como altamente resistentes, *Zeyheria tuberculosa*, *Lecythis pisonis*, *Cordia trichotoma* e *Clarisia racemosa*, exceto *Amburana cearensis* considerada resistente para *Ganoderma philippii* (Tabela 3), que são espécies de densidade média a alta (0,795; 0,855; 0,595; 0,708; 0,602 g/cm<sup>3</sup>), respectivamente (ROLIM; PIOTTO, 2018), não diferiram significativamente da testemunha. Não sendo observada uma relação clara entre a densidade dessas espécies e a resistência ao fungo *Ganoderma philippii*.

Além disso, observou-se a liberação de extrativos em algumas espécies de madeira quando submetidas à ação de *Ganoderma philippii*, através da formação de gotículas de extrativos na superfície de alguns corpos de prova, principalmente em *Paubrasilia echinata*, em termos de quantidade visualmente observada. Alguns corpos de prova dessa espécie apresentaram certa distinção entre a superfície coberta pelo micélio fúngico, sem a liberação de extrativos e a superfície com liberação de

extrativos, sem o desenvolvimento expressivo do micélio fúngico, o que sugere que os extrativos dessa espécie podem estar inibindo o crescimento de *Ganoderma philippii* e conferindo resistência à espécie, tendo em vista que foi classificada como altamente resistente (Tabela 3) e uma das espécies com menor perda de massa sob ação do fungo (Figura 1). No entanto, são necessários estudos posteriores para definir as classes de substâncias que compõem o extrativo dessa espécie e sua relação com a resistência à *Ganoderma philippii*.

A madeira de *Paubrasilia echinata*, segundo Silva (2007) possui alto teor de extrativos no cerne, um padrão normalmente observado para as angiospermas, e a resistência natural dessa espécie não pode ser definida por um fator isolado, mas possivelmente pela interação de vários de seus componentes, como extrativos e polímeros da parede celular. No estudo de Silva et al. (2007) foram avaliados os efeitos de *Pycnoporus sanguineus* (L.) Murril., *Gloeophyllum trabeum* (Pers.) Murrill, *Chaetomium globosum* Kunze e *Cryptotermes brevis* sobre a perda de peso e composição química de extrativos e polissacarídeos da parede celular da madeira de *Caesalpinia echinata* Lam. (atual *Paubrasilia echinata* Gagnon, H. C. Lima & G. P. Lewis) e foi demonstrado que o cerne dessa espécie é altamente resistente aos fungos apodrecedores e cupins de madeira seca estudados por esses autores e apontam que a alta resistência dessa espécie a xilófagos pode ser atribuída a extrativos tóxicos na madeira.

Como anteriormente mencionado Oliveira, Tomasello e Silva (2005) afirmaram que a perda de massa pode ser conferida pela saída de extrativos quanto ao apodrecimento fúngico ao analisarem *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus paniculata* sob ação de *Gloeophyllum trabeum*. De tal maneira, pode-se esperar que a perda de massa nas espécies que apresentaram a liberação de extrativos possa ter sido influenciada tanto pela saída dessas substâncias, quanto pela ação do fungo. Entretanto, *Lecythis pisonis* teve um número considerável de amostras apresentando liberação de extrativos sob a ação de *Ganoderma philippii* e desenvolvimento pouco expressivo do micélio fúngico na superfície de seus corpos de prova. E ainda assim, não apresentou perda de massa estatisticamente considerável em relação à testemunha, o que demonstra que a saída de extrativos não influenciou em sua massa. E que a composição de seu extrativo pode conferir resistência à *Ganoderma philippii*, tendo em vista que foi classificada como altamente resistente (Tabela 3) e não esteve entre as espécies com maior perda de massa (Figura 1).

*Clarisia racemosa* também apresentou, em algumas das amostras, quantidade aparentemente grande de extrativos quando sob a ação de *Ganoderma philippii* e foi classificada como altamente resistente (Tabela 3) e uma das espécies de menos perdeu massa quando comparada com as demais (Figura 1). Enquanto, *Moldenhawera papillanthera* considerada altamente resistente (Tabela 3) e com valores de perda de massa intermediários (Figura 1); *Handroanthus serratifolius* e *Astronium graveolens* consideradas altamente resistentes (Tabela 3) e com um dos menores valores de perda de massa e *Basiloxylon brasiliensis*, como mencionado anteriormente, apresentaram liberação considerável de extrativos para *Ganoderma philippii*. Isso aponta para a importância desses extrativos como uma provável forma de resistência da madeira, principalmente para *Paubrasilia echinata*, *Clarisia racemosa* e *Lecythis pisonis*, que tiveram uma liberação mais expressiva, podendo também ser uma possível alternativa de controle para *Ganoderma philippii* e um critério a ser considerado na seleção de espécies de madeira. No entanto, como observado em *Basiloxylon brasiliensis*, cujo extrativo parece não inibir completamente a ação de *Ganoderma philippii*, o potencial de resistência natural não pode ser associado somente ao teor (quantidade de extrativos) e à massa específica da madeira, mas às classes químicas (qualidade dos extrativos) (STANGERLIN et al., 2013), o que evidencia a necessidade de estudos posteriores que definam a composição química dos extrativos dessas espécies, tendo em vista que podem possuir diferentes classes de substâncias com potenciais distintos.

Em um estudo desenvolvido por Silva et al. (2014), os fungos *Postia placenta* (Fr.) M.J. Larsen & Lombard e Basidiomiceto 1 provocaram uma deterioração mais intensa nas madeiras de *Eucalyptus grandis* W. Hill. Ex. Maiden e do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake provenientes de uma fazenda São Sebastião, em Guaçuí, no Espírito Santo e o fungo Basidiomiceto 1 atacou menos a madeira da fazenda Bananal do Sul, de Cachoeiro de Itapemirim, no Espírito Santo. Com base nisso, os autores apontam que, provavelmente, esse fungo pode ser mais adaptado a microclimas comuns na Fazenda São Sebastião e Fazenda Paraíso, em Espera Feliz, Minas Gerais, que são locais de altitude. E demonstra que, possivelmente, madeiras de locais de baixa altitude podem

desenvolver extrativos que conferem a elas maior resistência a tais fungos, o que pode ser uma variável a ser considerada na avaliação da resistência de madeiras a fungos apodrecedores.

Em contraste aos resultados obtidos para *Tachigali vulgaris* submetida à *Ganoderma philippii*, que permitiram classificá-la como altamente resistente (Tabela 3), Sousa et al. (2016) consideraram a madeira de *Tachigali vulgaris* L.G. Silva & H.C. Lima como de baixa resistência natural ao apodrecimento, Stallbaun et al. (2016) classificaram-na como resistente ao fungo *Postia placenta* em três amostras da região central e altamente resistente no topo e na base, de acordo com as posições longitudinais do tronco; e ainda observaram maior resistência em comparação com *Pinus* sp., utilizado como tratamento-controle. E observaram que os corpos de prova de *Tachigali vulgaris* com maior densidade demonstraram maior resistência ao fungo *Postia placenta*.

Em relação à *Handroanthus serratifolius*, considerada como altamente resistente (Tabela 3), Reis et al. (2019) encontraram resultados semelhantes, classificando-a como a mais resistente ao ataque de fungos dentre as avaliadas em um estudo que observou a resistência natural do cedro-espanhol (*Cedrela odorata* L.), ipê-amarelo [*Handroanthus serratifolius* (Vahl) S.O. Grose] e tauari (*Couratari* sp.) ao fungo *Pycnoporus sanguineus* (L.) Murrill, utilizando como madeira de controle, lenha (*Cecropia* sp.), de baixa resistência natural. Flores e Pérez (2016) baseados na ação de *Polyporus sanguineus* (L.) Murril., *Polyporus versicolor* (L.) Fr. e *Ganoderma applanatum* (Pers.) Pat., também classificaram *Tabebuia serratifolia* (Vahl) G. Nichols [sinônimo de *Handroanthus serratifolius* (Vahl) S. O. Grose] como altamente resistente, assim como *Clarisia racemosa*. E foi constatado que a porcentagem de extrativos de madeira das espécies estudadas teve alta correlação com a durabilidade natural da madeira, enquanto a densidade básica das madeiras estudadas não apresentou correlação significativa com a resistência à ação destrutiva dos três fungos utilizados.

Além disso, Stangerlin et al. (2013) sugerem estudos para adequação do período de ataque dos fungos apodrecedores *Gloeophyllum trabeum* (Pers.) Murril e *Trametes versicolor* (L.Fr.) Pilát. estabelecido pela ASTM D2017 para as madeiras tropicais, podendo ser feita uma revisão desse parâmetro na norma. O que demonstra a carência de estudos que expliquem esse tipo de comportamento e de uma norma aplicada às espécies tropicais e a fungos como *Ganoderma philippii*. E tais resultados evidenciam a complexidade dos fatores ligados a durabilidade natural da madeira (OLIVEIRA; TOMASELLO; SILVA, 2005).

## CONCLUSÃO

*Ganoderma philippii* demonstrou ser capaz de causar podridão na maioria das espécies arbóreas testadas, evidenciada pela perda de massa estatisticamente significativa em relação às amostras não inoculadas.

As espécies arbóreas tropicais analisadas apresentam diferentes níveis de resistência à *Ganoderma philippii*, sendo consideradas, em sua maioria, como altamente resistentes e algumas como resistentes.

Algumas das espécies arbóreas mais resistentes provavelmente possuem compostos/metabólitos secundários (extrativos) que inibem o crescimento desse fungo, o que pode ser objeto de futuros estudos.

## AGRADECIMENTOS

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos, ao Laboratório Oficial de Diagnóstico Fitossanitário e ao Dr. Fábio Souto de Almeida.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, M. V. S. et al. T. Resistência natural de seis espécies de madeiras da região amazônica a fungos apodrecedores, em ensaios de laboratório. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 1, p. 17-26, fev. 2006.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-2017**: standard method for accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods. [S. l.], 2005. 5 p.
- ARAÚJO, H. J. B.; MAGALHÃES, W. L. E.; OLIVEIRA, L. C. Durabilidade de madeira de eucalipto citriodora (*Corymbia citriodora* (Hook.) KD Hill & LAS Johnson) tratada com CCA em ambiente amazônico. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 42, n. 1, p. 49-58, maio 2011.

AGUSTINI, L. *et al.* Signs and identification of fungal root-rot pathogens in tropical *Eucalyptus pellita* plantations. **Forest Pathology**, [s. l.], v. 44, n. 6, p. 486-495, aug. 2014.

CARVALHO, D. E. *et al.* Resistência natural de quatro espécies florestais submetidas a ensaio com fungos apodrecedores. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 22, n. 2, p. 271-276, fev. 2015.

CAO, Y.; YUAN, H. *Ganoderma mutabile* sp. nov. from southwestern China based on morphological and molecular data. **Mycological Progress**, China, v. 12, n. 1, p. 121-126, may 2013.

COETZEE, M. P. *et al.* A single dominant *Ganoderma* species is responsible for root rot of *Acacia mangium* and *Eucalyptus* in Sumatra. **Southern Forests: a Journal of Forest Science**, [s. l.], v. 73, n. 3/4, p. 175-180, jan. 2011.

COSTA, E. W. B. Natural decay resistance of wood. *In*: INTERNATIONAL CONGRESS OF PLANT PATHOLOGY, 2., 1975, New York. **Proceedings** [...]. New York: Springer-Verlag, 1975. p. 103-117.

FLORES, V. R. G.; PÉREZ, A. Y. Durabilidad natural de diez maderas de madre de dios a la accion de tres hongos xilofagos. **Revista Florestal del Perú**, [s. l.], v. 14, n. 1, p. 1-14, 2016.

FRANCIS, A. *et al.* Disease progression in plantations of *Acacia mangium* affected by red root rot (*Ganoderma philippii*). **Forest Pathology**, [s. l.], v. 44, n. 6, p. 447-459, aug. 2014.

GILL, W. *et al.* Structural host responses of *Acacia mangium* and *Eucalyptus pellita* to artificial infection with the root rot pathogen, *Ganoderma philippii*. **Forest Pathology**, [s. l.], v. 46, n. 4, p. 369-375, apr. 2016.

HAPUARACHCHI, K. K. *et al.* Ganodermataceae (Polyporales): Diversity in Greater Mekong Subregion countries (China, Laos, Myanmar, Thailand and Vietnam). **Mycosphere**, [s. l.], v. 10, n. 1, p. 221-309, abr. 2019.

LAZAROTTO, M. *et al.* Resistência biológica e colorimetria da madeira termorretificada de duas espécies de eucalipto. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 40, n. 1, p. 135-145, nov. 2016.

LEE, S. S.; CHANG, Y. S. *Ganoderma*-Jekyll and Hyde mushrooms. **UTAR Agriculture Science Journal**, [s. l.], v. 2, n. 1, p. 21-31, jan. 2016.

LUANGHARN, T. *et al.* Additions to the knowledge of *Ganoderma* in Thailand: *Ganoderma casuarinicola*, a new record; and *Ganoderma thailandicum* sp. nov. **MycoKeys**, [s. l.], v. 59, n. 1, p. 47-65, oct. 2019.

MELO, R. R.; PAES, J. B. Resistência natural de quatro madeiras do semi-árido brasileiro a fungos xilófagos em condições de laboratório. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 19, n. 2, p. 169-175, abr./jun. 2006.

MODES, K. S. *et al.* Resistência natural das madeiras de sete espécies florestais ao fungo *Pycnoporus sanguineus* causador da podridão-branca. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 407-411, fev. 2012.

MORESCHI, J. C. **Biodegradação e preservação da madeira**. Curitiba: UFPR, 2013. 49 p.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION. **NCBI: Standart Nucleotide BLAST**. Bethesda, 2020. Disponível em: [https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastn&PAGE\\_TYPE=BlastSearch&LINK\\_LO C=blasthome](https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi?PROGRAM=blastn&PAGE_TYPE=BlastSearch&LINK_LO C=blasthome). Acesso em: 15 jan. 2020.

OLIVEIRA, J. T.; TOMASELLO, M.; SILVA, J. C. Resistência natural da madeira de sete espécies de eucalipto ao apodrecimento. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 6, p. 993-998, ago. 2005.

OLIVEIRA, E. M. **Avaliações não destrutivas para o monitoramento de madeiras submetidas a fungos apodrecedores**. 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

PAES, J. B.; MORAIS, V. M.; LIMA, C. R. Resistência natural de nove madeiras do semi-árido brasileiro a fungos causadores de podridão-mole. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 365-371, abr. 2005.

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

REIS, A. R. S. *et al.* Natural resistance of wood from three forest species exposed to *Pycnoporus sanguineus* xylophagous fungus. **Advances in Forestry Science**, Cuiabá, v. 6, n. 4, p. 839-842, dez. 2019.

ROLIM, S. G.; PIOTTO, D. **Silvicultura e tecnologia de espécies nativas da Mata Atlântica**. Belo Horizonte: Rona, 2018. 160 p.



- SILVA, B. N. S. **Seleção de fungos apodrecedores de madeira e caracterização de basidiomicetos associados à podridão de tecidos de árvores vivas.** 2014. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2014.
- 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. Tese (Doutorado em Biologia Celular e Estrutural) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.
- SILVA, C. A. *et al.* Biodeterioration of brazilwood *Caesalpinia echinata* Lam. (Leguminosae Caesalpinioideae) by rot fungi and termites. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Barking, v. 60, n. 4, p. 285-292, jul. 2007.
- SILVA, L. F. *et al.* Deterioração da madeira de *Eucalyptus* spp. por fungos xilófagos. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 3, p. 393-400, out. 2014.
- SOUSA, V. G. *et al.* **Taxi-branco (*Tachigali vulgaris* LF Gomes da Silva & HC Lima):** botânica, ecologia e silvicultura. Belém: EMBRAPA Amazônia Oriental, 2016. 39 p.
- SOUZA, M. G.; ALMEIDA, O. C.; SOUZA, A. **Doenças do cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum* Willd. Spend.) Schum.** Manaus: Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 2014. 6 p.
- STALLBAUN, P. H. *et al.* Resistência natural da madeira de *Tachigali vulgaris* ao fungo xilófago *Postia placenta*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, Colombo, v. 36, n. 88, p. 459-463, out./dez. 2016.
- STANGERLIN, D. M. *et al.* Resistência natural da madeira de três espécies amazônicas submetidas ao ataque de fungos apodrecedores. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 4, n. 1, p. 15-32, maio 2013.
- VIVIAN, M. A. *et al.* Resistência biológica da madeira tratada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* a fungos apodrecedores em ensaios de laboratório. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 175-183, jan./mar. 2015.
- YUSKIANTI, V. *et al.* Species-specific PCR for rapid identification of *Ganoderma philippii* and *Ganoderma mastoporum* from *Acacia mangium* and *Eucalyptus pellita* plantations in Indonesia. **Forest Pathology**, [s. l.], v. 44, n. 1, p. 477-485, aug. 2014.