

Artigos

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 ^I, Paulo Sergio Torres Brioso ^{II}

^I Laboratório Oficial de Diagnóstico Fitossanitário, Seropédica, RJ, Brasil

^{II} Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, Brasil

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 mameleuco*, *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 mameleuco*, *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

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 nesse 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 desse 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. ExA. Juss.) Mull. Arg., *Theobroma cacao* L., *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex. Spreng.) K. Schum e, podridão de raiz em *Albizia lebeck* (L.) Benth., *Lannea* 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. Nesse 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*.

2 MATERIAL E MÉTODO

2.1 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.

2.2 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 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ 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 *DNeasyPlant 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.

2.3 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 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*

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.) Kuhlman.	Bignoniaceae
Ipê-amarelo	<i>Handroanthus serratifolius</i> (Vahl.) S. O. Grose	Bignoniaceae
Louro	<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arráb. ExStend.	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
Macanaíba-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 (MinipaMT-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°C , pressão de 1 atm, por 30 minutos.

2.4 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-argilo arenoso devidamente seco ao ar, com pH 5,56 e alimentadores de papel de filtro (porosidade grossa qualitativa) de 29x35 mm. Tais frascos foram devidamente identificados e esterilizados em autoclave a 120°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 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.

2.5 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).

2.6 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).

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

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

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.

A análise estatística dos dados foi feita pelo software BioEstat5.3, 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.

Tabela 2 – Classificação da resistência da madeira exposta a fungos apodrecedores, segundo 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

Fonte: Autores (2020)

3 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)

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

Continua ...

Tabela 3 – Conclusão

Espécie	Perda de massa %			
	Testemunha	CR	<i>Ganoderma philippii</i>	CR
<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

Fonte: Autores (2020)

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

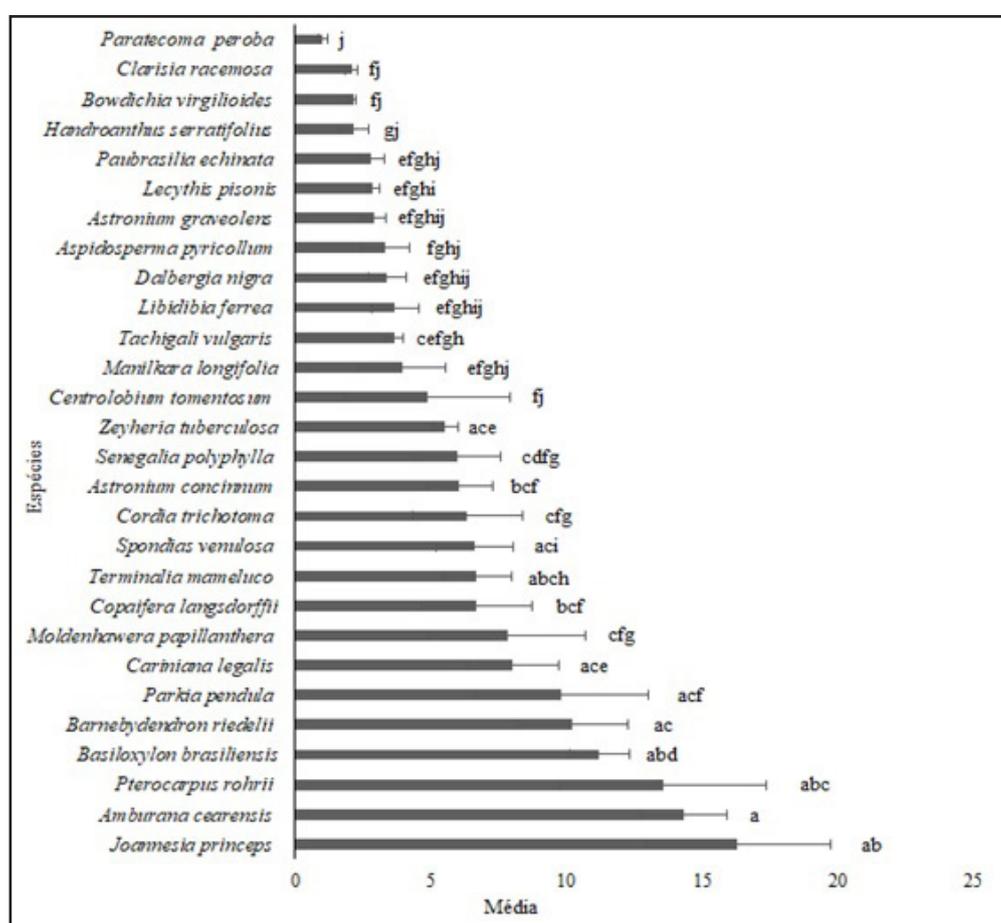
Entretanto, as espécies *Basiloxylon brasiliensis*, *Pterocarpus rohrii*, *Amburana cearensis*, *Joannesia princeps* foram consideradas resistentes à *Ganoderma philippii* por apresentarem valores médios de perda de massa de 11,22%; 13,56%; 14,36%; 16,31%; respectivamente. Sendo *Joannesia princeps*,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

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* 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).

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



Fonte: Autores (2020)

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*. 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/cm³, 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/cm³) (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, Moraes 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/cm³, 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/cm³ 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.

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.

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. ExSacc.) 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>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		

Continua ...

Tabela 4 – Conclusão

Espécies arbóreas		Mediana	Média	Erro padrão	Valor p	U
<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 ferrea</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		

Fonte: Autores (2020)

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.

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/cm³), 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. Essas 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/cm³), 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 *Basioxylon 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).

4 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. **Mycology Keys**, [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_LOC=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 Brazil wood *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. Spond.) 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 mastoporium* from *Acacia mangium* and *Eucalyptus pellita* plantations in Indonesia. **Forest Pathology**, [s. l.], v. 44, n. 1, p. 477-485, aug. 2014.

Contribuição de Autoria

1 – Thaís da Costa Paula

Engenheira Florestal, Ma.

<https://orcid.org/0000-0002-6114-891X> • thais.costa.paula@gmail.com

Contribuição: Escrita – primeira redação, Escrita – revisão e edição, Validação, Visualização de dados

2 – Paulo Sergio Torres Brioso

Engenheiro Agrônomo, Dr., Professor

<https://orcid.org/0000-0002-7376-8753> • brioso@bighost.com.br

Contribuição: Obtenção de financiamento, Metodologia, Recursos, Supervisão, Validação, Visualização

Como citar este artigo

Paula, T. C.; Brioso, P. S. T. Resistência de espécies arbóreas tropicais à ação de *Ganoderma philippii*. *Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 31, n. 1, p. 396-416, 2021. DOI 10.5902/1980509843747. Disponível em: <https://doi.org/10.5902/1980509843747>. Acesso em: xx mês abreviado 202x.