



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

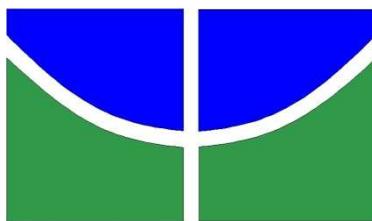
**EFICIÊNCIA DE EXTRATIVOS DE ESPÉCIES DE MADEIRAS DA
FLORESTA NACIONAL DE JACUNDÁ A FUNGOS
APODRECEDORES**

Ana Paula Silva Neris

Brasília, 06 de Dezembro de 2023

UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

FACULDADE DE TECNOLOGIA



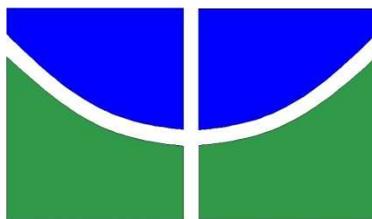
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL

**EFICIÊNCIA DE EXTRATIVOS DE ESPÉCIES DE MADEIRAS DA
FLORESTA NACIONAL DE JACUNDÁ A FUNGOS
APODRECEDORES**

Ana Paula Silva Neris

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação
apresentado ao Departamento de Engenharia
Florestal da Universidade de Brasília como parte
das exigências para obtenção do título de Bacharel
em Engenharia Florestal.
Orientador: Prof. Dr. Alexandre Florian da Costa.

Brasília-DF, 06 de Dezembro de 2023



Universidade de Brasília - UnB
Faculdade de Tecnologia - FT
Departamento de Engenharia Florestal – EFL

**EFICIÊNCIA DE EXTRATIVOS DE ESPÉCIES DE MADEIRAS DA
FLORESTA NACIONAL DE JACUNDÁ A FUNGOS
APODRECEDORES**

Estudante: Ana Paula Silva Neris

Matrícula: 19/0084171

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Florian da Costa.

Menção: _____

Prof. Dr. Alexandre Florian da Costa
Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Orientador (EFL)

Me. Helder Resende de Carvalho
Laboratório de Produtos Florestais – LPF
Membro da Banca

Prof. Dr. Ailton Teixeira do Vale
Universidade de Brasília – UnB
Departamento de Engenharia Florestal
Membro da Banca

Brasília-DF, 06 de Dezembro de 2023

AGRADECIMENTOS

À Universidade de Brasília, que no decorrer de toda a minha graduação me fez crescer como profissional.

Ao Departamento de Engenharia Florestal, juntamente com todos os seus colaboradores, que foram excelentes profissionais, e que me passaram todos os seus conhecimentos, para que eu crescesse como uma profissional.

À toda a equipe do Laboratório de Química da Madeira do Laboratório de Produtos Florestais- LPF, em especial ao Analista Ambiental Dr. Alessandro Moreira, Lúcia Fernanda Alves, Dhébora Pires, Yasmin Vitoria e a Dra.Tereza Pastore, por toda a disposição com que me ajudaram em todo o trabalho.

Aos meus orientadores Alexandre Florian da Costa e Helder Resende, por toda a paciência e dedicação em que me ajudaram durante toda a pesquisa, para que esse trabalho pudesse ser concluído.

À toda a minha família, que de certa forma estavam ao meu lado durante esta jornada, que me apoiaram e me ajudaram tornando meus dias mais leves e renovando a minha energia diária.

Às minhas colegas Carla Carolina e Joyce Granjeiro, que sempre me apoiaram e me acompanharam durante todo o trabalho, e que deixaram os meus dias mais leves, com o jeito alegre de ser de cada uma.

Ao meu namorado Gabriel Alves, pelo seu incentivo, carinho e compreensão, por estar sempre ao meu lado me apoiando e deixando esta trajetória mais agradável.

Portanto, meus agradecimentos, vão para todas as pessoas que de certa forma me ajudaram e estiveram ao meu lado durante todo este projeto, para que fosse possível ser concluído, muito obrigada.

RESUMO

Eficiência De Extrativos De Espécies De Madeiras Da Floresta Nacional De Jacundá a Fungos Apodrecedores.

A madeira é um material notável devido à sua resistência natural à deterioração, atributo fundamental para sua durabilidade. Porém, ela é suscetível ao ataque de fungos xilófagos, o que impulsionou o uso de preservantes. As restrições legais e ambientais têm motivado a busca por alternativas mais seguras, levando a estudos sobre compostos naturais presentes na própria madeira, com resultados promissores. Nesse contexto, a pesquisa foca na avaliação do potencial de inibição do crescimento de fungos xilófagos por extrativos de espécies amazônicas, com relevância para o desenvolvimento de fungicidas naturais menos prejudiciais ao meio ambiente. A compreensão da ação antifúngica desses extrativos pode abrir novos caminhos para a proteção da madeira, favorecendo sua aplicação em diversos setores. Neste estudo, foram avaliadas 7 espécies madeireiras do bioma amazônico, *Allantoma decandra*, *Dipteryx odorata*, *Dipteryx magnifica*, *Erisma uncinatum*, *Handroanthus incanus*, *Martiodendron elatum* e *Peltogyne lecointei*, cujos extrativos presentes no extrato etanólico foram alvo de avaliação focada na inibição de crescimento in vitro dos fungos xilófagos, *Trametes versicolor*. L e *Gloeophyllum trabeum*. Pers. Os extratos que apresentaram a maior inibição de crescimento foram os das espécies a *Handroanthus incanus* e *Dipteryx magnifica*, que apresentaram resultados promissores para ambos os fungos estudados, onde as maiores inibições observadas foram de 41,5% e 21,9% respectivamente. No entanto, as espécies madeireiras *Allantoma decandra* e *Martiodendron elatum*, não foram observados nenhuma ação inibitória.

Palavras- chave: resistência, fungos xilófagos, extrativo e madeira.

ABSTRACT

Wood is a remarkable material due to its natural resistance to deterioration, a fundamental attribute for its durability. However, it is susceptible to the attack of xylophagous fungi, which has boosted the use of preservatives. Legal and environmental restrictions have motivated the search for safer alternatives, leading to studies on natural compounds present in the wood itself, with promising results. In this context, the research focuses on the evaluation of the potential for inhibition of the growth of xylophagous fungi by extractives of Amazonian species, with relevance for the development of natural fungicides less harmful to the environment. The understanding of the antifungal action of these extractives can open new paths for the protection of wood, favoring its application in various sectors. In this study, 7 timber species of the Amazon biome, *Allantoma decandra*, *Dipteryx odorata*, *Dipteryx magnifica*, *Erismia uncinatum*, *Handroanthus incanus*, *Martiodendron elatum* and *Peltogyne lecointei* were evaluated, whose secondary metabolites present in the ethanolic extract were evaluated focused on the inhibition of in vitro growth of xylophagous fungi, *Trametes versicolor*. L and *Gloeophyllum trabeum*. Pers. The extracts that showed the greatest growth inhibition were those of the species *Handroanthus incanus* and *Dipteryx magnifica*, which showed promising results for both fungi studied, where the highest inhibitions observed were 41.5% and 21.9% respectively. However, the timber species *Allantoma decandra* and *Martiodendron elatum*, no inhibitory action was observed.

Keywords: resistance; xylophobic fungi; extractive and wood.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVO	11
2.1 Objetivo Geral	11
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
3.1 Descrição das espécies madeireiras	13
3.1.1 <i>Allantoma decandra</i>	13
3.1.2 <i>Dipteryx odorata</i>	13
3.1.3 <i>Dipteryx magnifica</i>	14
3.1.4 <i>Erismia uncinatum</i>	14
3.1.5 <i>Handroanthus incanus</i>	15
3.1.6 <i>Martiodendron elatum</i>	15
3.1.7 <i>Peltogyne lecointei</i>	16
3.2 Descrição dos fungos	16
3.2.1 <i>Trametes versicolor</i> . L	17
3.2.2 <i>Gloeophyllum trabeum</i> Pers	17
3.3 Extrativos	18
4. MATERIAIS E MÉTODOS	19
4.1 Local de realização do projeto	19
4.2 Espécies de madeiras estudadas	19
4.3 Reclassificação das Amostras	19
4.4 Teor de Umidade	20
4.5 Extração por Etanol	21
4.6 Isolamento do Extrativo	22
4.7 Raspagem e Armazenamento do extrativo	23
4.8 Concentrações de extrativos	24
4.9 Testes de inibição do crescimento fúngico	24
4.10 Avaliação da Ação antifúngica por imagem	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	28
5.1 Extrativos de Madeiras	28
5.2 Potencial de Inibição	29
5.2.1 <i>Dipteryx odorata</i>	30
5.2.2 <i>Dipteryx magnifica</i>	31
5.2.3 <i>Erismia uncinatum</i>	32
5.2.4 <i>Handroanthus incanus</i>	33
5.2.5 <i>Peltogyne lecointei</i>	34
5.2.6 <i>Allantoma decandra</i> e <i>Martiodendron elatum</i>	34
6. CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	35
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	36

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Relação das espécies de madeira selecionadas	19
Tabela 2. Teores de umidade e extrativos das sete espécies de madeiras da Amazônia	29
Tabela 3. Valores médios de inibição do crescimento das hifas do fungo de podridão branca <i>Trametes versicolor</i> no teste rápido de laboratório para as sete espécies de madeiras da Amazônia	29
Tabela 4. Valores médios de inibição do crescimento das hifas do fungos de podridão parda <i>Gloeophyllum trabeum</i> no teste rápido de laboratório para as sete espécies de madeiras da Amazônia	30

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. (1) Classificação dos cavacos, com o agitador de peneiras; amostras embaladas já classificadas; (3) armazenamento	20
Figura 2. Etapas realizadas para determinação do teor de umidade: (1) pesagem da placa de alumínio; (2) pesagem da amostra; (3) amostras no dessecador	21
Figura 3. (1) Processo de maceração das partículas de madeira com metanol; (2 e 3) Filtração	22
Figura 4. (1) evaporador rotativo com pressão reduzida; (2) evaporação do solvente obtenção do extrativo no balão; (3) Pesagem do extrativo	23
Figura 5. (1) Raspagem e armazenamento dos extrativos; (2) Balão antes da remoção do extrativo; (3) Balão depois da remoção do extrativo	24
Figura 6. (1) Preparação das concentrações; (2) sequência das concentrações das diferentes espécies estudadas	25
Figura 7: “A” micélios do fungo, “B” Concentrações de extrativo	26
Figura 8. (1) aplicação dos micélios do fungo; (2) aplicação do extrato na placa já inoculada; (3) placas com os diferentes extratos na incubadora	27
Figura 9. Transformação das imagens obtidas no aplicativo. (1) imagem original; (2) imagem em 8 bits; (3) imagem limiarizada	28
Figura 10. Valores médios de inibição fúngica dos diferentes extratos da espécie <i>Dipteryx odorata</i>	31
Figura 11. Valores médios de inibição fúngica dos diferentes extratos da espécie <i>Dipteryx magnifica</i>	32
Figura 12. Valores médios de inibição fúngica dos diferentes extratos da espécie <i>Erismia uncinatum</i>	33
Figura 13. Valores médios de inibição fúngica dos diferentes extratos da espécie <i>Handroanthus incanus</i>	34
Figura 14. Valores médios de inibição fúngica dos diferentes extratos da espécie <i>Peltogyne lecointei</i>	35

1 INTRODUÇÃO

A madeira é um composto natural e suscetível à deterioração natural, principalmente pelo ataque de fungos xilófagos (Costa et al., 2011). A madeira é um composto natural e suscetível à deterioração natural, principalmente pelo ataque de fungos xilófagos (Costa et al., 2011), no entanto algumas espécies apresentam uma resistência maior aos efeitos nocivos causados por agentes deteriorantes (STANGERLIN, 2013).

O uso de produtos químicos preservantes para madeiras, apesar de um crescimento nos últimos anos, tem sofrido restrições pelas legislações vigentes, os mais clássicos como o creosoto e compostos baseados em cobre, cromo e arsênio (CCA), sobretudo em países com maior grau de desenvolvimento (BRAND et al., 2006).

Na atualidade, diversos estudos estão em curso com a finalidade de encontrar produtos que possam ser utilizados para proteger a madeira sem apresentar riscos ao homem e ao meio ambiente. Esta é uma área da pesquisa que vem ganhando forças nos últimos anos, por estar apresentando resultados promissores no que diz respeito ao potencial de combate e eficácia contra organismos que se alimentam de madeira, com o uso de compostos naturais da própria madeira. Esses compostos são substâncias químicas produzidas pelas células das plantas e têm relação com a função de proteger a planta ou atrair polinizadores, como os compostos metabólicos secundários (SARKER *et al.*, 2012; Silveira, 2018).

A importância desse tipo de estudo no maior número possível de espécies madeireiras, facilita o entendimento dos mecanismos de proteção oferecidos por esses compostos naturais presentes nos extrativos, podendo desta forma, resultar no desenvolvimento de fungicidas e/ou inseticidas de origem natural e com um potencial menos ofensivo ao meio ambiente.

2 OBJETIVO

2.1. Objetivo Geral

Avaliar o potencial de inibição do crescimento *in vitro* de fungos apodrecedores na presença de extrativos de sete espécies madeireiras do bioma amazônico, oriundas de concessão florestal da Floresta Nacional de Jacundá.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A resistência natural da madeira é a capacidade de resistir aos agentes deterioradores biológicos (insetos, moluscos, bactérias, crustáceos e fungos), químicos ou físicos e pode variar de espécie para espécie (PAES, 2002; PAES, 2007; QUINTAILHAN et al., 2018; SILVA et

al., 2014). Esta resistência pode ser atribuída a presença de substâncias tóxicas ou por barreiras físicas (SILVA et al., 2014; GONÇALVES et al., 2013; PAES et al., 2013)

O conhecimento da resistência natural da madeira tem grande importância para a recomendação do seu uso final, o que reduz gastos desnecessários com a reposição de peças, reduzindo também os impactos ambientais (PAES *et al.*, 2004). Com isso, a deterioração da madeira pode ocorrer por diversos fatores, como insetos, moluscos, bactérias, crustáceos e fungos (SILVA *et al.*, 2005; Silva, 2014). Dentre os agentes deterioradores da madeira um que se destaca são os fungos que são responsáveis por significativos danos e prejuízos econômicos (CAVALCANTE, 1982; HUNT; GARRATT, 1967; PAES, 2002; PAES *et al.*, 2007; SILVA *et al.*, 2014)

Certas espécies de madeiras necessitam de um tratamento preservativo, por ter uma menor resistência e possuir condições mais propícias à biodeterioração por agentes xilófagos e por condições ambientais. Este tratamento com preservantes, geralmente químicos, fornece uma proteção para a madeira contra insetos, fungos e brocas marinhas, o que conseqüentemente aumenta a vida útil da madeira (TORRES, Pablo Marcel de Arruda et al., 2011).

É importante avaliar o ataque de fungo em relação ao índice de deterioração da madeira, principalmente aquelas que possuem baixos teores de extrativos. A qualidade e/ou quantidade de certos tipos de extrativos presentes na madeira podem aumentar a durabilidade da mesma, principalmente na região externa do cerne, onde a concentração é maior (PANSWIN e DE ZEEUW, 1980; OLIVEIRA *et al.*, 1986; QUINTILHAN, 2018).

3.1. Descrição das Espécies Madeireiras

3.1.1 *Allantoma decandra*

Allantoma decandra, também conhecida popularmente como Jequitibá-branco, pertence à família *Lecythidaceae* e inclui o gênero *Allantoma*, é uma espécie que não é nativa do Brasil. Ela é encontrada principalmente na região norte do país, sendo confirmada nos estados do Acre, Amazonas, Pará e Rondônia, sua distribuição geográfica está dentro do domínio fitogeográfico da Amazônia, onde cresce em florestas de terra firme, de acordo com a Reflora Brasil de 2023.

Suas características gerais incluem cerne e alburno indistintos pela cor, com o cerne apresentando uma coloração rosada. Os limites dos anéis de crescimento são pouco distintos ou até mesmo ausentes, situando-se em um padrão intermediário entre distintos e indistintos. A madeira possui uma superfície longitudinal sem brilho e emite um cheiro perceptível, porém desagradável (CORADIN *et al.*, 2010).

Os vasos/poros são visíveis (com uma lente no macroscópico de 10x), possui um diâmetro de 100 a 200µm, difuso-porosos, até 5 vasos/2mm², seus grupos similares de vasos solitários e múltiplos radiais (menos de 4 embarcações) formam padrão indefinido, contorno circular/oval. Possuem placas de perfuração, perfuração simples e embarcações desbloqueadas e o parênquima axial reticulado. Raios são finos, altura < 1mm, baixa frequência (5-10 raios/mm), tem-se uma estrutura estratificada ausente, estrutura secretora não observada/formada por canais traumáticos (CORADIN *et al.*, 2010). Esta é uma madeira que é considerada com uma densidade básica média, com uma densidade de 0,57 g/cm³ (ROITMAN, 2021)

3.1.2 *Dipteryx odorata*

Dipteryx odorata, também conhecida popularmente como Cumaru-ferro ou Cumburu, pertence a família *Fabaceae* inclui o gênero *Dipteryx*, com ocorrência de 10 espécies no Brasil (SiBBR, 2021), a espécie ocorre no norte, nordeste e centro-oeste do Brasil, na Amazônia e Mata Atlântica.

A espécie em questão possui características marcantes tanto em seu cerne quanto em seu alburno, exibindo uma coloração que varia entre tons de marrom e amarelado. Seus anéis de crescimento são distintos, com uma individualização notável por meio de zonas fibrosas tangenciais mais escuras. A madeira não apresenta brilho nas superfícies longitudinais, e seu aroma é imperceptível. Além disso, é uma madeira difícil de ser cortada transversalmente de forma manual (CORADIN *et al.*, 2010).

A madeira dessa espécie possui vasos visíveis apenas com lente de 10x, diâmetro pequeno (inferior a 100µm) e difuso-porosa (6 a 30 vasos/2mm²), a maioria dos vasos é solitária, com contorno indefinido e parcialmente bloqueados por substância esbranquiçada. O parênquima axial apresenta características aliformes, já os raios são finos, baixos e pouco frequentes (5 a 10/mm), com estrutura estratificada (2 camadas/mm) e ausência de estruturas secretoras ou variantes cambiais (CORADIN *et al.*, 2010). Esta é uma espécie que possui uma densidade básica alta de 0,91 g/cm³ (ROITMAN, 2021)

3.1.3 *Dipteryx magnifica*

Dipteryx magnifica, também conhecida popularmente como Cumaru-Rosa, pertence à Família *Fabaceae*, do gênero *Dipteryx*, é uma espécie que não consta na lista das 100 espécies nativas mais comercializadas no Brasil em 2008 e também não está incluída na lista das 100 espécies mais comercializadas no Brasil em 2009 (CORADIN *et al.*, 2010).

É uma espécie que possui características distintas de cerne e albúrnio pela cor, sendo avermelhada, seus anéis de crescimento têm limites bem definidos e são individualizados por zonas fibrosas mais escuras, é uma madeira que possui uma textura média, grã irregular ou entrelaçado e não possui brilho nas superfícies longitudinais, com cheiro imperceptível e difícil de cortar manualmente. Já os seus vasos são pequenos, difuso-porosos e predominantemente solitários, não apresentando placas de perfuração, possui também uma estrutura estratificada regular com 2 camadas por milímetro axial e não possui estrutura secretora e não foram observadas variantes cambiais (CORADIN *et al.*, 2010). A densidade básica para esta espécie foi considerada alta, com valor de 0,82 g/cm³ (ROITMAN, 2021)

3.1.4 *Erisma uncinatum*

Erisma uncinatum, também conhecida como Cedrinho, Libra e Verga, pertence à Família *Vochysiaceae*, do gênero *Erisma*, é uma espécie que consta na lista das 100 espécies nativas mais comercializadas no Brasil em 2009 (CORADIN *et al.*, 2010).

É uma espécie que possui características distintas de cerne e albúrnio pela cor, sendo acastanhado, seus anéis de crescimento têm limites bem distintos e são individualizados por zonas fibrosas tangenciais mais escuras, é uma madeira que possui uma textura média a grossa, grã reta, não possui brilho nas superfícies longitudinais, com cheiro imperceptível e é uma madeira moderadamente dura de cortar manualmente. Os seus vasos são porosos difuso, são visíveis a olho nu e são de baixa frequência (CORADIN *et al.*, 2010). Esta é uma madeira que é considerada com densidade básica média, de 0,55 g/cm³ (ROITMAN, 2021).

3.1.5 *Handroanthus incanus*

Handroanthus incanus, também conhecida popularmente como Ipê- Tabaco, pertence à Família *Fabaceae*, do gênero *Handroanthus*, sua distribuição geográfica ocorre na região norte do Brasil, principalmente na Amazônia, não está incluída na lista das 100 espécies nativas mais comercializadas no Brasil em 2008 e em 2009. Outro ponto que vale ressaltar é a relevância de que as espécies pertencentes a esse gênero podem apresentar dificuldades de distinção, o que leva a uma considerável quantidade de madeira no mercado sem identificação específica (CORADIN *et al.*, 2010).

A madeira dessas árvores destaca-se por características distintas entre cerne e albúrnio, o cerne é acastanhado a oliváceo, já os anéis de crescimento são bem definidos, com zonas fibrosas tangenciais escuras e facilmente individualizadas. Superfícies longitudinais brilhantes

e com cheiro agradável. Corte transversal manual difícil devido a grã irregular ou entrelaçado e textura média, tem figura presente em listras causadas pelo ângulo do corte ou padrão do grão, seus vasos presentes, visíveis com lente de 10x, diâmetro pequeno (menor que 100µm), difuso-porosos, alta frequência e predominantemente solitários e o parênquima axial vasicêntrico paratraqueal e confluyente em extensões oblíquas curtas. Raios finos, baixos e de pouca frequência (CORADIN *et al.*, 2010). Esta é uma madeira que é considerada de densidade básica alta, de 0,87 g/cm³ (ROITMAN, 2021).

3.1.6 *Martiodendron elatum*

Martiodendron elatum, também conhecida popularmente como Tamarindo ou Jutaí-cica, pertence à família *Fabaceae* inclui o gênero *Martiodendron*, é uma espécie encontrada na região norte do Brasil, principalmente na Amazônia, em termos de distribuição geográfica, em 2008, estavam entre as 100 espécies mais comercializadas, mas não em 2009 (CORADIN *et al.*, 2010).

É uma espécie que possui características distintas em seu cerne e alborno, destacando-se o cerne avermelhado e limites bem definidos dos anéis de crescimento. Sua madeira não possui brilho nas superfícies longitudinais, mas apresenta um agradável cheiro perceptível. O corte manual é difícil devido à grã irregular ou entrelaçado, resultando em textura grosseira e figuras causadas por estrias longitudinais devido ao parênquima axial. Os vasos, visíveis a olho nú, têm diâmetro médio de 100 a 200µm, caracterizando-a como difuso-porosa, com frequência média de 6 a 30 vasos por 2 mm², a maioria solitária com contorno circular a oval. Placas de perfuração não são observadas, e muitos vasos são bloqueados por tilos e os raios são finos, baixos e ocorrem em pouca frequência, de 5 a 10 raios por mm, sendo identificados com lente de 10x nas faces transversal e tangencial devido ao baixo contraste na superfície radial (CORADIN *et al.*, 2010). Esta é uma madeira que é considerada com uma densidade básica alta, de 0,86 g/cm³ (ROITMAN, 2021).

3.1.7 *Peltogyne lecointei*

Peltogyne lecointei, também conhecida popularmente como Roxinho, pertence à Família *Fabaceae* incluindo o gênero *Peltogyne*, esta espécie é exclusiva do território brasileiro, sendo encontrada apenas na região norte do país, com sua presença confirmada no estado do Pará (Flora do Brasil, 2020).

A madeira de *P. lecointei* apresenta cerne e alborno com cores distintas. O cerne é arroxeadado, marcado por anéis de crescimento bem definidos, zonas fibrosas escuras e, às vezes, parênquima marginal. Nas superfícies longitudinais, a madeira tem pouco brilho e odor

característico. É resistente, com grã entrecruzada ou reversa e textura fina. Os vasos, de diâmetro médio (100 a 200 µm), são moderadamente distribuídos, principalmente solitários, com formato circular a oval. Muitos vasos são obstruídos por substância esbranquiçada. Parênquima axial é visível, enquanto os raios são finos, baixos e pouco frequentes (ROITMAN, 2021). Esta é uma madeira que é considerada com densidade básica alta, de 0,85 g/cm³ (ROITMAN, 2021).

3.2 Descrição dos Fungos Apodrecedores

Para Oliveira *et al.* (2005) os fungos responsáveis pela podridão branca e podridão parda, da classe Basidiomicetos, têm grande responsabilidade pelo apodrecimento da madeira. Estes fungos são um exemplo de xilófagos, e podem decompor a madeira por completo ou apenas causar pequenas manchas, devido a características enzimáticas específicas, em relação à decomposição dos primeiros constituintes da madeira (ROCHA, 2001).

A maioria dos fungos que causam podridão branca decompõe a lignina, hemicelulose e celulose, presentes na parede celular, de forma indistinta. No entanto, apenas alguns fungos possuem a capacidade de remover seletivamente a lignina e a hemicelulose, enquanto a remoção da celulose é menor (PINTO, 2006). O que leva a madeira a ter aspectos como a perda de resistência em processo avançado, mole, úmida, esponjosa e uma aparência descolorida.

Fungos de podridão parda degradam polissacarídeos presentes na parede celular, como celulose e hemicelulose, no entanto a lignina fica praticamente intacta, o que gera uma mudança no aspecto da madeira, em que permanece com a sua estrutura, mas ela fica úmida (PINTO, 2017).

3.2.1 *Trametes versicolor*. L

É um dos fungos mais amplamente distribuído e documentado em escala global, sendo reconhecido popularmente em alguns países devido às suas características morfológicas que lembram um "rabo de peru". Ele demonstra utilidade promissora na investigação de compostos com propriedades antitumorais e antimicrobianos. Além disso, possui aplicações em micorremediação e na purificação de ambientes contaminados ou tóxicos, atributos que se fundamentam em sua capacidade de catalisar a deterioração de diversos compostos químicos (GRYCZKA, 2009; SILVEIRA, 2018).

Os basidiomas exibem variabilidade morfológica, sendo sua conformação e cores vibrantes à influência do hospedeiro e do contexto ambiental circundante. Eles induzem um processo de deterioração uniforme, manifestando-se predominantemente em árvores que estão feridas ou em estado de declínio vital. Sua presença é rotineiramente identificada em resíduos

de madeira utilizados na produção de celulose, bem como em madeiras encontradas em dormentes (EATON; 1993; STANCHEVA *et al.*, 2009; SILVEIRA, 2018).

3.2.2 *Gloeophyllum trabeum* Pers

As perdas decorrentes desses fungos são difíceis de mensurar, no entanto, estima-se que cerca de 10% da madeira adquirida nos Estados Unidos seja destinada à substituição de peças deterioradas em uso (SILVEIRA, 2018).

A madeira afetada pela proteção causada pela podridão parda se mostra mais escuro inicialmente, e à medida que o processo avança, assume uma sombra parda escura com uma redução de resistência residual. Na fase de conclusão, a madeira apresenta fissuras profundas, apresentando um padrão cúbico específico devido às rachaduras longitudinais e transversais. Torna-se quebradiço e propenso a colapsar devido ao encolhimento resultante da perda de carboidratos da parede celular. As dimensões e profundidades das fissuras variam conforme o tipo de fungo e a espécie de madeira (LEPAGE *et al.*, 1986; SILVEIRA, 2018).

Este fungo apresenta distribuição geográfica abrangente, exibindo uma propensão à rápida movimentação de substratos, manifestando atividade de representação tanto em madeira de folhosas como de coníferas. Notavelmente, este fungo exibe uma adaptabilidade considerável ao processo de dessecação, além de manifestar uma tolerância intrínseca ao arsênio e ao cobre. Sua presença é observada em diversas configurações, incluindo árvores em posição vertical, troncos derrubados, tocos, madeira em contato direto com o solo, bem como em elementos auxiliares em telhados, postes, dormentes, pontes, torres, embarcações de madeira e componentes guardados feitos de madeira. (BI *et al.*, 1993).

3.3 Extrativos

Considerando que as plantas não se locomovem, foi necessário que desenvolvessem mecanismos de ação contra alguns fatores externos que pudessem prejudicá-las, como herbivoria, ataque de fungos, insetos, intempéries, dentre outros fatores. Conhecidos como extrativos, estão relacionados com proteção dos vegetais a estresses bióticos e abióticos (RASKIN *et al.*, 2002; PACHECO BORGES *et al.*, 2020).

A composição estrutural da madeira é caracterizada por uma matriz complexa de substâncias, abrangendo um espectro variado de moléculas macro e micromoleculares. Dentre os componentes de maior proporção, merecem destaque a celulose, as polioses e a lignina, que constituem elementos intrínsecos das diferentes variedades de madeira. Em contraste, as moléculas em escala micromolecular, que compõem as substâncias de menor magnitude, englobam uma diversidade de compostos de peso molecular reduzido. As substâncias de baixa

massa molecular, conhecidos como extrativos, compreendem um conjunto abrangente de metabólitos secundários que, mesmo não sendo estritamente indispensáveis para a sobrevivência direta do organismo produtor, conferem vantagens adaptativas cruciais para a perenidade da espécie (SIMÕES et al., 2006; KLOCK et al., 2005; SILVEIRA, 2018).

Os extrativos podem ser categorizados em diversos grupos com base em suas características estruturais. Na madeira, é comum encontrar extrativos compostos por substâncias orgânicas, oleofílicas de baixa massa molecular, tais como as resinas. Além disso, é possível a presença de compostos orgânicos de alta massa molecular, como gorduras, ceras, ácidos graxos, álcool, esteróides e hidrocarbonetos (SARTO & SANSIGOLO, 2010; ROITMAN, 2021).

A quantidade e qualidade dos extrativos apresentam variabilidade específica entre diferentes espécies. A variabilidade nos teores dessas substâncias são notáveis entre indivíduos pertencentes à mesma espécie, com variação desde o cerne mais interno até o recém-formado (OLIVEIRA, 2005).

Os extrativos, podem ser retirados da madeira através da água, solventes orgânicos como etanol, acetona, diclorometano, metanol, etanol/tolueno, ou mesmo por volatilização. As substâncias extrativas que conferem durabilidade à madeira geralmente se formam durante a transformação do alburno em cerne. Possuindo caráter fenólico e polifenólico, elas se acumulam nos lúmens e nas paredes celulares, resultando, em muitos casos, em uma coloração escura do cerne. Essa presença é crucial para a resistência e durabilidade da madeira, contribuindo para suas propriedades físicas e químicas ao longo do tempo (OLIVEIRA, 2005).

Os compostos extraídos de plantas que demonstram atividade contra organismos xilófagos podem servir como uma alternativa para substituir os produtos químicos convencionalmente usados no mercado, resultando assim em uma redução do impacto ambiental (SANTOS et al., 2009; PINTO, 2020).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Local de Realização do Trabalho

O trabalho foi realizado nas Áreas da Química, Adesivos e Borracha Natural, e de Biodegradação e Preservação da Madeira, do Laboratório de Produtos Florestais – LPF, do Serviço Florestal Brasileiro – SFB, em Brasília/DF.

4.2 Espécies de Madeiras Estudadas

Para este estudo, foram selecionadas as espécies de madeira do bioma amazônico relacionadas na Tabela 1, provenientes da concessão na Floresta Nacional de Jacundá. Esta Floresta é uma unidade de conservação de uso sustentável que fica localizada nos municípios de Porto Velho e Candeias do Jamari, em Rondônia, com uma área de 220.644,52 hectares.

Tabela 1. Relação das espécies de madeira selecionadas.

<i>Nome Científico</i>	Massa específica (g/cm³)	Nome Comum
<i>Allantoma decandra</i>	0,57	Jequitibá- branco
<i>Dipteryx odorata</i>	0,91	Cumaru- ferro
<i>Dipteryx magnifica</i>	0,82	Cumaru- rosa
<i>Erisma uncinatum</i>	0,55	Libra
<i>Handroanthus incanus</i>	0,87	Ipê- tabaco
<i>Martiodendron elatum</i>	0,86	Tamarindo
<i>Peltogyne lecointei</i>	0,85	Roxinho

4.3 Reclassificação das Amostras

As amostras de madeira foram preparadas de acordo com a norma TAPPI T 257, portanto, depois de serem cortadas e moídas, o material foi peneirado e classificado. Para isso foram utilizadas amostras classificadas em P-40 (gramatura da madeira serrada), que conforme a literatura é uma granulometria ideal para realizar a extração dos extrativos da madeira (Figura 1).



FIGURA 1: (1) Classificação dos cavacos, com o agitador de peneiras; (2) amostras embaladas já classificadas; (3) armazenamento.

4.4 Teor de Umidade

Para a realização desta etapa (Figura 2), foram coletadas amostras no mesmo dia da pesagem do material para a extração do extrativo, em que foi separado 10g para a determinação do teor de umidade, sendo utilizada 1g para cada placa de alumínio. Desta forma, o teor de umidade foi determinado a partir de três amostras de 1g de madeira com granulometria em P-40, e ambas as amostras foram colocadas em uma estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$, onde permaneceram durante 2 horas, depois foram retiradas e pesadas, e mais duas vezes de hora em hora, de forma que a umidade da madeira não fosse fonte de erro no cálculo do teor de extrativos. Para a obtenção do teor de umidade foi utilizado a Equação 1.

$$TU = ((MU - MS)/MS) \times 100 \quad (\text{Equação 1})$$

Em que: TU = Teor de umidade da amostra (%);

MU = Massa úmida da amostra (g);

MS = Massa seca da amostra (g).

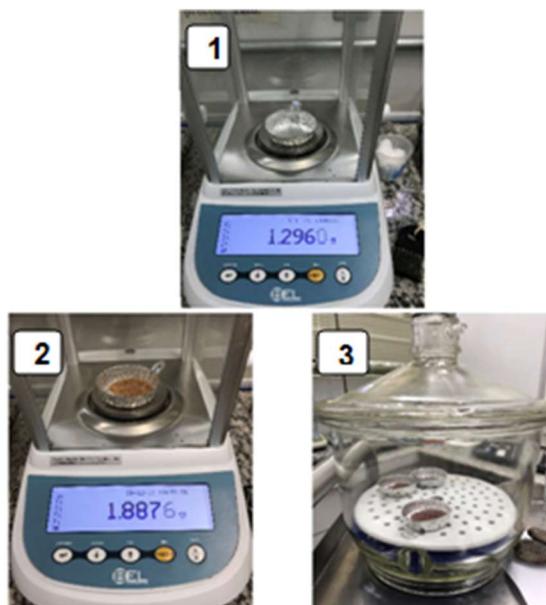


Figura 2: Etapas realizadas para a determinação do teor de umidade: (1) pesagem da placa de alumínio; (2) pesagem da amostra; (3) amostras no dessecador, para entrar em equilíbrio.

4.5 Extração por Etanol

A extração foi realizada conforme os procedimentos já estabelecidos na Farmacopéia Brasileira e protocolos de farmacognosia, com as adaptações necessárias para a execução nos Laboratórios do LPF. Para a extração foi utilizado o etanol, por ter um desempenho semelhante a outros solventes como o metanol, com grau de toxicidade baixo e por ser um produto de fácil acesso e ter um preço acessível.

O método utilizado foi o de maceração, em que, o processo de obtenção dos extrativos foi realizado em triplicata em uma proporção de 80g de madeira para cada 400 mL de etanol. A mistura permaneceu um período de 24 horas de maceração em um agitador mecânico da marca TECNAL modelo TE-140 (Figura 3). No final do período de maceração as amostras foram filtradas, com um filtro de papel comum e transferidas para outro erlenmeyer, onde ficaram armazenadas até o período de isolamento dos extrativos (Figura 3). Para cada triplicata da espécie, foram feitas três baterias de extração consecutivas, o que demorou em torno de 3 semanas para concluir cada espécie, incluindo o isolamento do extrativo das espécies (rotaevaporação).



Figura 3: (1) Processo de maceração das partículas de madeira com metanol em agitador mecânico; 2 e 3 Filtração.

4.6 Isolamento do Extrativo

Depois do processo de maceração e filtração, em que as amostras foram colocadas em um erlenmeyer separadamente para cada triplicata da espécie, ocorreu o processo de isolamento do extrativo (Figura 4). Através da rotaevaporação realizado em ambiente de baixa temperatura e baixa pressão, com a utilização de rotaevaporadores, que necessitam do auxílio de uma bomba de vácuo e de um banho ultratermostatizado, que auxilia no controle da temperatura. Os balões que foram utilizados neste processo, foram esterilizados com etanol e colocados em uma estufa a 105°C por 2 horas, para que fosse obtido o seu peso inicial. Depois deste período, foi colocado em um dessecador por 30 min e depois foi colocado em uma balança analítica, para assim obter a massa de cada balão.

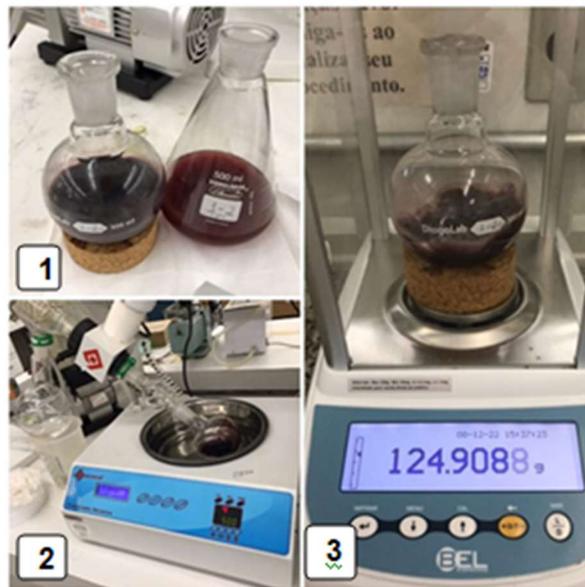


Figura 4:(1) evaporador rotativo com pressão reduzida; (2) evaporação do solvente obtenção do extrativo no balão; (3) Pesagem do extrativo.

No total, foi feita a rotaevaporação de 9 erlenmeyer, sendo 3 triplicatas e 3 baterias de cada triplicata. Assim, a rotaevaporação demorou em média para cada 1 erlenmeyer 2:30 horas para serem concluídas.

Concluindo a rotaevaporação da primeira bateria, as amostras foram levadas para uma estufa à vácuo, onde ficaram no mínimo 12 horas, para garantir o total de evaporação do solvente. Após esta etapa, as amostras foram colocadas em um dessecador durante 30 minutos, para entrarem em equilíbrio térmico com o ambiente. Depois foram pesadas separadamente, sendo o processo feito nas três baterias de cada triplicata, para obtenção da massa do extrativo separadamente e posteriormente obtida a somatória de ambas.

4.7 Raspagem e Armazenamento do Extrativo

Para este processo (Figura 5) foram necessários os seguintes itens:

- Espátula de ponta arredondada;
- Suporte para o balão de fundo redondo;
- Frasco de vidro com tampa.

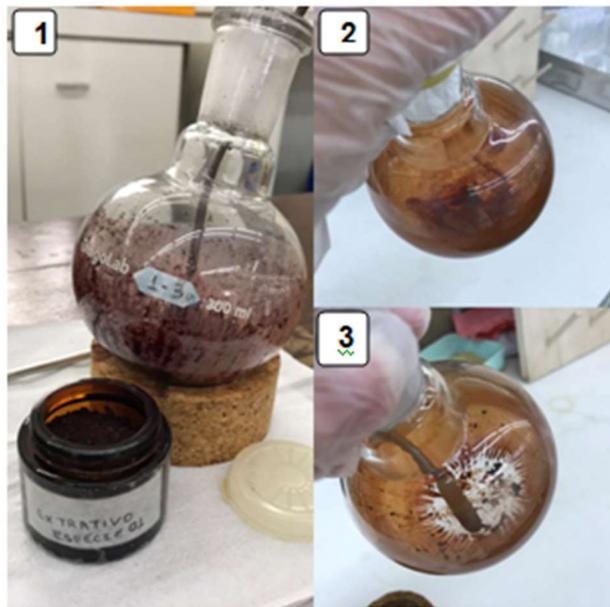


Figura 5: (1) Raspagem e armazenamento dos extrativos; (2) Balão antes da remoção do extrativo; (3) Balão depois da remoção do extrativo.

Primeiramente foi necessário apoiar o balão de fundo redondo no suporte, para se ter um apoio na hora da raspagem, logo em seguida com a espátula foi feita a raspagem. Durante a raspagem, foi necessário estar com luvas e todo o equipamento esterilizado, para não correr o risco de contaminação.

Com o extrativo raspado, foi feito o armazenamento dentro do frasco de vidro, e mantido na geladeira, para não correr o risco de ter perdas.

4.8 Concentrações de Extrativos

Foram realizadas 4 concentrações para cada espécie de madeira (Figura 6), uma de 1%, uma de 0,50%, uma de 0,25% e uma de 0,125%. Para realizar a primeira concentração (1%), foi utilizado 1g de extrativo e 100 ml de etanol (99,9%), para fazer uma mistura homogênea, foi colocado no (equipamento) onde permaneceu durante 1 hora.

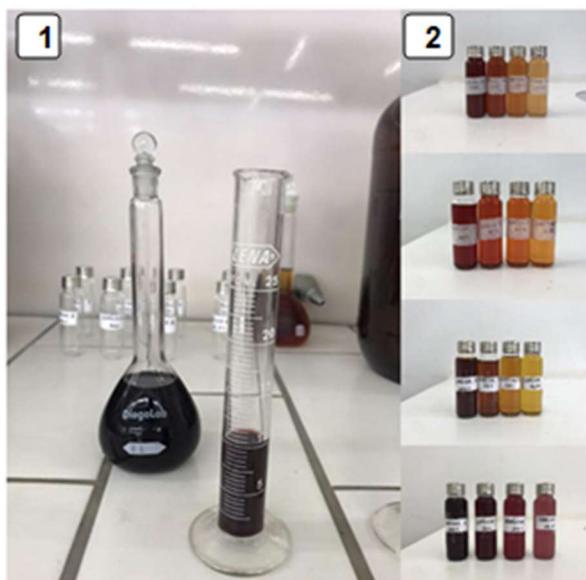


Figura 6: (1) Preparação das concentrações; (2) sequência das concentrações das diferentes espécies estudadas.

Da concentração 100%, foi utilizado 20 ml, para realizar a de 50%. Em uma proveta de 20 ml, foi colocado 20 ml dessa amostra e nela foi adicionado 20 ml de etanol puro, obtendo-se assim a concentração de 50%. Foi separado 20 ml da amostra de 50%, e a outra metade foi utilizada para fazer a de 25%, então foi acrescentado mais 20 ml de etanol puro para realizar a concentração de 25%, o mesmo ocorreu para a amostra de 12,5%. Foi armazenado na geladeira 20 ml de cada concentração, para ser utilizado no ensaio acelerado.

4.9 Testes de Inibição do Crescimento Fúngico

Para a avaliação da atividade antifúngica a diferentes concentrações obtidas, foram utilizados os fungos apodrecedores *Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum*. A progressão do crescimento micelial *in vitro* dos extratos foi avaliada por meio do método de difusão em placas de Petri, seguindo o protocolo estabelecido por Medeiros et al. (2016), com algumas modificações.

O meio de cultura foi preparado ao combinar 30 g de extrato de malte com 18 g de ágar em 1 L de água desionizada, pré-aquecida em micro-ondas por 6 minutos. Esse meio foi então esterilizado em autoclave à 121°C por 20 minutos. Após a autoclavagem em cada 500 ml de meio de cultura foi adicionado 0,5 ml de antibiótico, com o objetivo de prevenir a ocorrência de agentes contaminantes. Anteriormente a esse período, a capela de fluxo laminar foi higienizada e esterilizada com etanol absoluto e luz ultravioleta por 20 minutos, para assegurar a esterilidade.

Após adicionar o antibiótico, 12 mL desse meio de cultura foram distribuídos em cada placa de Petri. As placas, feitas de poliestireno descartável de 90 x 15 mm, foram revestidas com plástico parafilme e incubadas em um ambiente com umidade de $80 \pm 2\%$ e temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, por um período mínimo de 72 horas.

O tempo de crescimento de cada fungo nas placas foi determinado quando o fungo cobria completamente a superfície da placa de Petri que continha apenas o fungo (que eram as placas controle), a partir do ponto de origem dos dois micélios posicionados na área "A" (Figura 7). Desta maneira, o crescimento do *Trametes versicolor* na placa ocorreu em cerca de uma semana, enquanto o *Gloeophyllum trabeum* levou aproximadamente duas semanas para cobri-la.

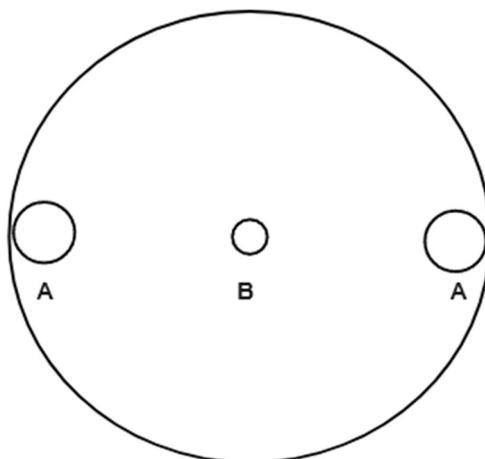


Figura 7: "A" micélios do fungo, "B" Concentrações de extrativo.

Com base nos resultados, foram preparadas quatro concentrações distintas de extratos para cada espécie de madeira. Além disso, foram incluídos uma amostra de controle e placas de Petri contendo apenas etanol, para avaliar qualquer efeito inibitório do solvente. Foram 10 repetições para cada concentração, 10 para as amostras de controle e 10 para as placas contendo apenas etanol. As placas foram preparadas com dois discos de micélio, cortadas com o auxílio de um vazador de rolha de 6 mm de diâmetro, posicionadas na área "A" da placa de Petri.

Desta forma, a difusão (Figura 8) ocorreu da seguinte maneira, em cada placa foram colocados dois inóculos na posição "A", com os micélios do fungo avaliado e os extratos separados foram inoculados na área "B" (Figura 7) de cada placa de Petri nas concentrações avaliadas. O mesmo procedimento foi seguido para as placas contendo apenas etanol absoluto, além das placas de controle, nas quais apenas o orifício central foi feito. Após a deposição, as placas foram deixadas em repouso até a completa evaporação do etanol. Posteriormente, todas

as placas foram seladas com parafilme plástico e incubadas à 25°C e 80% de umidade relativa, para permitir o pleno desenvolvimento do fungo.



Figura 8: (1) aplicação dos micélios do fungo; (2) aplicação do extrato na placa já inoculada; (3) placas com os diferentes extratos na incubadora.

4.10 Avaliação da Ação Antifúngica por Imagem

O impacto inibitório dos extratos selecionados foi conduzido ao examinar as imagens capturadas de cada placa de Petri após o período de crescimento específico para cada espécie fúngica. Nesse contexto, uma análise foi executada por meio de um software gratuito de edição de imagens, o ImageJ, a qual foi realizada a medida da região de passagem ao redor de cada disco contendo os micélios fúngicos previamente posicionados nas placas de Petri.

Após o período estabelecido para o crescimento de cada fungo, as placas foram retiradas da incubadora e colocadas sobre uma superfície de cartolina preta para realçar o contraste. Foi removida a tampa da placa de Petri, e as fotografias foram capturadas no ambiente do laboratório, onde uma fonte de luz difusa foi empregada para assegurar a obtenção da imagem ótima. As imagens resultantes foram convertidas em representações em escala de cinza de 8 bits e, subsequentemente, permaneceram em um processo de limiarização como demonstrado na Figura 9. Nesse contexto, a limiarização implica na conversão da área ocupada pelo fungo em uma imagem de tons brancos. Com base nas dimensões da placa de Petri, a proporção dessa área é deixada pelo software em termos de proporção do espaço total da placa que o fungo ocupou.

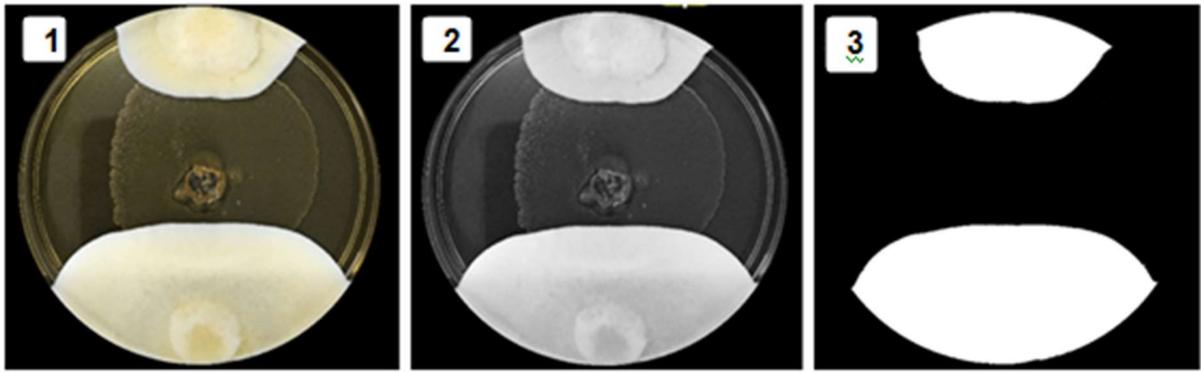


Figura 9: Transformação das imagens obtidas no aplicativo ImageJ. (1) imagem original; (2) imagem em 8 bits; (3) imagem limiarizada.

As fotografias foram capturadas utilizando uma câmera de iPhone 7® com resolução de 12 megapixels, sem o uso de flash e sem aplicar zoom. A câmera foi posicionada a uma distância vertical de 12 cm da superfície da bancada, seguindo uma metodologia delineada por Medeiros *et al.* (2016). As imagens originais, capturadas em formato JPEG e em cores, foram posteriormente analisadas utilizando o software ImageJ, empregando o processo de limiarização.

O software ImageJ é eficaz na obtenção da porcentagem da área de contaminação do fungo na placa Petri, desta forma, com este aplicativo foi possível obter de maneira mais rápida o total da área da placa de Petri que o fungo preencheu. O percentual de inibição foi facilmente calculado conforme a metodologia de Cheng *et al.* (2011), conforme demonstrado na Equação 2. Vale ressaltar que o aplicativo considera apenas a área da placa de Petri, ele despreza as bordas fora da margem da placa.

$$PI = \left(1 - \frac{AE}{AC}\right) \times 100 \quad \text{(Equação 2)}$$

Em que: PI = porcentagem de inibição (%).

AE = área ocupada pelos fungos nos extratos (%);

AC = área ocupada pelos fungos nas placas controle (%).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Extrativos de Madeira

O teor de umidade presente na amostra de madeira tem relevância no processo de determinação precisa da massa desidratada da amostra, bem como na quantificação dos

extrativos presentes na estrutura da madeira. Os valores de teor de umidade e extrativos totais, obtidos por meio do método de maceração utilizando etanol, estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios dos teores de umidade e extrativos das sete espécies de madeiras da Amazônia.

	Espécie de madeira						
	<i>Allantoma decandra</i>	<i>Dipteryx odorata</i>	<i>Dipteryx magnifica</i>	<i>Erisma uncinatum</i>	<i>Handroanthus incanus</i>	<i>Martiodendron elatum</i>	<i>Peltogyne lecointei</i>
Teor de umidade (%)	8,64	9,42	7,23	7,67	10,10	8,55	6,73
Teor de extrativo (%)	0,68	4,44	4,23	0,82	4,75	4,61	6,13

A espécie *Peltogyne lecointei* apresentou o maior teor de extrativo (6,13%) e o menor teor de umidade (6,73%), dentre as sete espécies estudadas. Já a que apresentou o menor teor de extrativo foi a espécie *Allantoma decandra* com (0,68%) e um teor de umidade de 8,64%. A espécie que apresentou o maior teor de umidade foi *Handroanthus incanus* com 10,09%, e um teor de extrativo de 4,75%. Foram encontrados esses valores, sendo o etanol o solvente utilizado como meio de extração dos extrativos. Nesta etapa não foi utilizado fonte de calor, sendo assim, algumas substâncias dos extrativos, podem ter permanecido nos cavacos, por não possuir uma afinidade tão grande com o solvente utilizado.

5.2 Potencial de inibição

Os valores médios de inibição a diferentes concentrações de extrativos por espécies de madeira para os 2 fungos apodrecedores podem ser observados nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3. Valores médios de inibição do crescimento das hifas do fungo de podridão branca, *Trametes versicolor* no Teste rápido de Laboratório para as sete espécies de madeiras da Amazônia.

	<i>Allantoma decandra</i>	<i>Dipteryx odorata</i>	<i>Dipteryx magnifica</i>	<i>Handroanthus incanus</i>	<i>Martiodendron elatum</i>	<i>Peltogyne lecointei</i>	<i>Erisma uncinatum</i>
Extrato 100%	0,00%	0,34%	3,56%	8,26%	0,00%	0,16%	1,84%
Extrato 50%	0,00%	0,78%	0,29%	5,28%	0,00%	0,34%	0,74%
Extrato 25%	0,00%	0,99%	1,07%	4,14%	0,00%	0,14%	0,84%
Extrato 12,5%	0,00%	0,39%	0,00%	4,64%	0,00%	0,53%	0,06%

Tabela 4. Valores médios de inibição do crescimento das hifas do fungo de podridão parda *Gloeophyllum trabeum* no Teste rápido de Laboratório para as sete espécies de madeiras da Amazônia.

	<i>Allantoma decandra</i>	<i>Dipteryx odorata</i>	<i>Dipteryx magnifica</i>	<i>Handroanthus incanus</i>	<i>Martiodendron elatum</i>	<i>Peltogyne lecointei</i>	<i>Erisma uncinatum</i>
Extrato 100%	0,00	12,76	21,90	41,46	0,00	0,21	1,61
Extrato 50%	0,00	5,87	7,31	27,71	0,00	0,34	1,61
Extrato 25%	0,00	2,91	7,61	12,94	0,00	0,34	0,56
Extrato 12,5%	0,00	2,08	0,66	5,88	0,00	0,30	0,42

Analisando os dados das Tabelas 3 e 4, ficou evidente que a espécie que apresentou um efeito inibitório mais elevado para os dois fungos foi a *Handroanthus incanus*, nas concentrações de 100% e 50%. Entre os dois fungos estudados o de podridão parda, *Gloeophyllum trabeum*, foi o que apresentou uma das mais altas inibições para as 4 concentrações, dentre 6 das espécies estudadas. Pois no caso da *Erisma uncinatum*, o fungo de podridão branca teve uma inibição mais elevada, quando comparada com o fungo de podridão parda.

As Figuras 10, 11, 12, 13 e 14 apresentam os valores médios de inibição dos fungos nas diferentes concentrações testadas.

5.2.1 *Dipteryx odorata*

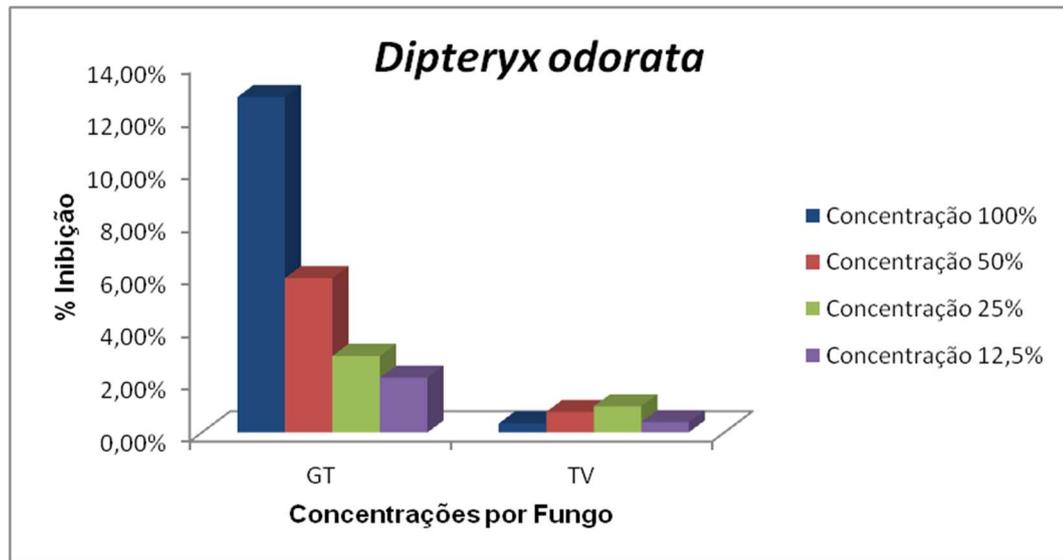


Figura 10. Valores médios de inibição fúngica dos diferentes extratos da espécie *D. odorata*

Para *Dipteryx odorata*, o fungo *Gloeophyllum trabeum* apresentou os maiores valores de inibição do micélio em comparação ao fungo *Trametes versicolor*. Para o fungo *Gloeophyllum trabeum* a concentração de 100% foi a que apresentou a maior inibição (12,76%), enquanto para o fungo *Trametes versicolor* a concentração de 25% (0,99%) foi a que mais inibiu o micélio do fungo.

STANGERLIN (2013) realizou um ensaio de apodrecimento acelerado, em que comparando os resultados obtidos no ensaio de apodrecimento acelerado com o teste rápido em placas de Petri, foi possível observar que a madeira *Dipteryx odorata* apresentou uma alta resistência aos fungos *Gloeophyllum trabeum* e *Trametes versicolor*. Demonstrando assim, que os compostos desse extrato, auxiliam a resistência natural desta madeira, conferindo-lhe propriedades com efeito antifúngico.

5.2.2 *Dipteryx magnifica*

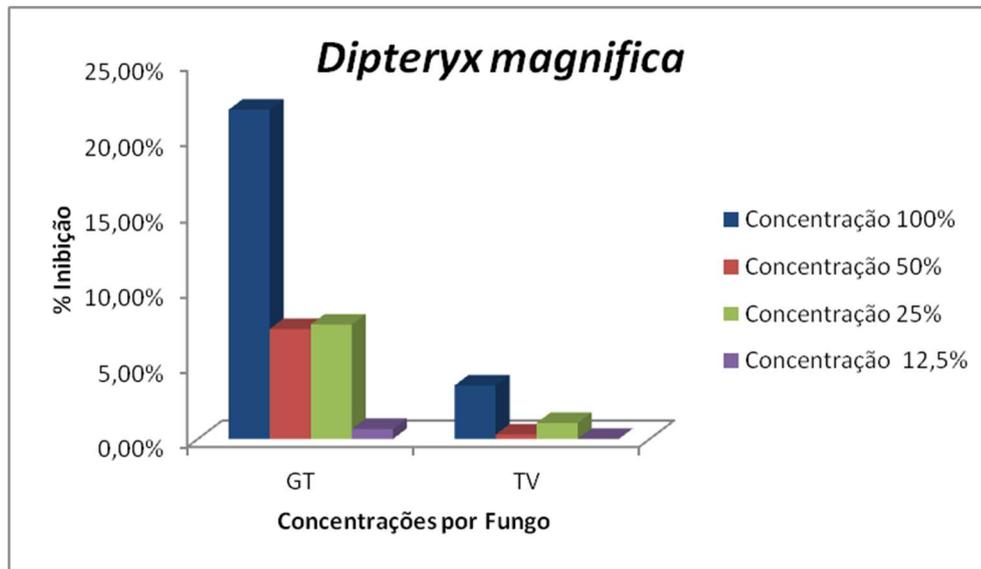


Figura 11. Valores médios de inibição fúngica dos diferentes extratos da espécie *Dipteryx magnifica*.

Para *Dipteryx magnifica*, o fungo *Gloeophyllum trabeum* apresentou os maiores valores de inibição do micélio em comparação ao fungo *Trametes versicolor*. Para o fungo *Gloeophyllum trabeum* a concentração de 100% foi a que apresentou a maior inibição (21,90%), enquanto para o fungo *Trametes versicolor* a concentração de 100% (3,56%) foi a que mais inibiu o micélio do fungo.

A densidade dessa madeira é notavelmente elevada, acima de 0,82 g/cm³, demonstrando ser uma madeira menos suscetível à deterioração. O ensaio de apodrecimento acelerado, em que, para esta espécie, foi determinado que para os fungos *Gloeophyllum trabeum* e *Trametes versicolor*, foi classificado como altamente resistente (BARBOSA,2020). Demonstrando assim, que os compostos desse extrato, auxiliam a resistência natural desta madeira, conferindo-lhe propriedades com efeito antifúngico.

5.1.3 *Erisma uncinatum*

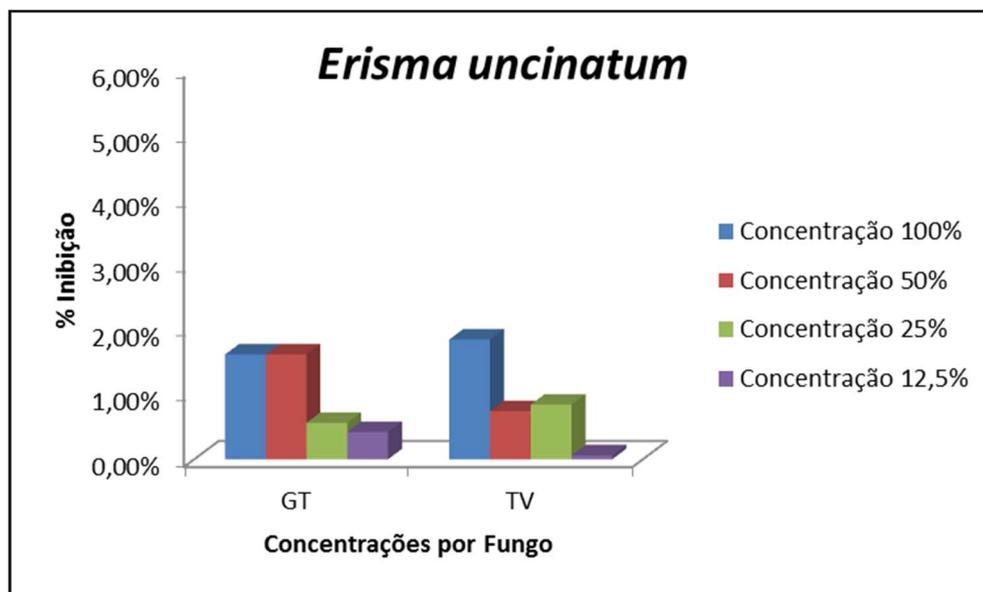


Figura 12. Valores médios de inibição fúngica dos diferentes extratos da espécie *Erisma uncinatum*.

Para a espécie *Erisma uncinatum*, o fungo *Trametes versicolor* apresentou os maiores valores de inibição do micélio em comparação ao fungo *Gloeophyllum trabeum*. Para o fungo *Trametes versicolor* a concentração de 100% foi a que apresentou a maior inibição (1,84%), enquanto para o fungo *Gloeophyllum trabeum* a concentração de 100% e 50% foi de 1,61%.

Esta madeira é classificada como sendo de densidade básica média 0,55 g/cm³, apresentando também uma média resistência natural à deterioração. A comparação entre a densidade e o extrativo não é muito expressiva, pois apesar de ter ocorrido uma inibição aos fungos, esta inibição não foi tão elevada quando comparada com as outras espécies estudadas. Isso pode demonstrar que os compostos desse extrato nestas concentrações, auxiliam a resistência natural da madeira, no entanto não são tão efetivos em baixas concentrações.

5.2.4 *Handroanthus incanus*

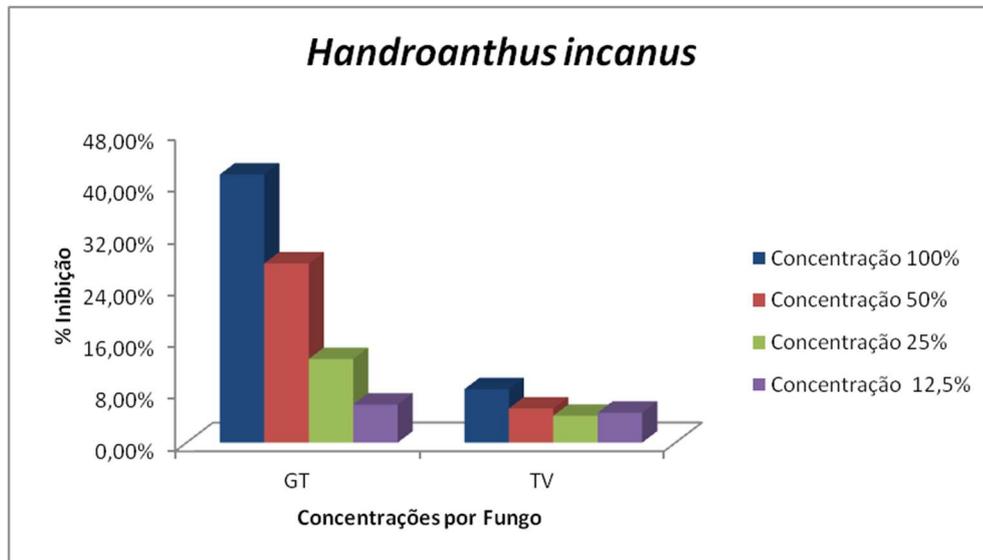


Figura 13. Valores médios de inibição fúngica dos diferentes extratos da espécie *Handroanthus incanus*.

Para *Handroanthus incanus*, o fungo *Gloeophyllum trabeum* apresentou os maiores valores de inibição do micélio em comparação ao fungo *Trametes versicolor*. Para o fungo *Gloeophyllum trabeum* a concentração de 100% foi a que apresentou a maior inibição (41,46%), enquanto para o fungo *Trametes versicolor* a concentração de 100% (8,26%) foi a que mais inibiu o micélio do fungo.

A densidade básica dessa madeira é considerada alta, sendo de 0,87g/cm³, é uma madeira que possui uma elevada resistência natural à deterioração. No ensaio de apodrecimento acelerado, feito por BARBOSA (2020), mostrou que esta é uma espécie, classificado como altamente resistente para os fungos *Gloeophyllum trabeum* e *Trametes versicolor*. Demonstrando que os compostos desse extrato, nas concentrações utilizadas, auxiliam a resistência natural desta madeira, conferindo-lhe propriedades com efeito antifúngico.

5.2.5 *Peltogyne lecointei*

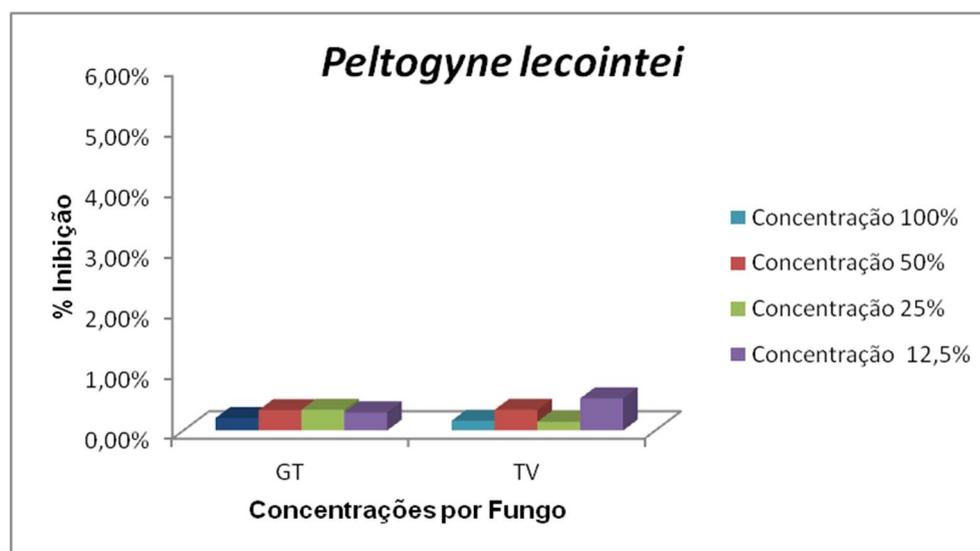


Figura 14. Valores médios de inibição fúngica dos diferentes extratos da espécie *Peltogyne lecointei*.

Para a espécie *Peltogyne lecointei*, o fungo *Gloeophyllum trabeum* apresentou os maiores valores de inibição do micélio em comparação ao fungo *Trametes versicolor*. Para o fungo *Gloeophyllum trabeum* a concentração de 50% e 25% foram as que apresentaram a maior inibição (0,34%), enquanto para o fungo *Trametes versicolor* a concentração de 12,5% (0,53%) foi a que mais inibiu o micélio do fungo.

Esta madeira possui uma densidade básica alta de 0,85 g/cm³, e apresenta uma maior resistência natural a deterioração. A comparação entre a densidade e o extrativo é baixa, pois apesar de ter ocorrido uma inibição aos fungos, esta inibição não foi tão elevada quando comparada com as outras espécies estudadas. BARBOSA (2020), realizou um ensaio de apodrecimento acelerado, em que, para esta espécie, foi determinado que para os fungos *Gloeophyllum trabeum* e *Trametes versicolor*, foi classificado como altamente resistente para ambos os fungos. Demonstrando assim, que os compostos desse extrato, para essas concentrações utilizadas, não apresentaram um efeito antifúngico muito bom.

5.2.6 *Allantoma decandra* e *Martiodendron elatum*

As espécies *Allantoma decandra* e *Martiodendron elatum* apresentaram ausência de inibição, nas concentrações utilizadas. Ambas as espécies possuem uma densidade de 0,57 g/cm³ para o Jequitibá e densidade básica de 0,86 g/cm³ para o Tamarindo. Portanto, é plausível que os extratos obtidos destas árvores apresentem níveis reduzidos de toxicidade, nessas concentrações, o que gerou este baixo percentual de inibição apresentado por estas espécies. No entanto, isso não significa que estas espécies não são resistentes à deterioração natural, pois

BARBOSA (2020), realizou um ensaio de apodrecimento acelerado, em que, para esta espécie, foi determinado que para os fungos *Gloeophyllum trabeum* ambas foi classificada como altamente resistente, já para o fungo *Trametes versicolor* a *Allantoma decandra* foi classificada como moderadamente resistente enquanto a *Martiodendron elatum* foi classificada como altamente resistente.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

No presente estudo foi possível concluir que dentre as sete espécies estudadas, a maior massa de extrativos foi observada na espécie *Peltogyne lecointei*. No entanto, nas concentrações utilizadas desses extrativos, eles não mostraram ser eficientes na inibição dos dois fungos estudados.

Os extrativos influenciam o potencial de inibição do crescimento fúngico, das espécies *Handroanthus incanus* e *Dipteryx magnifica*, mostrando resultados promissores, para ambos os fungos estudados.

Os extrativos das espécies *Allantoma decandra* e *Martiodendron elatum*, não auxiliam a resistência natural da madeira, não conferindo-lhe propriedades com efeito antifúngico. A espécie *Dipteryx odorata* mostrou pouco efeito inibitório para o fungo *Trametes versicolor*, enquanto para o fungo *Gloeophyllum trabeum*, a inibição foi um pouco mais elevada, na concentração de 100% (12,76%).

Já a espécie *Erismia uncinatum*, apresentou pouca massa de extrativos, e o mesmo não mostrou ser eficiente na inibição de ambos os dois fungos estudados.

Para trabalhos futuros sugere-se a realização de testes de potencial inibitório de extrativos, utilizando outros fungos e com outras espécies de madeiras, e desta forma, ampliar o entendimento da influência dos metabólitos secundários presentes em extrativos de madeiras.

O extrativo da *Handroanthus incanus* foi o que melhor inibiu os dois fungos, ressaltando a importância de estudar mais a fundo os metabólitos secundários desse extrativo, e testar em concentrações mais altas e até mesmo o extrato bruto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, YAGO TURCO; GOUVEIA, F. N.; SILVEIRA, M. F. Durabilidade Natural De Seis Espécies De Madeiras Da Floresta Nacional De Jacundá/Ro Submetidas Ao Ataque De Dois Fungos Apodrecedores. X Seminário de Iniciação Científica, Serviço Florestal Brasileiro-LPF. 2020.

BI, Z.; ZHENG, G.; TAIHUI, L. The Macrofungus Flora of China's Guangdong Province. Hong Kong: The Chinese University Press, 1993.

BRAND, M. A.; ANZALDO, J.; MORESCHI, J. C. Novos produtos para o tratamento preservante da madeira. "Perspectivas da pesquisa e utilização". Floresta, v. 36, n. 1, p. 129–138, 2006.

CALONEGO, F.W.; ANDRADE, M.C.N.; NEGRÃO, D.R.; ROCHA, C.D.; MINHONI, M.T.A.; LATORRACA, J.V.; SEVERO, E.T.D. Comportamento do fungo de podridão parda *Gloeophyllum trabeum* na madeira de *Eucalyptus grandis* modificada termicamente. Floresta e Ambiente, Seropédica, v.20, n.3, p.417-423, 2013.

CAVALCANTE, M. S. Deterioração biológica e preservação de madeiras. São Paulo: IPT, 1982. 40 p. (Pesquisa e Desenvolvimento, 8).

CORADIN, V.P.R.; CAMARGO, J.A.A.; PASTORE, T.C.M.; CRISTO, A.G. Madeiras comerciais do Brasil: Chave Interativa de Identificação Baseada em Caracteres Gerais e Macroscópicos. Serviço Florestal Brasileiro, Laboratório de Produtos Florestais: Brasília. 2010. CD-ROM. Disponível em: <https://lpf.florestal.gov.br/pt-br/chaveinterativa-de-identificacao>.

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 espectrometria de infravermelho. Ciência Florestal, v. 21, n.3, p. 567-577, 2011.

EATON, R. A.; HALE, M. D. C. Wood - Decay, pests and protection. 1st edition ed. London: Chapman & Hall, 1993.

FLORA DO BRASIL 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2020. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/PrincipalUC/PrincipalUC>. do. Acesso em: 28 de julho de 2023.

GONÇALVES, F. G.; PINHEIRO, D. T. C.; PAES, J. B.; CARVALHO, A. G.; OLIVEIRA, G. L. Durabilidade natural de espécies florestais madeireiras ao ataque de cupim de madeira seca. Floresta e Ambiente, Seropédica, v. 20, n. 1, p. 110-116, 2013.

GRYCZKA, M. Mushroom Observer. Disponível em: http://mushroomobserver.org/name/show_name_description/641?js=on&_new=true. Acesso em: 08 de agosto de 2023.

HUNT, M. G.; GARRAT, G. A. Wood preservation. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1967. 433 p.

KLOCK, U. et al. Química da Madeira. 3a ed. Curitiba: Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, 2005.

LEPAGE, E. S. et al. Agentes destruidores da madeira. 1a ed. São Paulo: IPT - Divisão de Madeiras, 1986.

MEDEIROS, F. C. M. et al. Fungicidal activity of essential oils from Brazilian Cerrado species against wood decay fungi. *International Biodeterioration and Biodegradation*, v. 114, p. 87–93, 2016.

OLIVEIRA, José Tarcísio de; TOMASELLO, Mário; SILVA, José de Castro. Resistência natural da madeira de sete espécies de eucalipto ao apodrecimento. *Revista Árvore*, v. 29, p. 993-998, 2005.

OLIVEIRA, A. M. F., LELIS, A. T., LEPAGE, E. S., CARBALLERA LOPEZ, G. A., OLIVEIRA, L. C. S., CANEDO, M. D., MILANO, S. Agentes destruidores da madeira. In: LEPAGE, E. S. (Coord.) Manual de preservação de madeiras. São Paulo: IPT, 1986. v. 1 p. 99-279.

PACHECO BORGES, L., & ALVES AMORIM, V. Metabólitos Secundários De Plantas. *Revista Agrotecnologia*, 11(1). 2020.

PAES, Juarez Benigno. Resistência natural da madeira de *Corymbia maculata* (Hook.) KD Hill & LAS Johnson a fungos e cupins xilófagos, em condições de laboratório. *Revista Árvore*, v. 26, 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.; 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, p. 160-169, 2007.

PAES, J. B.; MEDEIROS NETO, P. N.; LIMA, C. R.; FREITAS, M. F.; DINIZ, C. E. Efeitos dos extrativos e cinzas na resistência natural de quatro madeiras a cupins xilófagos. *Cerne*, Lavras, v. 19, n. 3, p. 399-405, 2013.

PANSHIN, A. J; DE ZEEUW, C. Textbook of wood technology. 4 ed. New York: Mack Graw-Hill, 1980, 722p.

PINTO, A.A S; Oliveira, A.C; Quintilhan, M.T; Oliveira, W.C; Pereira, B.L.C. Agentes Biodeterioradores da Madeira. III- Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira-CBCTEM. 2017.

PINTO, Fagner Ferreira. Degradação de madeiras por fungos: aspectos biotecnológicas e de biorremediação. 2006.

PINTO, A. A. S. (2020). Eficiência de extrativos da folha de *Tectona grandis* L.f na inibição de fungos apodrecedores de madeira. Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal, Publicação PPGEFL.DM-659/2020. Departamento de Engenharia Florestal. Universidade de Brasília, DF. 64p.

QUINTILHAN, M., OLIVEIRA, W., OLIVEIRA, A., PEREIRA, B., MÔRA, R., P. A Deterioração da madeira de *Eucalyptus* e *Corymbia* em ensaio de campo. *Ciência da Madeira*. v. 9, n. 2, pp. 82-94, 2018.

RASKIN, I. et al. Plants and Human Health in the Twenty-First Century. Trends Biotechnology, v. 20, n. 12, p. 522-531, 2002.

ROCHA, M. P. Biodegradação e preservação da madeira. 5. ed. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 2001.

ROITMAN, Luciano. Avaliação das propriedades de sete espécies de madeiras da Amazônia brasileira para fabricação de instrumentos musicais. Universidade de Brasília- UnB. 2021.

SANTOS, M. N. TEIXEIRA, M. L. F.; PEREIRA, M. B.; MENEZES, E. B. Potential insecticidal effects of aqueous tree leaf extracts against the subterranean termite *Coptotermes gestroi* (Isoptera: Rhinotermitidae). Sociobiology, v. 53, n. 3, p. 719–728, 2009.

SARKER, S. D.; LATIF, Z.; GRAY, A. I. Natural Products Isolation. 2nd. ed. New Jersey: Humana Press, 2012. v. 864

SARTO, C.; SANSIGOLO, C.A. Cinética da Remoção dos Extrativos da Madeira de *Eucalyptus grandis* Durante Polpação Kraft. Acta Scientiarum. Technology. Maringá. Brasil. v.32, n.3. p.227-235. 2010.

SILVA, L. F., PAES, J. B., JESUS JUNIOR, W. C., OLIVEIRA, J. T. S., FURTADO, E. L., & ALVES, F. R. (2014). Deterioração da madeira de *Eucalyptus* spp. por fungos xilófagos. Cerne, 20(3), 393-400, 2014.

SILVA, J. C.; MATOS, J. L. M.; OLIVEIRA, J. T. S.; EVANGELISTA, W. V. Influência da idade e da posição radial na flexão estática da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex, Maiden. Revista Árvore, Viçosa, v. 29, n. 5, p. 795-799, 2005.

SILVEIRA, M. F. Influência de metabólitos secundários de madeiras na Caatinga na resistência ao ataque de fungos apodrecedores. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília, 2018.

SIMÕES, C. M. O. et al. Farmacognosia, da Planta ao Medicamento. v. 1, 2 a ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 2006.

STANCHEVA, Y. et al. Atlas of Wood Decaying Fungi. 1st. ed. Bulgaria: Pensoft Publishers, 2009.

STANGERLIN, Diego M. et al. Molhabilidade da madeira de três espécies amazônicas submetidas a ensaios de apodrecimento acelerado. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v. 8, n. 2, p. 266-272, 2013.

DE ARRUDA TORRES, P.M.; Benigno Paes, J.; Lira Filho, J.A.; Barbosa do Nascimento, J.W. Tratamento preservativo da madeira juvenil de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Pelo método de substituição de seiva. CERNE, v. 17, n. 2, p. 275-282, 2011.