



**EFICIÊNCIA DE EXTRATIVOS DA FOLHA DE *Tectona grandis* L.f
NA INIBIÇÃO DE FUNGOS APODRECEDORES DE MADEIRA**

ADRIANNA AMORIM DE SOUSA PINTO

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**FACULDADE DE TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**EFICIÊNCIA DE EXTRATIVOS DA FOLHA DE *Tectona grandis* L.f
NA INIBIÇÃO DE FUNGOS APODRECEDORES DE MADEIRA**

ADRIANNA AMORIM DE SOUSA PINTO

**ORIENTADOR: ALEXANDRE FLORIAN DA COSTA
CO-ORIENTADOR: ALESSANDRO CÉZAR DE OLIVEIRA
MOREIRA
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

PUBLICAÇÃO: PPGEFL.DM

BRASÍLIA/DF: MAIO/2020

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL**

**EFICIÊNCIA DE EXTRATIVOS DA FOLHA DE *Tectona grandis* L.f
NA INIBIÇÃO DE FUNGOS APODRECEDORES DE MADEIRA**

ADRIANNA AMORIM DE SOUSA PINTO

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS, DO DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA FLORESTAL, DA FACULDADE DE TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE.

APROVADA POR:

Brasília, maio de 2020

FICHA CATALOGRÁFICA

PINTO, ADRIANNA AMORIM DE SOUSA

EFICIÊNCIA DE EXTRATIVOS DA FOLHA DE *Tectona grandis* L.f NA INIBIÇÃO DE FUNGOS APODRECEDORES DE MADEIRA

Xi, 64.; 210 x 297 mm (EFL/FT/UNB, Mestre, Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia.)

Departamento de Engenharia Florestal

1. Teca

3. Tratamento

I. EFL/FT/UNB

2. Maceração

4. Fungicida

II. Título (série)

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

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.

CESSÃO DE DIREITOS

AUTORA: Adrianna Amorim de Sousa Pinto.

TÍTULO: Eficiência de extrativos da folha de *Tectona grandis* L.f na inibição de fungos apodrecedores de madeira.

GRAU: Mestre

ANO: 2020

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte dessa dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela sabedoria, saúde, e por ter me dado forças durante toda a minha caminhada em Brasília.

A minha querida mãe Maria Alva, e minhas irmãs que me apoiaram em todos os momentos da minha vida.

À Universidade de Brasília e ao Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais pela oportunidade de realizar o mestrado e ter me proporcionado oportunidades de crescer como pessoa e profissionalmente.

Aos meus orientadores Prof^o. Dr. Alexandre Florian da Costa e Dr. Alessandro Cézar de Oliveira Moreira pela orientação, paciência e pelas sugestões durante todo o mestrado.

Ao meu supervisor Marcelo Fontana da Silveira pela sua calma e disposição para me ajudar durante todo o experimento.

Ao Laboratório de Produtos Florestais, e todos os funcionários que me receberam em seus laboratórios e me auxiliaram.

A CAPES pela concessão de bolsa de estudo.

Ao meu cachorro Luck por sempre encher o meu dia de alegria.

Aos meus amigos Niliane Campos, Juliano Miranda, Máira Beatriz, Myla Medeiros, Carlos Magno, Sofya Vanessa, Guido Briceno e Jorge Reategui pela amizade e ajuda durante toda a pesquisa, pelo convívio e conversas animadoras, e a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

A todos vocês, muito obrigada!

RESUMO

Eficiência de extrativos da folha de *Tectona grandis* L.f na inibição de fungos apodrecedores de madeira.

O estudo avaliou a eficiência do extrato bruto da folha de *Tectona grandis* (teca), submetido ao ataque de fungos de podridão branca e parda. Para tanto, foram coletadas folhas dessa espécie no mês de janeiro de 2019, em um plantio florestal localizado no município de Santo Antônio do Leverger no estado de Mato Grosso com idade aproximada de 15 anos. Foram realizadas extrações em etanol absoluto PA (para análise) pelo método de maceração e isolamento do extrato em rotaevaporador. Inicialmente o extrato bruto foi submetido ao teste de inibição por difusão em placas de Petri, utilizando os fungos apodrecedores de madeira *Trametes versicolor*, *Pycnoporus sanguineus*, *Gloeophyllum trabeum* e *Postia placenta*. O tempo de duração desse ensaio foi definido quando o micélio dos fungos das placas controles cobriram toda a superfície interna das placas de Petri. Após esse teste, o extrato bruto foi impregnado, sob pressão positiva, em corpos de prova de *Pinus* sp., os quais foram submetidos ao ataque de dois fungos, *Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum* em ensaio acelerado em laboratório. A alteração da cor dos corpos de prova foi avaliada utilizando a técnica de colorimetria. Após três extrações, foi obtido um rendimento de 3,95% de extrato bruto da folha de teca. A colorimetria mostrou um leve escurecimento dos corpos de prova de *Pinus* sp. impregnados com extrato da folha. A maior inibição por difusão em placa de Petri, foi obtida para o fungo *Postia placenta* (70,19%). Para o ensaio acelerado em laboratório o extrato bruto da folha de teca mostrou ação fungicida, reduzindo a perda de massa dos corpos de prova impregnados em 43,50%, 30,99% para os fungos *Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum* respectivamente em comparação com as amostras sem tratamento, assim, promovendo ganho de resistência das amostras tratadas de *Pinus* sp., frente ao ataque dos fungos.

Palavras-chave: teca; maceração; tratamento, fungicida.

ABSTRACT

The study evaluated the efficiency of the crude extract of *Tectona grandis* leaf (teak), submitted to the attack of white and brown rot fungi. For this, leaves of this species were collected in January 2019, in a forest plantation located in the municipality of Santo Antônio do Leverger in the state of Mato Grosso with an approximate age of 15 years. Extractions were performed in absolute ethanol PA (for analysis) by the method of maceration and isolation of the extract in rotaevaporator. Initially, the crude extract was submitted to diffusion inhibition test on Petri boards, using wood rotting fungi *Trametes versicolor*, *Pycnoporus sanguineus*, *Gloeophyllum trabeum* and *Postia placenta*. The duration of this assay was defined when the mycelium of the fungi of the control plates covered the entire internal surface of the Petri dishes. After this test, the crude extract was impregnated, under positive pressure, into specimens of *Pinus* sp., who were subjected to the attack of two fungi, *Trametes versicolor* and *Gloeophyllum trabeum* accelerated laboratory testing. The color change of the specimens was evaluated using the colorimetry technique. After three extractions, a yield of 3.95% of crude extract of teak leaf was obtained. The colorimetry showed a slight darkening of the *Pinus* sp. specimens impregnated with leaf extract. The highest diffusion inhibition in Petri dish was obtained for the fungus *Postia placenta* (70,19%). For the accelerated laboratory assay, the crude extract of teak leaf showed fungicide action, reducing the mass loss of the specimens impregnated in 43,50%, 30,99% for fungi *Trametes versicolor* and *Gloeophyllum trabeum* respectively compared to untreated samples, thus, promoting resistance gain of the treated samples of *Pinus* sp., in the face of the attack of the fungi.

Keywords: teak; maceration; treatment; fungicide.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Delineamento do teste de inibição do crescimento do micélio fúngico nas placas de Petri.....	30
Tabela 2. Delineamento do ensaio acelerado em laboratório.....	34
Tabela 3. Classificação da resistência dos produtos químicos em ensaio acelerado de laboratório.....	36
Tabela 4. Classificação da variação total da cor da madeira após os tratamentos químicos.	37
Tabela 5. Teor de extrativos da folha de teca.	38
Tabela 6. Valores médios de perda de massa e classe de resistência para as amostras da madeira de <i>Pinus</i> sp. submetidas ao ataque do fungo <i>Trametes versicolor</i>	44
Tabela 7. Valores médios de perda de massa e classe de resistência para as amostras da madeira de <i>Pinus</i> sp. submetidas ao ataque do fungo <i>Gloeophyllum trabeum</i>	46
Tabela 8. Valores das coordenadas colorimétricas e alterações provocadas pelos tratamentos de madeira de <i>Pinus</i> sp. em relação a amostra sem tratamento	48

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação das estruturas morfológicas da teca: tronco e galhos (A), inflorescência (B), folha (C) e casca (D). Fonte: adaptado de CALDEIRA (2004) apud PELISSARI et al., (2012).	13
Figura 2. Basidioma <i>Trametes versicolor</i> (A) e <i>Pycnoporus sanguineus</i> (B). Fonte: Gryczka (2009).	19
Figura 3. Basidioma <i>Gloeophyllum trabeum</i> (A) e <i>Postia placenta</i> (B) Fonte: Gryczka (2019) e First-nature.	20
Figura 4. Espaço colorimétrico CIELAB, 1976. Fonte: Gonzalez e Macedo, 2003.	25
Figura 5. Folha de teca utilizada no presente estudo. Foto: Autor, 2019.	26
Figura 6. Moinho de facas para obtenção do material particulado (A); agitador de peneiras utilizado para separação do material particulado (B). Foto: Autor, 2019.	27
Figura 7. Processo de maceração do material particulado. Foto: Autor, 2019.	28
Figura 8. Posicionamento dos discos contendo micélio do fungo na placa de Petri (A), local de deposição do extrato (B). Fonte: Da Silveira, 2018.	30
Figura 9. Aplicação do extrato na placa já inoculada com o micélio do fungo (A); placas com extrato bruto da folha de teca e solvente etanol (B). Foto: Autor, 2019.	30
Figura 10. Processo de limiarização da imagem: imagem original (A); imagem em 8 bits (B); imagem limiarizada mostrando o efeito do extrato de teca (C). Foto: Autor, 2019.	31
Figura 11. Impregnação dos corpos de prova sob pressão utilizando uma panela de pressão adaptada. Fonte: Autor, 2019.	32
Figura 12. Frascos de vidro com solo, água deionizada e placa suporte prontos para autoclavagem. Foto: Autor, 2019.	34
Figura 13. Extrato bruto da folha de teca após a evaporação do solvente etanol (A e B).	39
Figura 14. Potencial de inibição do crescimento dos fungos (%) no teste em placa de Petri com extrato bruto da folha de teca.	40
Figura 15. Imagens do crescimento do micélio dos fungos após o término do experimento: Controle (A1); etanol (A2) e extrato bruto da folha de teca (A3) frente ao fungo <i>Trametes versicolor</i> . Controle (B1), etanol (B2) e extrato bruto da folha de teca (B3) frente ao fungo <i>Pycnoporus sanguineus</i> . Controle (C1); etanol (C2) e extrato bruto da folha de teca (C3) frente ao fungo <i>Gloeophyllum trabeum</i> . Controle (D1); etanol (D2) e extrato bruto da folha de teca (D3) frente ao fungo <i>Postia placenta</i> . Foto: Autor, 2019. Erro! Indicador não definido.	
Figura 16. Corpos de prova controle antes e após o ataque do fungo <i>Trametes versicolor</i> (A). Corpos de prova controle antes e após o ataque do fungo <i>Gloeophyllum trabeum</i> (B). Foto: Autor, 2019.	44
Figura 17. Corpo de prova sem tratamento (A), tratado com solvente etanol (B), tratado com extrato bruto da folha de teca (C) e extrato vegetal comercial (D) após o ensaio de laboratório, frente ao ataque do fungo <i>Trametes versicolor</i> . Foto: Autor, 2019.	46
Figura 18. Corpo de prova sem tratamento (A), tratado com solvente etanol (B), tratado com extrato bruto da folha de teca (C) e extrato vegetal (D) após o ensaio de laboratório, frente ao ataque do fungo <i>Gloeophyllum trabeum</i> . Foto: Autor, 2019.	47

Figura 19. Variação da Claridade (L*) das amostras da madeira de <i>Pinus</i> sp. em função dos tratamentos.....	50
Figura 20. Variação da cor vermelha (a*) das amostras da madeira de <i>Pinus</i> sp. em função dos tratamentos.....	51
Figura 21. Variação da cor amarela (b*) das amostras da madeira de <i>Pinus</i> sp. em função dos tratamentos.....	52
Figura 22. Corpo de prova de madeira de <i>Pinus</i> sp. sem tratamento (A), tratado com solvente etanol (B), tratado com extrato bruto da folha de teca (C) e extrato vegetal (D). Foto: Autor, 2019.....	52

1. INTRODUÇÃO

Os componentes acidentais, conhecidos como extrativos, produzidos por um vegetal não estão envolvidos no processo de sustentação, os mesmos funcionam como mecanismos de defesa, contra o ataque de micro-organismos, insetos e herbívoros, influenciando na cor da madeira e no cheiro. Essas substâncias resultam do metabolismo secundário das plantas, as quais estão presentes em diferentes partes do vegetal como no caule, raiz, frutos e folhas (SILVA, 2010; SILVA et al., 2004).

A espécie *Tectona grandis* L.f conhecida popularmente como teca, apresenta uma elevada durabilidade natural, devido a presença de extrativos na madeira do cerne, sendo uma madeira muito valorizada no mercado internacional, empregada na construção civil, para fabricação de móveis, decks, assoalhos, embarcações e lâminas decorativas VYAS et al., 2019; ABRAF, 2013; ASTITI e SUPRAPTA, 2012; LUKMANDARU e TAKAHASHI, 2008). Suas folhas normalmente são utilizadas na medicina tradicional, para o combate de diferentes doenças por apresentar substâncias com propriedades medicinais e como corantes naturais (ROSYIDA E ACHADI, 2014; GOMES et al., 2011; MALDONADO & LOUPPE, 1999; CATIE, 1986).

Partes de diferentes plantas como cerne, casca e folhas estão sendo estudadas na busca por novos produtos químicos de ação antifúngica, envolvendo a obtenção de extrativos e a avaliação do seu efeito como preservantes naturais para madeiras (BROCCO, 2019; BROCCO et al., 2017; FREIESLEBEN e JAGER, 2014; PAES et al., 2010; BARBOSA et al., 2007, CABRERA et al., 2001).

Os danos provocados por produtos químicos tradicionais, acentuados pelo uso indiscriminado, tem sido o estímulo para o desenvolvimento de novos métodos e soluções de menor risco ao meio ambiente e ao homem (LELIS et al., 2001). De acordo com Gonzaga (2006), os extrativos de plantas em combinação com solventes ou isolados, podem apresentar desempenho positivo contra a ação de organismos xilófagos.

Desta forma, o estudo de extrativos provenientes da folha de teca para o tratamento de madeiras suscetíveis ao ataque de fungos apodrecedores, pode se configurar como uma alternativa de utilização dos resíduos presentes no campo após a exploração da madeira.

Nesse sentido, o presente estudo visa disponibilizar informações sobre os extrativos presentes na folha de teca, e estudar a atividade antifúngica desses extrativos na proteção da madeira de *Pinus* sp..

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo geral

Avaliar o efeito fungicida do extrato bruto obtido a partir das folhas de *Tectona grandis*, no tratamento de madeira contra a ação de fungos apodrecedores.

2.2. Objetivos específicos

- Obter e quantificar os extrativos provenientes das folhas de teca por meio da maceração.
- Avaliar o potencial de inibição do extrato bruto da folha submetido ao ataque dos fungos apodrecedores *Trametes versicolor*, *Pycnoporus sanguineus*, *Gloeophyllum trabeum* e *Postia placenta*, por meio do teste de difusão em placas de Petri.
- Avaliar a eficiência do extrato bruto obtido a partir da folha de teca na proteção da madeira de *Pinus* sp. submetida ao ataque de fungos apodrecedores *Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum*, em ensaio de apodrecimento acelerado em laboratório.
- Avaliar a influência do extrato bruto da folha nos padrões colorimétricos da madeira tratada.

3. HIPÓTESE

O extrato bruto obtido a partir da folha de *Tectona grandis* L.f apresenta atividade fungicida contra fungos apodrecedores na madeira de *Pinus* sp..

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1. *Tectona grandis* L.f

A espécie *Tectona grandis* L. f é nativa do subcontinente Índico e no sudoeste asiático, conhecida popularmente como teca, encontrada na Índia, Tailândia, Burma, Laos, Camboja, Java e Vietnã (IPEF, 2003). A espécie pertence à família *Lamiaceae* (*Labiata*) e está inserida na ordem *Lamiales* (SOUZA e LORENZI, 2012). Sua madeira apresenta alto valor comercial atendendo os requisitos para o emprego de madeiras naturalmente duráveis no mercado (RUDI et al., 2012).

As árvores apresentam tronco ereto, espesso e cilíndrico, de casca parda, fissurada longitudinalmente, com altura de 20 a 30 m (LORENZI et al., 2003). Ainda de acordo com os mesmos autores, as folhas são de cor verde, simples, grandes e decíduas, com comprimento de 20-30 cm por 25 cm de largura nos indivíduos adultos (Figura 1), as mesmas podem alcançar o dobro dessas medidas nos indivíduos jovens com até três anos de idade, (COSTA et al., 2007; FIGUEIREDO et al., 2005). Pequenos pontos vermelhos são observados nas folhas quando colocadas em contraluz (BAPTISTA, 2015).

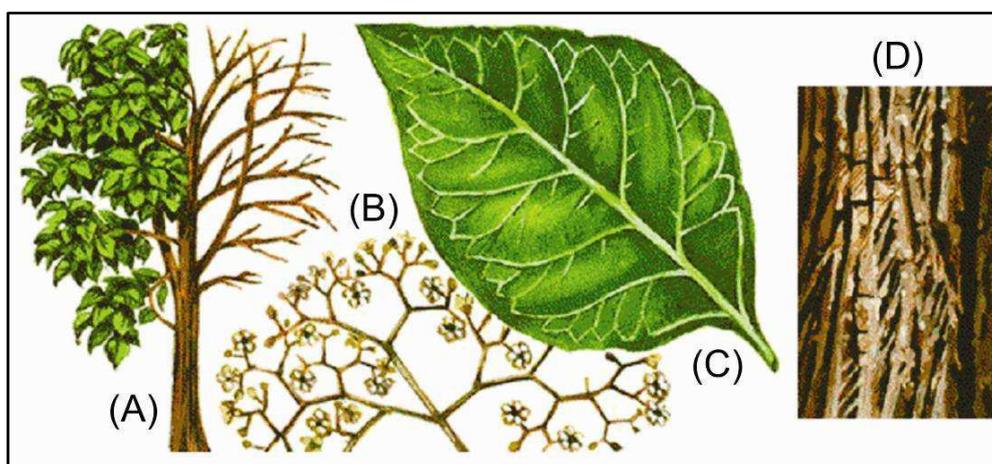


Figura 1. Representação das estruturas morfológicas da teca: tronco e galhos (A), inflorescência (B), folha (C) e casca (D). Fonte: adaptado de CALDEIRA (2004) apud PELISSARI et al., (2012).

De acordo com a Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ (2019), a área ocupada com plantio florestal de *Tectona grandis* no Brasil em 2018 foi de 93.957 ha, os plantios concentram-se nos estados de Mato Grosso, Roraima e Pará. Conforme a mesma fonte citada a área plantada de teca se ampliou aproximadamente em 30,35% comparando ao ano de 2010 (65.440 ha).

O plantio de teca em grande escala no Brasil, com a finalidade de produção de madeira serrada para o mercado externo, deve-se a formação do fuste retilíneo correlacionado ao seu rápido crescimento (CHAGAS et al., 2014). De acordo com os autores a região pioneira no plantio de teca foi no estado de Mato Grosso, com as condições edafoclimáticas favorecendo o desenvolvimento da espécie. Em termos de produção para povoamentos desbastados aos 5, 10 e 15 anos, o incremento médio anual entre 20 e 25 anos gira em torno $15 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$ (LEITE et al., 2011).

Um das qualidades marcantes da espécie de teca é sua elevada durabilidade natural frente aos organismos xilófagos (BROCCO, 2014). A durabilidade se encontra principalmente na região do cerne. Tal característica está atribuída a presença de quinonas e outros derivados contidos na célula da madeira (LUKMANDARU e TAKAHASHI, 2008). Sua madeira é empregada na construção civil para fabricação de assoalhos, móveis, decks, lâminas decorativas e embarcações (ABRAF, 2013). Em função das suas particularidades, sua madeira é considerada uma das mais valiosas no mercado internacional, em consequência de suas características que são desejáveis na construção civil e naval (CALDEIRA, 2004). A madeira atende as exigências do mercado comercial para o uso de madeiras naturalmente duráveis (RUDI et al., 2012).

As folhas da teca são usadas como fármacos no combate à malária e anemia, remoção de corantes para tingimento de seda, aditivos em alimentos, conservantes alimentares, confecção de embalagens e fungicida de plantas (ASTITI, 2017; GOMES et al., 2011; MALDONADO & LOUPPE, 1999; CATIE, 1986). Marcas de moda e acessórios na Tailândia criaram o couro vegano feito a partir de folhas de teca, sendo um subproduto da indústria de madeira, apresentando como resultado um produto sustentável, leve, durável, resistente a água e antifúngico (SINDIVESTE, 2019).

Durante a condução dos plantios de teca é importante que se realize a desrama que, segundo Figueiredo et al. (2005), consiste na retirada de ramos vivos, secos e/ou parasitados das árvores. Esta técnica inibe a proliferação de doenças e pragas no plantio de teca, aumenta a luminosidade e arejamento, permitindo uma madeira livre de nós (VIEIRA et al., 2010). As desramas geralmente são realizadas a partir do segundo ano do plantio, com a retirada de 1/3 da altura total nessa idade, 1/2 e 2/3 no terceiro e quarto ano, sendo que a manutenção da desrama é realizada com a retirada de galhos até 7,0 metros de altura nas idades subsequentes (PELLISSARI, 2012).

Nos plantios florestais de teca as folhas que permanecem no solo possuem a função de realizar a ciclagem de nutrientes, sendo fundamental que permaneça uma parte

dos nutrientes que foram extraídos no campo durante a realização da colheita florestal (ROSA, 2010). Ainda de acordo com a autora, a produção de serapilheira de teca aumenta com a idade, com elevada produção no período da seca, sendo que para que ocorra a decomposição de 50% da serapilheira são necessários 1,71 anos, para plantio com idade de sete anos.

O aumento do material disponível em campo como a serapilheira pode favorecer a propagação de incêndios florestais. A classe de folhas e miscelâneas ampliam os riscos de incêndios, visto que a inflamabilidade do material aumenta conforme o material torna-se mais fino (BATISTA, 2000). Almeida et al. (2010) encontraram valores de 0,10 Mg.ha⁻¹ e 3,68 Mg.ha⁻¹ de carbono acumulado na serapilheira de teca com idade de 1,5 e 5,5 anos, demonstrando que a quantidade de serapilheira tende a aumentar conforme o crescimento do povoamento. Santos et al. (2017) avaliaram a quantidade e o teor de umidade de material combustível em plantio de *Tectona grandis* com idade 20 anos no estado de Mato Grosso, sendo as maiores médias obtidos para folha e miscelâneas.

A partir desses resultados torna-se necessário cautela, visto que o risco de incêndio florestal cresce conforme aumenta a quantidade de material combustível em campo. Sendo assim, a retirada de uma parcela das folhas do campo para utilização em diferentes segmentos não seria desvantajosa para ciclagem de nutrientes e impediria a formação de material combustível em plantio de teca.

4.2. Fungos Apodrecedores de Madeira

A madeira está sujeita ao ataque de diversos organismos deterioradores, devido a sua constituição química e estrutura anatômica (CARVALHO et al., 2015). Os organismos que utilizam os constituintes orgânicos da madeira como fonte de alimento são denominados xilófagos (CORASSA et al., 2014). A madeira por apresentar uma natureza orgânica, está sujeita a decomposição por diversos agentes biológicos como microrganismos (fungos e bactérias) insetos (térmitas e coleópteras) e brocas marinhas (VIVIAN et al., 2012).

Os organismos xilófagos mais comuns no ataque de madeira são os fungos e térmitas, sendo os fungos classificados em machadores, emboloradores e apodrecedores. (MOTTA et al., 2013). Estes agentes causam danos que variam desde manchas, mudança de cor, perdas da resistência mecânica até completa degradação da madeira (BURGER e RICHTER, 1991).

Na classe dos basidiomicetos, responsáveis pela decomposição da madeira se encontram os fungos apodrecedores os quais possuem características próprias no que se refere a decomposição dos constituintes primários da madeira (TEIXEIRA, 2012). Os basidiomicetos possuem uma estrutura reprodutiva microscópica denominada de basídio, semelhante ao formato de um bastão, sendo uma hifa ramificada uni ou pluricelular (MARGULIS e SCHWARTZ, 2009, AZEVEDO, 1999). Os fungos são dispersos no ambiente por meio de esporos, originando hifas ou filamentos que se ramificam e crescem, estabelecendo uma estrutura designada de micélio a qual dão origem a novas estruturas, denominados corpos de frutificação, produtoras de esporos (LELIS et al., 2001).

Os basidiomicetos estão subdivididos em grupos, dos quais os dois de maior interesse são os grupos de podridão branca e parda (SADAVA et al., 2009). Os causadores da podridão branca destroem os polissacarídeos e a lignina, enquanto os de podridão parda destroem apenas os polissacarídeos da parede celular (OLIVEIRA et al., 1986). Em relação a preferência vegetativa, os fungos de podridão parda atacam preferencialmente espécies de coníferas, enquanto os fungos de podridão branca espécies de folhosas (ZABEL e MORRELL, 1992).

O tipo de extrativo e a quantidade presente na madeira, dentre outras características podem impossibilitar ou beneficiar o crescimento dos fungos (LELIS et al., 2001). O desenvolvimento de fungos na madeira somente ocorrerá se a umidade e a temperatura estiverem em condições adequadas. De acordo com Moreschi (1980) as condições do ambiente podem contribuir para o progresso do fungo ou para sua limitação, onde a umidade superior a 20%, disponibilidade de oxigênio, temperatura entre 25 a 30 °C e pH entre 4,5 a 5,5 são os fatores que favorecem o desenvolvimento. Os valores de pH coincidem com os apresentados pela grande parte das espécies de madeira (CAVALCANTE, 1982).

No estágio inicial do apodrecimento da madeira o fungo começa a sua colonização liberando enzimas, penetrando de forma superficial, as enzimas reagem com os constituintes orgânicos da parede celular a nível molecular, ocasionando a quebra desta estrutura, seguida pela alteração na cor e textura da madeira (SILVEIRA, 2015; LEVY, 1979). No estágio final do ataque a madeira já se encontra completamente desestruturada (ZABEL e MORRELL, 1992). Após o ataque, a madeira apresenta modificação nas propriedades químicas e físicas das paredes celulares, alterando sua resistência e acarretando na sua decomposição (SGAI, 2000).

Os danos causados por ataques fúngicos na madeira resultam na perda de massa, comparando-se o seu peso seco após o ataque, com o seu peso inicial (CAVALCANTE, 1982). Outros danos sofridos pela madeira são a modificação na composição química, aumento da permeabilidade, diminuição da resistência mecânica, aumento da inflamabilidade, aumento da susceptibilidade ao ataque de insetos, alteração da cor natural, comprometendo a qualidade do produto (LEPAGE, 1986). As grandes perdas econômicas da madeira nos diferentes usos, como em construções, móveis, e objetos deve-se aos fungos apodrecedores que metabolizam os nutrientes presentes na madeira (DA SILVEIRA, 2018).

4.2.1. Podridão branca

Estes fungos decompõem tanto a celulose, hemicelulose quanto a lignina, onde a ação do sistema enzimático possibilita a formação de fendas na quais os fungos permanecem com o decorrer do ataque, estas fendas vão se intensificando, acarretando na erosão da parede celular a partir do lume (TEIXEIRA, 2012). A madeira quando atacada apresenta uma coloração esbranquiçada, superfície mais macia do que a madeira sadia, elevada perda de peso e redução das propriedades mecânicas, provocando um afinamento gradual da parede celular (COSTA, 2009; MENDES e ALVES, 1988; LEPAGE, 1986). Possuem elevada tolerância a ambientes tóxicos, visto que suas enzimas deterioram a maioria dos anéis aromáticos (DA SILVEIRA, 2018). De acordo com o mesmo autor os fungos crescem de preferência no lume das células vegetais da madeira.

O fungo *Trametes versicolor* (L.) Lloyd, é um basidiomiceto da família Polyporaceae (ESPOSITO et al., 1993), a mesma do *Pycnoporus sanguineus* (L. ex Fries) Murrill, sendo fungos lignolíticos (Figura 2). O corpo de frutificação apresenta superfície aveludada, com zonas concêntricas de diferentes cores, escuras ou marrom claro, alternando com tons como branco, cinza, azuis, alaranjadas, entre outras, com a margem normalmente ondulada (ZAMPIERI, 2006; CUI e CHISTI, 2003). Sendo um dos fungos mais estudados devido ao seu potencial na produção de enzimas ligninocelulolíticas, sintetizando algumas enzimas, como a lacase e a manganês peroxidase (SOUZA, 2017). A produção de lacase lhe confere potencial para a aplicação industrial e em biorremediações, apresentando elevado rendimento em um curto espaço de tempo (LING et al., 2015).

O fungo *Pycnoporus sanguineus* se encontra principalmente em florestas tropicais como a floresta amazônica onde apresenta clima mais ameno (ESPOSITO et al. 1993),

conhecidos popularmente como orelha de pau (SILVEIRA, 2015), se fixam na madeira para retirada dos nutrientes necessários para seu desenvolvimento, crescendo individualmente ou agrupados, apresentando coloração avermelhada (GRYCZKA, 2019). O fungo é capaz de hidrolisar a lignina de materiais celulósicos e os polissacarídeos da parede celular (TEXEIRA et al., 1997).

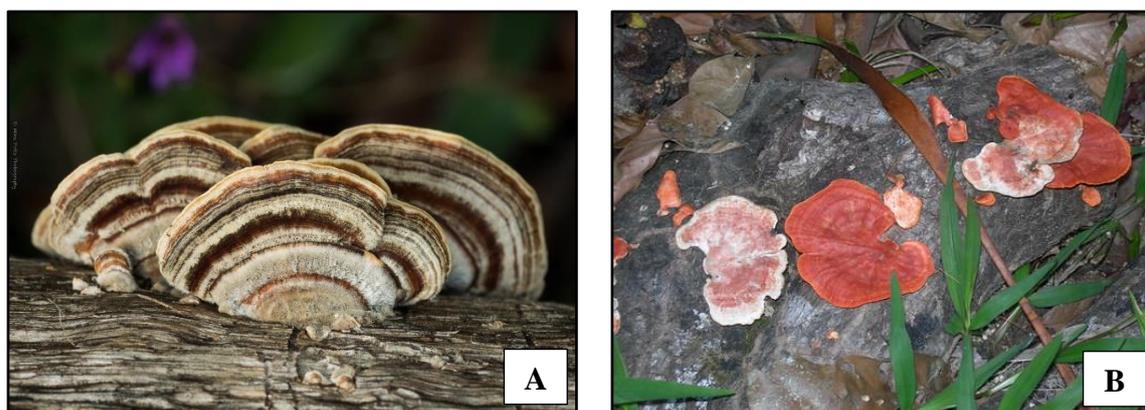


Figura 2. Basidioma *Trametes versicolor* (A) e *Pycnoporus sanguineus* (B). Fonte: Gryczka (2019).

4.2.2. Podridão parda

A deterioração provocada pelo fungo da podridão parda é a mais destrutiva, promovendo a decomposição dos elementos estruturais (CLAUSEN e KARTAL, 2003), através da metabolização da celulose e hemicelulose, modificando-as em substâncias naturalmente digeridas, permanecendo intacta a lignina (MENDES e ALVES, 1988).

Observa-se na madeira após o ataque a presença de células altamente deterioradas, aumento da permeabilidade e redução da massa específica (COSTA, 2009). A madeira apresenta-se ligeiramente escurecida, adquirindo uma coloração pardo-escuro nos estágios finais da deterioração, sendo possível observar rachaduras profundas, com a madeira tornando-se friável e tendendo ao colapso (DA SILVEIRA, 2018). Segundo Lepage (1986), o ataque do fungo causador da podridão parda na madeira, provoca uma diminuição nas características mecânicas mais acentuada do que o ataque do fungo de podridão branca.

Como exemplo de fungos de podridão parda podemos citar o fungo *Gloeophyllum trabeum* (Pers.) Murrill e o fungo *Postia placenta* (Fr.) M.J. Larsen & Lombar (Figura 3). O fungo *Gloeophyllum trabeum* emite hifas pigmentadas, geralmente de paredes grossas, raramente ramificadas ou não ramificadas (RAYNER e BODDY, 1988). O ataque promove uma rápida deterioração tanto em madeiras de folhosas como de coníferas (DA SILVEIRA, 2018)

O fungo *Postia placenta* se encontra em troncos apodrecidos de árvores de coníferas, sendo difundido e comum em partes da América do Norte, apresenta superfície com coloração rosa ou laranja, poros relativamente grandes e corpo de frutificação muito variável (FIRST-NATURE, 2020).



Figura 3. Basidioma *Gloeophyllum trabeum* (A) e *Postia placenta* (B) Fonte: Gryczka (2019) e First-nature.

4.3. Preservação da Madeira

4.3.1 Tratamento preservativo

O tratamento químico da madeira acarreta no envenenamento dos nutrientes celulares, evitando ou prevenindo a deterioração da madeira (MONTANA QUÍMICA, 1991). Espécies procedentes de reflorestamento, em geral apresentam uma menor resistência a degradação biológica devido ao seu rápido crescimento, porém, quando corretamente tratadas, registra-se para essas madeiras uma vida útil em serviço igual ou superior as madeiras de elevada durabilidade (GERALDO, 2002).

Os produtos químicos para madeira são produtos incorporados ao interior da estrutura, com o objetivo de torná-la tóxica aos fungos e insetos xilófagos (GALVÃO et al., 2004). A profundidade de penetração, distribuição e quantidade de produto retido são os parâmetros que determinam a eficiência do tratamento preservativo (HUNT e GARRATT, 1967).

Os métodos utilizados para o tratamento da madeira, podem ser divididos em duas categorias, métodos industriais que empregam vácuo e pressão, com impregnação profunda através de uma autoclave em usinas de preservação de madeiras, classificados em processos de célula cheia e de célula vazia, e métodos sem pressão, que compreendem

os tratamentos de pincelagem, aspersão, pulverização e imersão, isto é, impregnação superficial (SILVA, 2008, LELIS et al., 2001; MENDES e ALVES, 1988).

No processo de célula cheia a madeira seca é introduzida em uma autoclave industrial, posteriormente aplica-se um vácuo inicial por um período determinado, em seguida o preservativo é introduzido na autoclave, os parâmetros como temperatura, tempo, vácuo e pressão dependem da permeabilidade da madeira e do produto preservativo utilizado durante o processo, sendo a pressão o parâmetro mais importante, na qual é o responsável pela penetração profunda do preservativo na madeira (MENDES e ALVES, 1988). Ainda de acordo com os autores os métodos sob pressão são os mais utilizados para o tratamento de madeiras.

4.3.2 Preservativos industriais da madeira

Os produtos químicos utilizados para preservação da madeira são produzidos à base de metais como cobre, arsênio, zinco, cromo, flúor e boro e de formulações como aminas e creosotos (MACHADO et al., 2006; COSTA, 1999). Alguns dos produtos químicos usados para preservação de madeira são o arseniato de cobre cromatado (CCA), borato de cobre cromatado (CCB), creosoto e brometo de metila, estes apresentam a característica de alta toxidez ao homem, e risco de contaminação ao meio ambiente, acarretando em uma série de restrições de uso (TEXEIRA, 2012; STUMP, 2006). A madeira tratada com CCA não é recomendada na construção de uso doméstico, sendo proibido nos Estados Unidos e na Europa para alguns usos mais restritivos (LEBOW, 2010; IBACH, 2005).

Estas substâncias químicas requerem cuidados durante o tratamento e após o fim da vida útil da madeira tratada, representando um perigo no processo de eliminação e até mesmo na reutilização do material (WANG et al., 2006). Pesquisadores tem se dedicado no desenvolvimento de produtos alternativos para preservação da madeira, obtidos a partir de plantas utilizando os extrativos (CELOTO et al., 2008).

Estudos tem demonstrando que o tratamento de madeira com produtos obtidos a partir de extrativos de espécies naturalmente mais duráveis em espécies com baixa resistência natural, foram eficientes para o aumento da sua durabilidade frente ao ataque de organismos xilófagos (KAZEMI et al., 2006). Diversas pesquisas tem sido desenvolvidas com o objetivo de extrair substâncias promissoras para utilização como preservantes naturais (BROCCO et al., 2017; PAES et al., 2010; BARBOSA et al., 2007).

4.4. Extrativos

Os componentes não estruturais da madeira são denominados de extrativos, particularmente concentrados no cerne, produzidos pela árvore como compostos de defesa (TAYLOR et al., 2002). São substâncias resultantes do metabolismo secundário das plantas, podendo ser encontrados em diversas partes do vegetal (SILVA, 2010). Segundo Araújo (2002), a presença de extrativos na madeira acarreta em uma coloração mais escura, em geral madeiras que apresentam coloração mais acentuada são mais duráveis.

Os extrativos apresentam baixo peso molecular, sendo considerados não essências para sustentação da vida, mas tornando-se essenciais para sobrevivência, pois estão envolvidos no processo de defesa do vegetal (HADACEK, 2002). Ainda de acordo com o autor, desempenham a função de atrativos, através de pigmentos, fragrâncias e repelentes contra o ataque de micooorganismos.

De acordo com Oliveira et al. (2005), a qualidade bem como a quantidade de extrativos variam de espécie para espécie. Os locais de produção dos metabólitos secundários podem variar entre tipos de compostos, e entre espécies de plantas, sendo produzidos em vias metabólicas específicas (RIBERA e ZUÑIGA, 2012). Diferentes tecidos vegetais, tais como raízes, sementes e folhas, apresentam propriedades que podem inibir o desenvolvimento de bactérias, insetos e fungos (DAVICINO et al., 2007). Um dos fatores que podem influenciar no conteúdo de metabólitos secundários é a época que o material será coletado, fator de suma importância, sendo que a natureza dos constituintes químicos presentes na folha e a quantidade não é contínua o ano todo (GOBBO-NETO e LOPES, 2007).

Os vegetais são capazes de sintetizar metabólitos secundários aromáticos, tais como fenóis, ácidos fenólicos, flavonas, flavonóides, flavonóis, quinonas, taninos e cumarinas, compostos que apresentam atividade antimicrobiana, tornando-se um mecanismo de defesa da planta contra possíveis ataque de microorganismos patogênicos (DAS et al., 2010; NCUBE et al., 2008).

O desenvolvimento de técnicas de isolamento e outros estudos tem contribuído para a identificação de novos compostos (VIEGAS, Jr., 2003; CHAMPAGNE et al., 1992). Os compostos em sua maioria são orgânicos aromáticos ou saturados, regularmente obtidos através da extração inicial de metanol ou etanol (COWAN, 1999). A natureza do material vegetal e dos compostos a serem isolados irão influenciar na escolha do procedimento de extração do extrativo (HANSON, 2003).

A fonte de uma grande variedade de produtos bioativos por muitos séculos tem sido obtida a partir das plantas medicinais, usadas como material bruto para o tratamento de diversas doenças, sendo uma fonte de material biológico barata, com uma ampla variedade de metabólitos secundários disponíveis (ARIF et al., 2011). Através da medicina popular é possível obter informações sobre possíveis substâncias ativas (CECHINEL FILHO e YUNES, 1998). Referências da literatura apontam que é muito mais provável encontrar plantas que apresentam algum tipo de atividade toxicológica direcionadas pelo seu uso na medicina popular, do que em plantas escolhidas aleatoriamente (UNANDER et al., 1995; MONTELLANO, 1975).

Com o passar dos anos tem se observado um grande avanço em pesquisas envolvendo plantas com propriedades toxicológicas, podendo ser observado pela crescente publicação de trabalhos nesta área, como em periódicos nacionais e internacionais, congressos e similares (CECHINEL FILHO e YUNES, 1998).

Os extrativos obtidos dos vegetais que apresentam atividade contra os organismos xilófagos, podem ser uma alternativa em substituição aos produtos químicos utilizados no mercado, assim, diminuindo o impacto ao meio ambiente (SANTOS et al., 2009).

4.4.1. Potencial dos extrativos de teca

Os compostos produzidos pelos metabólitos secundários da árvore de teca podem estar relacionados a sua elevada resistência a cupins e danos causados por fungos, os compostos ativos são tectoquinona, lapachol, desoxilapachol, naftoquinonas, antraquinonas e quinonas isoprenóides, sendo os derivados das quinonas os principais responsáveis pela resistência natural da madeira (VYAS et al., 2019; ASTITI e SUPRAPTA, 2012).

Brocco (2014), avaliou o potencial dos extrativos do cerne da madeira de teca com idade aproximada de 20 anos como preservativo natural frente ao ataque dos fungos de podridão branca e parda, os resultados apresentaram ganhos na resistência contra o ataque de fungos xilófagos no ensaio de apodrecimento acelerado.

Moreira et al. (2006), através de procedimentos fitoquímicos isolaram a substância tectoquinona do caule de teca com idade de 10 anos. Outras três substâncias também foram isoladas durante o estudo, sendo lapachol, obtusifolina e desidro- α -lapachona. Nidavani e Mahalakshmi (2014) descreveram em sua revisão que a maior concentração de lapachol e tectocquinona encontra-se no cerne e nas folhas da árvore de teca.

Segundo Krishna e Nair (2010), extratos de diferentes partes da árvore de teca são utilizados na medicina tradicional para o tratamento de doenças como bronquite e disenteria, apresentando propriedades expectorantes, anti-inflamatórias e anti-helmínticas. Majumdar (2005), analisou o efeito do extrato obtido a partir das folhas de teca frente a feridas induzidas em laboratório e compararam com um agente cicatrizante de aloe vera, os resultados mostraram que o extrato da folha administrado por via oral e topicamente apresentou atividade de cicatrização.

Ghareeb et al. (2014), avaliaram a atividade antioxidante e citotóxica das folhas de teca coletadas no Egito, os resultados mostraram forte atividade antioxidante, verificando que o extrato obtido continha uma quantidade considerável de fenóis, podendo ser uma fonte acessível de antioxidante natural. Ainda de acordo com os autores essa atividade provavelmente se deve a presença dos diversos fito constituintes como ácidos fenólicos, taninos e flavonoides presentes.

Lanka e Parimala (2017), avaliaram o potencial farmacológico do extrato da folha de teca obtidos com etanol absoluto sob temperatura ambiente, o estudo mostrou que o extrato foi capaz de inibir o crescimento dos fungos *Aspergillus niger*, *Trichoderma viride*, *Aspergillus flavus* e de bactérias gram-positivas e gram-negativas pelo método de difusão em disco.

Fildza et al. (2012), avaliaram o potencial do extrato da folha de teca obtidos em etanol na inibição de bactérias, as concentrações do extrato foram de 6,25%, 12,5%, e 25%, o estudo concluiu que o extrato apresentou atividade para inibir o crescimento de bactérias, com maior atividade para bactéria *Staphylococcus epidermidis*.

Nayeem e Karvekar (2011), isolaram os compostos ácido gálico, rutina, quercetina, ácido elágico e o sitosterol a partir dos extratos metanólicos das folhas de teca, estes compostos foram submetidos a atividade antimicrobiana e antioxidante. O resultado do estudo demonstrou que o extrato possui atividade antimicrobiana significativa contra ambas as bactérias gram-positivas e gram-negativas.

Gohain et al. (2020), avaliaram o potencial das folhas de *Tectona grandis* como um catalizador de base ecológico, heterogêneo, de baixo custo e renovável. O catalizador apresentou resultados promissores na aplicação para produção de biodiesel, sendo um produto derivado da biomassa residual.

Fathinatullabibah e Khasanahram (2014), determinaram a estabilidade dos extratos de pigmento de antocianinas provenientes da folha de teca em tratamentos de

alimentos, os resultados mostraram que a estabilidade do extrato é influenciada pelo pH e temperatura, quanto maior o valor dos parâmetros maior a estabilidade do extrato.

Rosyida e Achadi (2014), estudaram o potencial das folhas jovens de teca como corantes naturais em tecidos de algodão, os resultados apresentaram potencial para uso como corantes têxteis de forma permanente e uniforme. De acordo com Nidavani et al. (2014) a folha de teca contém carboidratos, taninos, esteróis, alcaloides, saponina, proteína, fósforo, cálcio e corantes (amarelado ou castanho avermelhado).

Estudos realizados por Lacret et al. (2010) isolaram duas quinonas obtidas de extratos provenientes da folha de teca, as quais possivelmente possam estar envolvidas em mecanismos de defesa da planta. Quinonas são anéis aromáticos com duas substituições de cetonas e característica altamente reativa (ARIF et al., 2011). Os pigmentos quinônicos apresentam a característica marcante na coloração, diversificando do amarelo ao alaranjado, vermelho e preto (GIBAJA, 1988).

Um número cada vez maior de estudos tem surgido objetivando a busca por novos produtos capazes de substituir produtos químicos sintéticos, com a atenção voltada para uso dos produtos de origem vegetal que contenham substâncias que ofereçam resistência ao ataque de organismos xilófagos (ADEGEYE et al., 2009). Substâncias obtidas de origem natural comumente são mais seguras que as de origem sintética, não liberando resíduos ao meio ambiente (THACKER et al., 2003). A busca por moléculas de menor impacto ao meio ambiente e a saúde do homem é a meta pretendida pela maioria das pesquisas (TEXEIRA, 2012).

4.5 Colorimetria

A cor da madeira é um fator importante na determinação de seu uso, qualidade, e identificação, diferindo amplamente entre as espécies (RIBEIRO, 2009; NISHINO et al., 1998). Segundo Nishino et al. (2000), informações sobre a relação da cor da madeira em conjunto com as características físicas, contribuem para a compreensão do comportamento da cor de determinadas espécies.

A cor em uma madeira tende a mudar com o passar dos anos, escurecendo devido a oxidação causada especialmente pela luz, quando exposta ao ar, em contato com metais ou quando atacadas por certos organismos como fungos e bactérias (RIBEIRO 2009; BURGER e RICHTER, 1991). A variação da cor natural da madeira pode ser influenciada por fatores como a composição química das substâncias que se encontram no xilema, tais como flavonóides, fenóis, taninos, quinonas, estilbenos e outros, depositados de forma

mais acentuada na região do cerne (MADY, 2000; BURGER e RICHTER, 1991). Características da cor da madeira e sua homogeneidade desempenham um papel importante no estabelecimento dos preços da madeira no mercado, propriedade que deve ser avaliada durante a caracterização tecnológica da madeira, de forma a atender aos usos nobres da madeira (MORI et al., 2005; MÖTTÖNEN et al., 2002; GONÇALEZ, 1993).

A colorimetria é um método baseado no sistema CIELAB 1976, utilizado para medição e quantificação da cor, com a finalidade de caracterizar e classificar a madeira (COSTA, 2009; GONÇALEZ, 1993). O sistema CIE-L*a*b*, foi desenvolvido pela *Comission International d'Eclairage* – CIE, sendo utilizado para controlar a qualidade de produtos industrializados e proporcionar maior uniformidade na leitura das cores dos materiais (BROCCO, 2014; COSTA, 2009; GONÇALEZ, 1993). O Sistema tem encontrado aplicação em pesquisas para avaliar a alteração da cor das madeiras sob a influencias de fatores como ataque de organismos xilófagos, tratamentos térmicos e tratamento com extrativos (LOPES et al., 2014; BROCCO, 2014; COSTA et al., 2011;).

O método consiste em uma expressão numérica da cor, valores de luminosidade ou claridade (L^*), tonalidade (coordenadas cromáticas a^* e b^*) e saturação (C) (CAMARGOS, 1999; KONICA MINOLTA, 1998; GONÇALEZ, 1993), medidos através de um equipamento denominado espectrofotômetro.

Na Figura 4 pode-se visualizar o espaço colorimétrico proposto pelo CIELAB 1976.



Figura 4. Espaço colorimétrico CIELAB, 1976. Fonte: Gonzalez e Macedo, 2003.

A coordenada L^* representa a luminosidade ou claridade, variando de zero (preto total) à 100 (branco absoluto), a tonalidade definida pela variável a^* e b^* é dada pelas cores vermelho, verde, amarelo e azul, variam entre -60 e +60, os sinais significam: a^*

negativo, o objeto reflete cores no verde e no amarelo-verde, a* positivo o objeto reflete cores no laranja e no vermelho, b* positivo, significa que sua cor está próxima do amarelo, valor de b* negativo indica que a cor está próxima do azul (GONÇALEZ et al., 2003; KONICA MINOLTA, 1998).

5.MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. Coleta e Preparo do Material

Foram coletados 2kg de folhas de teca no período de janeiro de 2019, provenientes de um plantio florestal localizado no município de Santo Antônio de Leverger no estado de Mato Grosso com idade aproximada de 15 anos (Figura 5). As folhas foram processadas no Laboratório de Produtos Florestais - LPF do Serviço Florestal Brasileiro – SFB.



Figura 5. Folha de teca utilizada no presente estudo. Foto: Autor, 2019.

O material foi seco em estufa à $40^{\circ}\pm C$ por 24 horas para facilitar a trituração. Posteriormente, o material foi triturado em moinho de facas do tipo Willey (Figura 6A). Na sequência o material foi classificado granulometricamente em agitador de peneiras da marca Bertel, utilizando peneiras com aberturas de 20 e 42 mesh. O material utilizado para extração foi o retido na peneira de 42 mesh (Figura 6B).

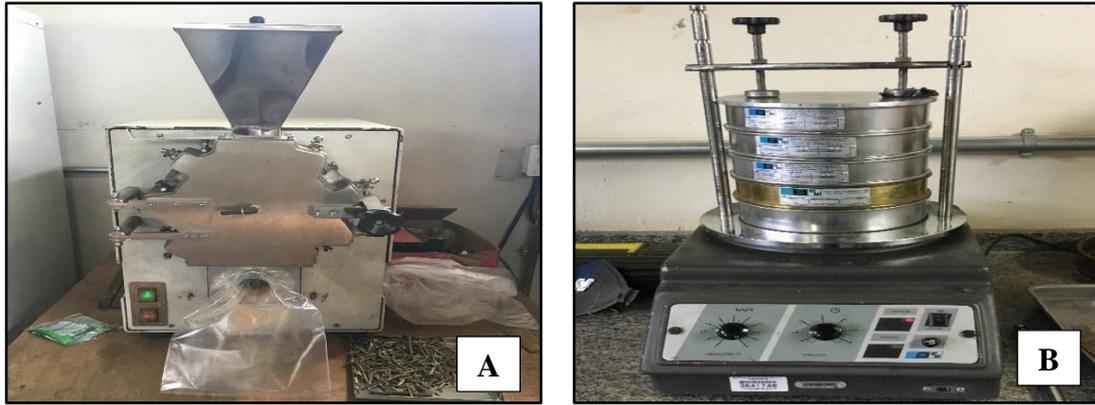


Figura 6. Moinho de facas para obtenção do material particulado (A); agitador de peneiras utilizado para separação do material particulado (B). Foto: Autor, 2019.

O teor de umidade do material triturado foi calculado antes do processo de remoção dos extrativos. Para tanto, foram pesados 2g do material para cada uma das triplicatas utilizadas, conforme fórmula expressa na Equação 1, sendo determinado em estufa, à $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, pesando-se inicialmente, após 2 horas e mais duas vezes de hora em hora.

$$\text{TU} = \frac{\text{MV}-\text{MS}}{\text{MV}} * 100\% \quad (\text{Equação 1})$$

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

MV = Massa verde da amostra (g);

MS = Massa seca da amostra (g).

A etapa de maceração do material triturado foi realizada no setor de Química, Adesivos e Borracha Natural do LPF. O processo foi realizado em triplicata com seis repetições, com o material sendo depositado em um Erlenmeyers de 1000 mL, utilizando 60 g do material particulado e 300 mL de etanol absoluto, na proporção (v/m) de 5:1 (solvente e material particulado).

A mistura permaneceu em uma mesa agitadora durante 24 horas a 130 rpm, com os Erlenmeyer tampados com fita adesiva para evitar a perda do solvente (Figura 7).



Figura 7. Processo de maceração do material particulado. Foto: Autor, 2019.

Os balões utilizados para a evaporação do solvente foram esterilizados com etanol absoluto, sendo definido o peso inicial em uma estufa de circulação forçada de ar à $105^{\circ}\pm C$ por 1 hora. Ao final do período os balões foram retirados e colocados em uma balança de 0,0001 g para determinar a massa inicial.

Ao final da maceração, a mistura etanol-material particulado foi filtrada utilizando papel filtro em um Becker de 1 L e transferida para um balão de 300 mL para a evaporação do etanol. A operação foi realizada em um rotaevaporador da marca Quimis, até a completa evaporação do solvente, obtendo-se no final o extrato bruto da folha de teca. As partículas de folhas retidas no papel filtro foram inseridas novamente no Erlenmeyer de 1000 mL com etanol e o processo de maceração foi repetido por mais duas vezes. O teor de extrativo presente na folha de teca foi calculado com base na massa seca antes e após as extrações.

Os balões com o extrato bruto da folha de teca de cada uma das seis replicatas foram colocados em estufa à vácuo a $45^{\circ}\pm C$ por 24 horas, para a evaporação completa do solvente, em seguida colocados em um dessecador por 15 minutos e pesados para verificação do ganho de massa.

O extrato bruto obtido a partir da folha de teca foi calculado conforme a Equação 2 para determinação da quantidade a ser diluída, com o objetivo de saturar a solução.

$$C_{\text{sat}} = \frac{\text{MEB}}{V} \quad \text{Equação 2}$$

C_{sat} = Concentração de saturação

MEB = Massa média do extrato bruto (g)

V = Volume do solvente em litros

Foi utilizado para o teste em placa e para impregnação dos corpos de prova a solução com o solvente etanol saturado com o extrato da folha de teca.

5.3. Teste de Inibição do Crescimento Fúngico em Placas de Petri

Para a avaliação da atividade antifúngica do extrato bruto da folha de teca foi realizado o teste de difusão em placas de Petri conforme a metodologia estabelecida por MEDEIROS et al., 2016, com modificações. Os fungos utilizados para o teste foram *Trametes Versicolor*, *Pycnoporus sanguineus*, *Gloeophyllum trabeum* e *Postia placenta*.

O meio de cultura para os fungos foi preparado com uma mistura de 30 g de extrato de malte e 18 g de ágar em 1L de água deionizada. O meio foi esterilizado em autoclave por um período de 30 minutos a temperatura de 121°C. Após o período na autoclave, foram depositados 15 mL de meio de cultura em cada placa de Petri de 90 x 15 mm, com auxílio de um pipetador, em câmara de fluxo laminar. Após a solidificação do meio de cultura, as placas de Petri foram isoladas com parafilme, e mantidas em incubadora com umidade de $75 \pm 2\%$ e temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ por 72 horas, para verificar possíveis contaminações.

Em cada placa de Petri foram colocados dois discos de 6 mm de diâmetro contendo micélios de fungo previamente desenvolvidos, cortados com um vazador de rolha, e colocados na posição ‘‘A’’ (Figura 8). Em seguida, na posição ‘‘B’’ foram inoculados 300 microlitros do extrato bruto da folha de teca diluído no solvente etanol (Figura 9A). Ao mesmo tempo, foi avaliado o efeito do solvente etanol utilizado na maceração, sobre a inibição do fungo, utilizando o mesmo procedimento. Posteriormente, as placas foram mantidas em repouso em câmara de fluxo laminar até completa evaporação do etanol (Figura 9B). As placas de Petri foram fechadas novamente com parafilme e transferidas para incubadora para o desenvolvimento do fungo.

O tempo de crescimento foi calculado quando o fungo da placa controle (sem a presença do extrato bruto da folha de teca e solvente) cobriu toda a superfície da placa de Petri, determinando-se desta forma encerramento do teste.

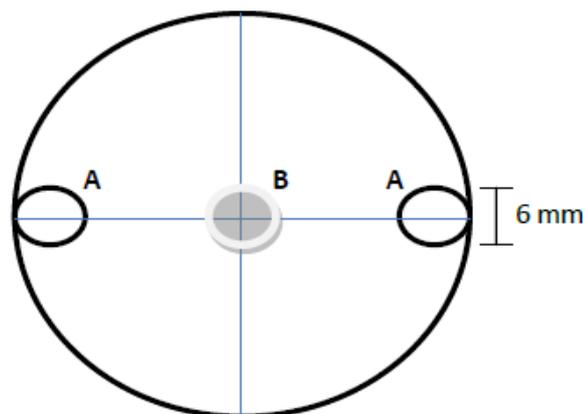


Figura 8. Posicionamento dos discos contendo micélio do fungo na placa de Petri (A), local de deposição do extrato (B). Figura fonte: Da Silveira, 2018.

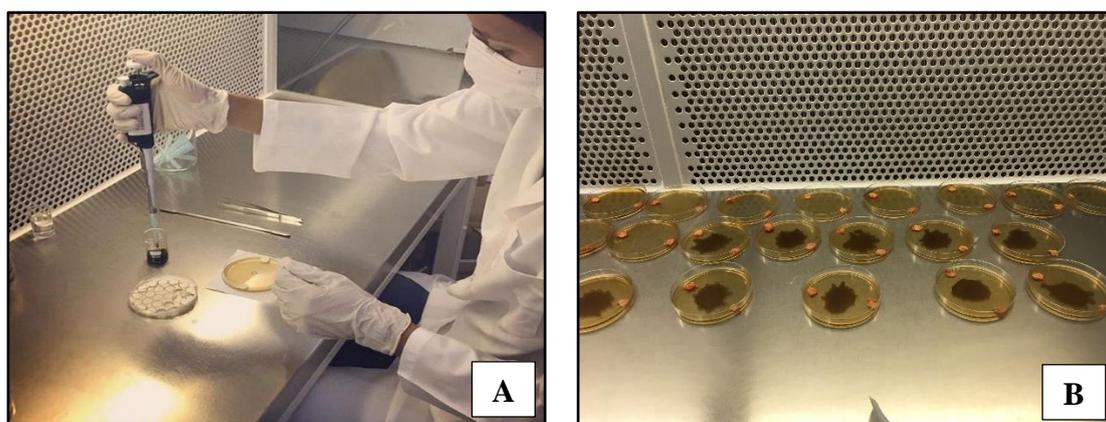


Figura 9. Aplicação do extrato na placa já inoculada com o micélio do fungo (A); placas com extrato bruto da folha de teca e solvente etanol (B). Foto: Autor, 2019.

A Tabela 1 apresenta a quantidade de placas de Petri utilizadas no teste de inibição.

Tabela 1. Delineamento do teste de inibição do crescimento do micélio fúngico nas placas de Petri.

Produtos	Fungos Apodrecedores			
	<i>Trametes versicolor</i>	<i>Pycnoporus sanguineus</i>	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	<i>Postia placenta</i>
Controle	10*	10	10	10
Etanol	10	10	10	10
Extrato bruto da folha T.	10	10	10	10
Total	30	30	30	30

(*) quantidade de placas de Petri em cada teste

A avaliação do efeito inibidor do extrato da folha foi realizada por meio da análise da imagem, obtida de cada placa após o crescimento dos quatro fungos, através da

medição da área de inibição ao redor de cada disco contendo os micélios de fungo depositados na placa de Petri. A análise foi realizada utilizando-se o software ImageJ. As placas de Petri foram retiradas da incubadora após o período de crescimento de cada fungo, e colocadas sobre uma cartolina preta para realçar o contraste.

Posteriormente, foram tiradas fotos utilizando a câmera de um celular Iphone 6s, resolução 4608 x 2592 pixel, sem flash e sem zoom, a uma distância de 12 cm. As imagens foram obtidas no formato JPEG, e modificadas para preto e branco com resolução de 8 bits. O processo de análise das imagens foi feito por limiarização, que corresponde à transformação da área ocupada pelo fungo em uma imagem branca, a qual foi transformada em porcentagem de área ocupada, conforme ilustrado na Figura 10.

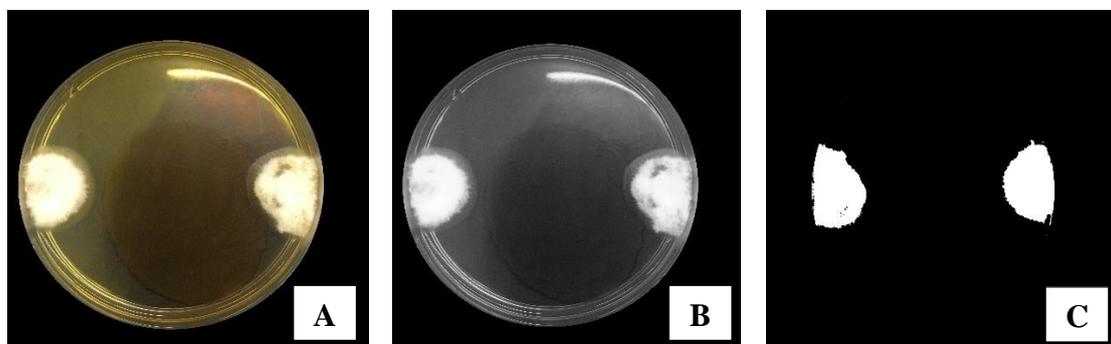


Figura 10. Processo de limiarização da imagem: imagem original (A); imagem em 8 bits (B); imagem limiarizada mostrando o efeito do extrato da folha de teca (C). Foto: Autor, 2019.

O percentual de inibição do micélio do fungo foi calculado conforme metodologia proposta por Cheng et al. (2011), através da Equação 3:

$$PI = (1 - (AE/AC)) \times 100 \quad (\text{Equação 3})$$

Em que:

PI = Porcentagem de inibição (%).

AE = Área ocupada pelo fungo na placa de Petri com o extrato (%);

AC = Área ocupada pelo fungo na placa de Petri controle (%).

5.5. Impregnação dos Corpos de Prova

Nesta etapa do trabalho foram utilizados corpos de prova de *Pinus* sp. medindo 2,5 x 2,5 x 09 cm, impregnados com o extrato bruto da folha de teca e com o solvente etanol utilizado no processo de maceração. Também foi utilizado um produto à base de

extratos vegetais, comercializado no mercado para o tratamento de madeiras verdes para fim de comparação no ensaio acelerado de laboratório.

Os corpos de prova foram impregnados a uma pressão de 15 kPa, em panela de pressão adaptada, por um período de 4 horas (Figura 11). Para o tratamento com o produto à base de extratos vegetais, os corpos de prova foram impregnados por imersão simples por um período de 30 segundos conforme orientação do fabricante.

Posteriormente, os corpos de prova tratados foram secos ao ar livre até atingirem massa constante, tempo aproximado de três semanas.



Figura 11. Impregnação dos corpos de prova com o extrato bruto da folha de teca e solvente etanol sob pressão utilizando uma panela de pressão adaptada. Fonte: Autor, 2019.

O teor de umidade das amostras tratadas foi determinado após a impregnação dos corpos de prova. Foram pesadas 10 amostras e encaminhadas para estufa à $103^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, até massa constante, conforme a Equação 4.

$$\text{TU} = \frac{\text{MI} - \text{MF}}{\text{MI}} * 100\% \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

TU = Teor de umidade da amostra (%);

MI = Massa inicial da amostra (g);

MF = Massa final da amostra (g).

5.6. Ensaio Acelerado de Ataque de Fungos

Este ensaio foi realizado no setor de Biodegradação e Preservação de Madeiras do LPF, de acordo com a norma da American Society For Testing and Materials – ASTM D 2017 (2005) com adaptações. Para tanto, foram utilizados nessa etapa os fungos apodrecedores que causam elevada deterioração na madeira, sendo um de podridão branca (*Trametes Versicolor* (L.) Lloyd) e o outro de podridão parda (*Gloeophyllum trabeum* (Pers.) Murrill) provenientes da coleção de fungos da Área de Biodegradação de Preservação de Madeiras do LPF.

Os produtos avaliados foram o extrato bruto da folha de teca, solução de etanol P.A. e o extrato vegetal comercializado no mercado, além das amostras testemunhas, sem tratamento.

O delineamento desse ensaio foi composto por uma combinação entre os produtos químicos avaliados e os fungos apodrecedores, além dos corpos sem tratamento (testemunha), com 30 repetições para cada combinação. Adicionalmente foram selecionados outros 32 corpos de prova de *Pinus* sp. para o fungo *Gloeophyllum trabeum* e 32 corpos de *Cecropia* sp. para o fungo *Trametes versicolor*, utilizados como controle do experimento para a avaliação da perda de massa e vigor dos fungos. Na tabela 2 observa-se o delineamento do experimento.

Tabela 2. Delineamento do ensaio acelerado em laboratório.

Tratamentos	Fungos	
	<i>Trametes versicolor</i>	<i>Gloeophyllum trabeum</i>
Controle	32	32
Testemunha	30	30
Solvente etanol	30	30
Extrato da folha de teca	30	30
Extrato vegetal comercial	30	30
Total	152	152

Foram utilizados frascos de vidro com capacidade de 250 mL em volume líquido, em cada frasco foi adicionado 130 g de latosso vermelho de horizonte B com pH corrigido para 4,5 a 5,5 proveniente da Fazenda Água Limpa – FAL, pertencente a Universidade de Brasília – UnB, e 46 mL de água deionizada. Sobre o solo foi colocado uma placa suporte com dimensões de 3 x 29 x 35 mm de Pinus (*Pinus sp.*) para os fungos de podridão parda, e de embaúba (*Cecropia sp*) para os de podridão branca, a qual serviu de substrato para o desenvolvimento inicial dos fungos (Figura 12).



Figura 12. Frascos de vidro com solo, água deionizada e placa suporte prontos para autoclavagem. Foto: Autor, 2019.

Posteriormente, os frascos foram esterilizados em autoclave à 123°C por um período de 40 minutos, e em seguida acondicionados, por cinco dias, em incubadora com umidade relativa de 75±2%, e temperatura de 25±2°C, a fim de verificar possíveis contaminações.

5.6.1. Repicagem e Inoculação dos Fungos Apodrecedores

O meio de cultura utilizado para o desenvolvimento dos fungos foi preparado em frascos de vidro de Erlenmeyer com água deionizada e extrato de malte (30g do extrato para cada 1000 mL de água). Após o preparo, o meio foi esterilizado em autoclave, por um período de 30 minutos a 121°C, posteriormente, permaneceram em incubadora por um período de sete dias, com o objetivo de verificar possíveis contaminações.

A repicagem dos fungos foi realizada assepticamente em câmara de fluxo laminar. Para tanto, inóculos de aproximadamente 1cm² contendo micélios do fungo foram adicionados ao meio de cultura esterilizado e encaminhados a mesa agitadora mantida a 100 rpm durante 72 h. Posteriormente, o material foi acondicionado em incubadora a

75±2% de umidade relativa e temperatura de 25±2°C, por um período de quatro semanas para o desenvolvimento do micélio dos fungos.

Antes da inoculação dos fungos, os frascos de vidros foram limpos com álcool 70%, e mantidos por 15 minutos sob a ação de luz ultravioleta em câmara de fluxo laminar. Na sequência, os fungos desenvolvidos nos frascos de Erlenmeyer foram homogeneizados em um liquidificador, sendo que 3 mL desta mistura foram distribuídas sobre a placa suporte e o solo. Após a inoculação, os frascos voltaram à incubadora onde permaneceram por um período de quatro semanas, tempo necessário para o desenvolvimento dos fungos sobre a placa suporte.

5.6.2. Período de Ataque dos Fungos

Antes de serem colocados em contato com o fungo, todos os corpos de prova foram esterilizados em autoclave por um período de 40 minutos à temperatura de 123 °C. Após a esterilização, os mesmos foram assepticamente colocados sobre a placa suporte colonizada com o fungo, retornando então para incubadora onde permaneceram por um período de 16 semanas.

Para a avaliação da perda de massa, semanalmente, a partir da 8ª semana, quatro corpos de prova controle de *Pinus* sp. e *Cecropia* sp. foram retirados da incubadora e pesados. O experimento foi finalizado quando a perda de massa das amostras controles atingissem mais de 50%, caso não ocorresse essa perda o experimento permanecia até a pesagem de outras quatro amostras controles na semana seguinte e assim sucessivamente até a 16ª semana.

Após o encerramento do experimento os corpos de prova foram limpos cuidadosamente com o auxílio de uma escova de dente de cerdas macias e encaminhados para estufa à temperatura de 103±2 °C, onde permaneceram até estabilização da massa, sendo determinada a perda de massa.

5.7. Perda de Massa e Classificação da Resistência

A classificação da resistência dos corpos de prova sem tratamento, tratados com extrato bruto da folha de teca, etanol e com extrato vegetal comercial frente ao ataque dos fungos apodrecedores, foram determinadas a partir da sua perda de massa de acordo com a Equação 5.

$$\text{Perda de massa (\%)} = \frac{\text{MI} - \text{MF}}{\text{MI}} \times 100\% \quad (\text{Equação 5})$$

Em que:

MI = Massa inicial (g);

MF = Massa final (g).

A classificação da resistência estabelecida pela norma ASTM D 2017 (2005) é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3. Classificação da resistência dos produtos químicos em ensaio acelerado de laboratório, conforme estabelecida pela norma ASTM D 2017 (2005).

Perda de massa (%)	Massa Residual (%)	Classe de resistência
0-10	90-100	Altamente resistente
11-24	76-89	Resistente
25-44	56-75	Moderadamente resistente
≥45	≤ 55	Não resistente

5.8 Determinação da cor das Amostras após os Diferentes Tratamentos

A metodologia utilizada para a definição dos parâmetros colorimétricos foi a do sistema CIELAB 1976, conforme Gonzalez (1993).

Os dados colorimétricos foram determinados nas amostras sem tratamento e tratadas com os diferentes produtos, utilizando um espectrofotômetro ColorEye XTH marca X-Rite, acoplado a um microcomputador, utilizando o software Icolor rite. O ensaio foi realizado no laboratório de Tecnologia da Madeira no Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Brasília.

Em cada corpo de prova foram realizadas cinco leituras da cor na face tangencial de cada amostra. Os parâmetros colorimétricos determinados foram as coordenadas L* (claridade), a* (matizes do eixo vermelho – verde) e b* (matizes do eixo amarelo – azul).

As coordenadas foram comparadas com as amostras sem tratamento. As variações de cada coordenada foram calculadas, sendo elas: ΔL^* , Δa^* e Δb^* . Para determinação da variação total da cor após os tratamentos foi utilizada a Equação 6 conforme Konica Minolta (1998).

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^2 + (\Delta a^2) + (\Delta b^2)} \quad (\text{Equação 6})$$

em que:

ΔE^* : variação total da cor da madeira após os tratamentos;

ΔL^* , Δa^* e Δb^* : variação das coordenadas cromáticas (amostra tratada menos a testemunha).

A variação da cor dos corpos de prova tratados foi classificada utilizando-se a Tabela 4 proposta por Hikita, Toyoda e Azuma (2001).

Tabela 4. Classificação da variação total da cor da madeira após os tratamentos químicos.

Variação Total da Cor (ΔE^*)	Classificação
Desprezível	0,0-0,05
Ligeiramente perceptível	0,5-1,5
Notável	1,5-3,0
Apreciável	3,0-6,0
Muito apreciável	6,0-12,0

Fonte: Adaptado de Hikita, Toyoda e Azuma (2001).

5.9. Análise Estatística

Para os ensaios realizou-se o teste de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk, e de homogeneidade pelo teste de Levene, procedeu-se ao teste de Análise de Variância (ANOVA), posteriormente utilizou-se o teste não paramétrico de Kruskal-Wallis e/ou teste de Tukey. A análise foi baseada em quatro tratamentos (sem tratamento, solvente, extrato bruto da folha de teca e extrato vegetal comercial) ao nível de 5% de significância. O software utilizado foi o SPSS v.21.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Teor de Extrativos e Umidade

O teor de umidade encontrado para folha de teca coletada foi de 8,81%. A determinação da umidade da amostra verde utilizada no processo de extração é de suma importância, assim, evitando a interpretação de rendimentos diferentes (FABROWSKI, 2002).

A Tabela 5 apresenta os valores de teor de extrativos presentes na folha de teca obtidos com a maceração.

Tabela 5. Teor de extrativos da folha de teca obtido após o processo de maceração.

Extração	Teor de extrativos* (%)	Teor acumulado (%)
1 ^a	1,93	1,93
2 ^a	1,17	3,10
3 ^a	0,85	3,95

*Valor médio obtido da folha (60 g).

O teor de extrativos obtidos para a folha de teca foi de 3,95% (Tabela 5), com base em três extrações. Brocco (2019), encontrou valores de 5,49% para o teor de extrativos da madeira de teca pela extração em etanol, valor superior ao encontrado neste estudo, o maior valor encontrado por Brocco pode ser explicado pelo fato de ser ter trabalhado com o cerne de teca, parte na planta onde se acumula uma grande quantidade de extrativos.

O teor de extrativos obtidos no presente trabalho pode ter sido influenciado pela temperatura da extração. Ferreira et al. (2015), realizando as análises dos compostos químicos da madeira de teca com idade de 13 anos, obtiveram pelo método de extração em água fria valor médio de 3,44% para o teor de extrativos, já para extração em água quente obteve valor de 9,66%. De acordo com os autores a temperatura a quente aumenta a eficiência da extração em termos de quantidades, sendo um catalizador de reação química.

Baptista (2015), obteve um valor de teor de extrativos para casca de teca de 2,9% em etanol. Goswami et al. (2010) obtiveram teores de extrativos para a casca de teca de 2,8% em éter petróleo. Os resultados dos diferentes estudos em comparação com o presente trabalho demonstram que a quantidade de extrativos varia conforme a parte do vegetal de onde é extraído.

Souza et al. (2007), avaliando o uso potencial das folhas de *Tectona grandis* L.F. para produção de corante natural, obtiveram um teor de extrativos de 19,75% para extração a frio com éter etílico, valor superior ao encontrado neste estudo. O método de extração com etanol conduziu a menor extração quando comparado com o éter etílico a temperatura ambiente. Segundo Cruz et al. (2017) a polaridade do solvente utilizado irá determinar os compostos que serão extraídos da amostra durante o processo de extração.

Macedo et al. (2003), estudando a variação sazonal nos teores de flavonoides e taninos das folhas de *Davilla rugosa* Poir., inferiram que a melhor época de coleta do material foi no verão e no outono, época com maiores concentrações de metabólitos para

essa espécie. No presente estudo a folha foi coletada em um plantio com idade de 15 anos na época do verão, assim, a quantidade e a qualidade de extrativos na folha de teca pode ter sido influenciada pela época da coleta do material. O teor de extrativo varia conforme a idade do plantio, local, condições do sítio, parte do vegetal, época que o material será coletado e ciclo vegetativo, sendo que a quantidade não é contínua o ano todo (GOBBONETO e LOPES, 2007; BROCCO, 2014).

Na Figura 13 é possível observar o extrato bruto da folha de teca obtido com o solvente etanol, apresentando uma consistência oleosa, e coloração escura. Segundo Azambuja (2019) o método de extração por solvente é capaz de extrair outros compostos indesejados como compostos oleosos, ceras, parafinas, gorduras, pigmentos, não sendo um processo seletivo. Ainda de acordo com o autor, a consistência obtida através da extração é explicada pela presença desses compostos.

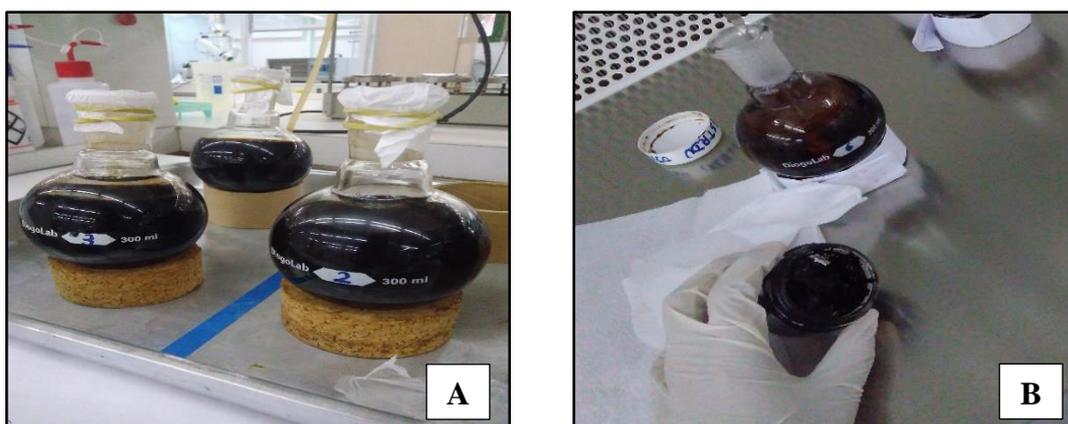


Figura 13. Extrato bruto da folha de teca após a evaporação do solvente etanol (A e B).

6.2. Avaliação da Inibição do Crescimento Fúngico em Placas de Petri

A Figura 14 mostra os resultados do percentual de inibição do extrato bruto da folha de teca em placas de Petri para os quatros fungos apodrecedores.

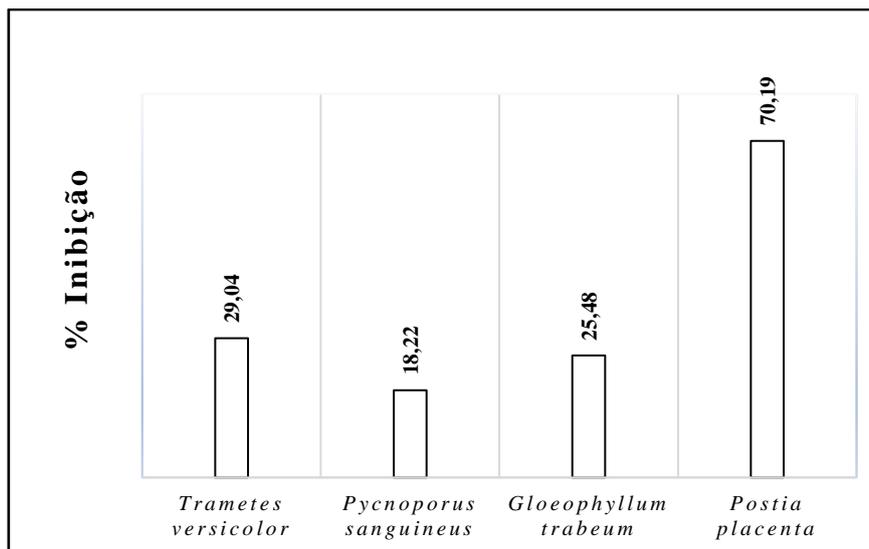


Figura 14. Potencial de inibição do crescimento dos fungos (%) no teste em placa de Petri com extrato bruto da folha de teca

Ao analisar os valores médios da taxa de inibição, notou-se que, de modo geral o extrato da folha inibiu o crescimento dos quatro fungos apodrecedores. Os resultados da Figura 14, mostram que o extrato apresentou a maior taxa de inibição (70,19%) frente ao ataque do fungo *Postia placenta* comparando com os demais fungos. A inibição elevada desse fungo demonstra sua sensibilidade ao extrato da folha.

O extrato obtido também apresentou atividade antifúngica contra o fungo *Trametes versicolor* com uma taxa de inibição de 29,04%, enquanto que a placas controles em setes dias apresentaram-se completamente preenchidas pelo micélio desse fungo.

Hashemi e Latibari (2011), avaliando o potencial de toxicidade dos extratos da madeira de *Juglans regia* L. obtidos a partir dos solventes etanol-tolueno contra o fungo *Trametes versicolor* em ensaios com placas de Petri, obtiveram uma taxa de inibição para o fungo inferior (27,91%) a obtida no presente estudo.

Lanka e Parimala (2017), avaliaram o potencial farmacológico do extrato da folha de teca em etanol absoluto sob temperatura ambiente. O estudo mostrou que o extrato foi capaz de inibir o crescimento dos fungos *Aspergillus niger*, *Trichoderma viride* e *Aspergillus flavus* pelo método de difusão em disco, demonstrando que o extrato da folha de teca foi capaz de inibir fungos emboloradores, com resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho. Esses fungos, de acordo com a literatura, apresentam uma maior tolerância à ação de produtos químicos.

Na Figura 14 observa-se ainda que o fungo *Pycnoporus sanguineus* causador da podridão branca apresentou a menor taxa de inibição (18,22%). Este fato mostra que o

extrato da folha apresentou atividade menos intensa para inibição, demonstrando que o fungo foi resistente aos compostos presentes no extrato da folha. Silveira (2015) avaliou a eficiência de taninos obtidos de *Acacia mearnsii* sobre o crescimento micelial do fungo *Pycnoporus sanguineus*, nas concentrações 3,0%; 4,0% e 5,0%, o estudo mostrou que a concentração de 5% foi a mais eficiente na atividade antifúngica, inibindo mais de 50% das placas avaliadas, com resultados superiores aos encontrados neste estudo para o extrato da folha de teca.

Os resultados mostraram que as placas controles apresentaram-se completamente preenchidas pelos micélios dos fungos após o fim do experimento. Observou-se, que os tratamentos contendo o extrato da folha de teca apresentaram potencial de inibição aos fungos de podridão branca exibindo crescimento reduzido dos micélios.

Em relação aos fungos de podridão parda, o extrato bruto da folha apresentou menor taxa de inibição contra o fungo *Gloeophyllum trabeum* (25,48%) comparando com o fungo *Postia placenta* (70,19%) (Figura 14). Brocco (2014) obteve uma taxa de inibição de 86% para o fungo *Postia placenta* em teste de placa de Petri contendo extratos obtidos do cerne da madeira de teca, concluindo que o fungo foi sensível aos extrativos do cerne.

Astiti et al. (2012), avaliando a atividade antifúngica do extrato da folha de teca contra o fungo *Arthrimum phaeospermum*, utilizando metanol por meio de difusão em meio de BDA, observaram que o extrato inibiu significativamente o crescimento fúngico radial em 81,4%, resultado superior ao encontro no presente trabalho em comparação com os quatro fungos apodrecedores utilizando o extrato proveniente da mesma espécie. A diferença de inibição se deve a natureza dos compostos, que provavelmente não foram as mesmas extraídas durante o processo de extração com os diferentes solventes.

Aulung et al. (2016), estudaram o extrato da folha de teca jovem, antiga e caída no chão, nas concentrações de 5%, 10%, 15%, 20% e 25%, frente ao fungo *Candida albicans* usando o método de difusão de disco *in vitro*. O resultado do estudo mostrou que o extrato inibiu o crescimento do fungo *Candida albicans*, com a maior resistência obtida para o extrato obtido das folhas jovens. Segundo Astiti (2015) a inibição do crescimento fúngico a partir dos extratos da folha de teca, é determinado pela idade das folhas. Assim, a idade das folhas e o mês da coleta provavelmente pode ter influenciado na taxa de inibição para com os diferentes fungos neste estudo.

Krishna e Nair (2010), avaliando a atividade do extrato da folha de teca utilizando o solvente clorofórmio, observaram que o extrato apresentou boa atividade contra o

crescimento da bactéria *Staphylococcus aureus* inibindo o crescimento no ensaio de difusão de disco.

Astiti (2015), avaliou o efeito inibidor do extrato da folha de teca obtido em água destilada frente ao fungo *Hormiscium* sp., o resultado do estudo mostrou que o extrato da folha foi capaz de inibir o crescimento fúngico. Os resultados das diferentes bibliografias consultadas além de corroborarem com os resultados obtidos no presente estudo, demonstraram que o extrato da folha de teca possui ação capaz de inibir o crescimento de determinados microorganismos.

Na Figura 15 é possível observar o desenvolvimento dos quatro fungos nas placas de Petri controle (A1, B1, C1 e D1), com etanol (A2, B2, C2 e D2) e com extrato bruto da folha de teca (A3, B3, C3 e D3) após o fim do experimento.

Observa-se na Figura 15 que o solvente etanol não apresentou efeito inibidor contra os quatro fungos apodrecedores (A2, B2, C2 e D2), apresentando crescimento do micélio semelhante aos das placas controles, ou seja, as que não receberam nenhum tipo de solução inibitória.

As placas de Petri controles apresentaram-se completamente cobertas pelo micélio dos fungos após sete dias para o fungo *Trametes versicolor*, cinco dias para o fungo *Pycnoporus sanguineus*, 13 dias para o fungo *Gloeophyllum trabeum* e cinco dias para o fungo *Postia placenta* (Figura 15 A1, B1, C1 e D1).

Os resultados demonstram que os compostos extraídos da folha de teca foram capazes de inibir o crescimento dos fungos de podridão branca e parda quando comparados as placas controles. No geral, o extrato da folha de teca apresentou capacidade de inibição.

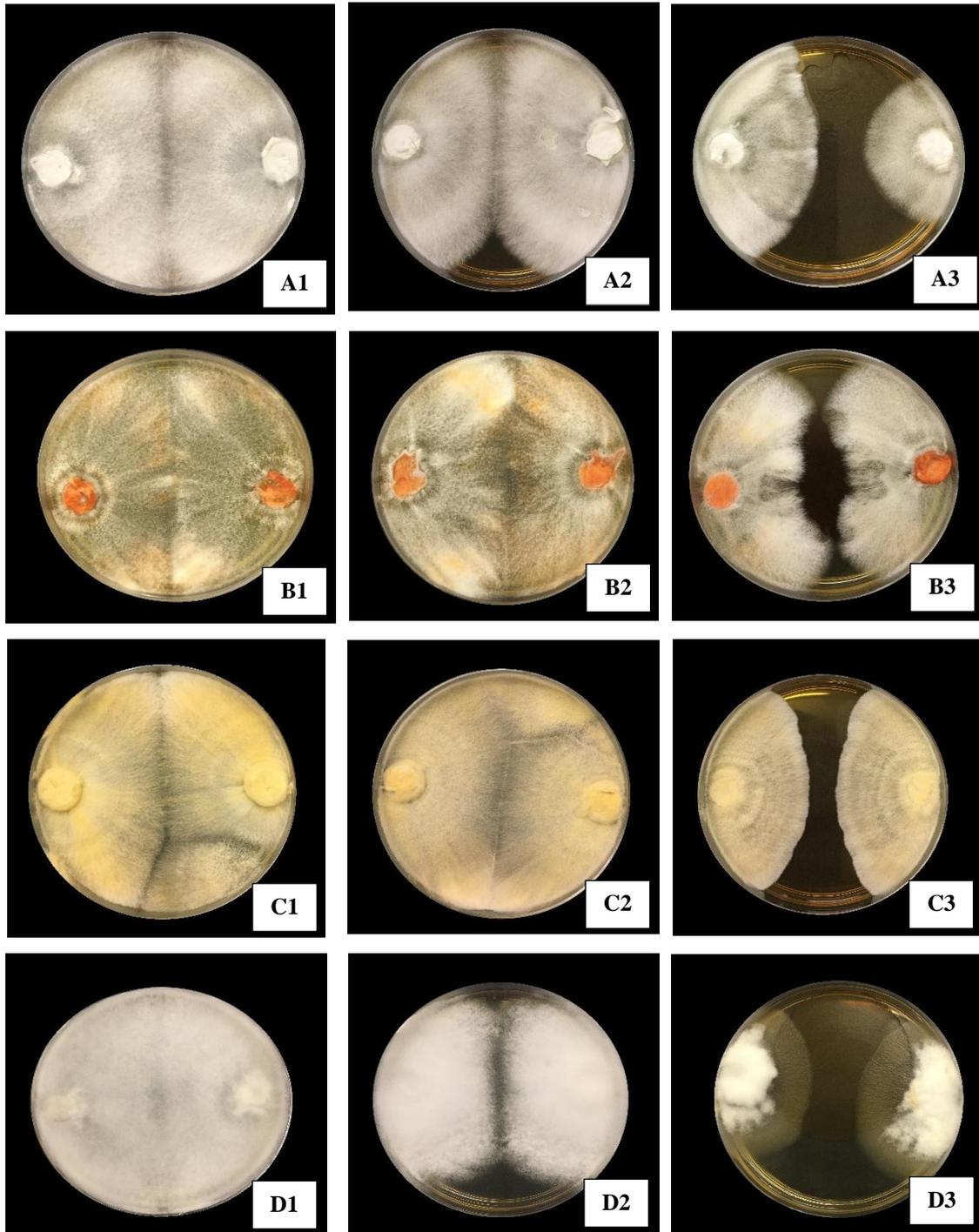


Figura 15. Imagens do crescimento do micélio dos fungos após o término do experimento: Controle (A1); etanol (A2) e extrato bruto da folha de teca (A3) frente ao fungo *Trametes versicolor*. Controle (B1), etanol (B2) e extrato bruto da folha de teca (B3) frente ao fungo *Pycnoporus sanguineus*. Controle (C1); etanol (C2) e extrato bruto da folha de teca (C3) frente ao fungo *Gloeophyllum trabeum*. Controle (D1); etanol (D2) e extrato bruto da folha de teca (D3) frente ao fungo *Postia placenta*. Foto: Autor, 2019.

6.3. Eficiência Contra Fungos Apodrecedores no Ensaio Acelerado de Laboratório

Após a 10ª semana de ensaio, os corpos de prova controle submetidos ao fungo *Trametes versicolor* atingiram perda de massa de 55,05%, sendo assim, o ensaio de laboratório foi encerrado para esse fungo. Já para o fungo *Gloeophyllum trabeum* o ensaio foi concluído após a 9ª semana, quando os corpos de prova controle atingiram 50,01% de perda de massa (Figura 17).



Figura 16. Corpos de prova controle antes (A1) e após (A2) o ataque do fungo *Trametes versicolor*. Corpos de prova controle antes (B1) e após (B2) o ataque do fungo *Gloeophyllum trabeum*. Foto: Autor, 2019.

6.3.1 *Trametes versicolor* (L.) Lloyd

Os resultados da perda de massa e as respectivas classes de resistência para os quatro tratamentos frente ao ataque do fungo *Trametes versicolor* são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Valores médios de perda de massa e classe de resistência para as amostras de madeira de *Pinus* sp. submetidas ao ataque do fungo *Trametes versicolor*.

Tratamentos	<i>Trametes versicolor</i>	
	Perda de massa (%)	Classe de resistência*
T1 Sem tratamento	24,05 ^a	Resistente
T2 Etanol	20,65 ^a	Resistente
T3 Extrato bruto folha de teca	13,59 ^b	Resistente
T4 Extrato vegetal comercial	12,26 ^b	Resistente

Letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Kruskal Wallis ao nível de 5% de significância; (*) conforme estabelecido pela norma ASTM D 2017 (2005).

A perda de massa das amostras sem tratamento (24,05%) e as tratadas com o solvente etanol (20,65%) não apresentaram diferença significativa entre si, as diferenças foram observadas para as amostras tratadas com os diferentes extratos frente ao ataque do fungo *Trametes versicolor* (Tabela 6).

De acordo com a norma (ASTM, 2005) os quatro tratamentos testados foram classificados como resistentes ao ataque do fungo, resultado semelhante ao encontrado

por Brocco (2014) avaliando a madeira de *Pinus* sp. sem tratamento em condições de laboratório frente ao ataque do fungo *Trametes versicolor* com perda de massa de 14,09%.

Após o tratamento com o extrato bruto da folha de teca foi observado nas amostras de *Pinus* sp. um ganho de resistência de 43,49% quando comparado à amostra sem tratamento T1. Brocco (2014) ao trabalhar com extrativos do cerne de teca impregnados na madeira de *Pinus* sp., constatou aumento da resistência da madeira tratada em 58,20% quando comparada à amostra não tratada. Nota-se que, o tratamento com extrativos provenientes de diferentes partes da mesma espécie proporcionaram ganho na resistência da madeira tratada em comparação com as amostras que não receberam o tratamento.

Texeira et al. (2015), avaliaram a eficácia do óleo de neen e dos produtos naturais terpeno de candeia e resina de bisabolol no tratamento da madeira de *Pinus* sp., frente ao ataque dos fungos *Trametes versicolor*, *Postia placenta* e *Neolentinus lepideus*. Nesse estudo, os autores observaram que os produtos naturais proporcionaram aumento significativo na proteção da madeira de *Pinus* sp. frente à ação dos fungos xilófagos. Infere-se que, diferentes produtos obtidos de origens naturais são eficientes na redução do crescimento do fungo *Trametes versicolor*.

Comparando o extrato da folha (T3) com o solvente etanol (T2), o extrato promoveu uma proteção superior contra a ação do fungo de podridão branca, demonstrando que a ação fungicida é proveniente do extrato da folha e não do solvente utilizado na extração. Assim, confirmando os resultados observados no teste com placa de Petri para inibição do crescimento fúngico.

Com relação ao extrato vegetal comercial, este mostrou desempenho próximo ao extrato bruto da folha de teca, com média de perda de massa de 12,26%, diferindo estatisticamente apenas do T1 e T2. Apesar dos quatro tratamentos terem sido classificados como resistentes (ASTM, 2005), o tratamento com extrato da folha de teca e extrato vegetal comercial apresentaram uma significativa redução na perda de massa de 43,50% e 49,02% respectivamente, após o ataque do fungo de podridão branca *Trametes versicolor*. Esse resultado demonstra que os diferentes tratamentos conseguiram inibir parte do crescimento do micélio do fungo apodrecedor.

A Figura 17 apresenta o aspecto visual das amostras de *Pinus* sp. após o encerramento do experimento para o fungo de podridão branca *Trametes versicolor*. Os corpos de prova após o ensaio apresentaram alteração na coloração e superfície mais macia.

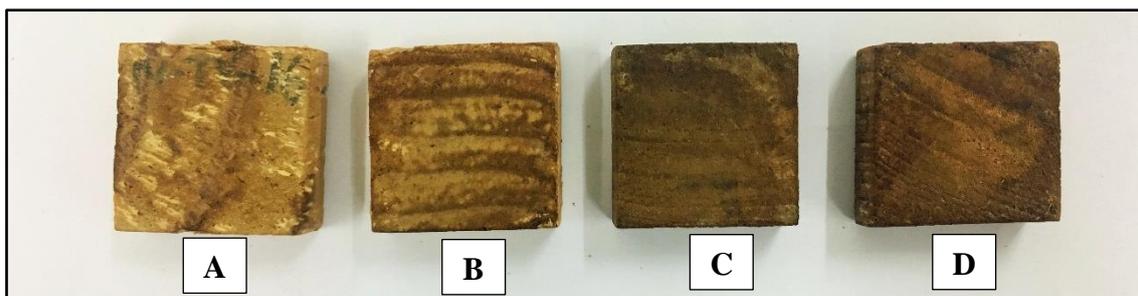


Figura 17. Corpo de prova da madeira de *Pinus* sp. sem tratamento (A), tratado com solvente etanol (B), tratado com extrato bruto da folha de teca (C) e extrato vegetal comercial (D) após o ensaio de laboratório, frente ao ataque do fungo *Trametes versicolor*. Foto: Autor, 2019.

6.3.2 *Gloeophyllum trabeum* (Pers.) Murrill

Os resultados da perda de massa e as respectivas classes de resistência dos quatro tratamentos submetidos ao ataque do fungo *Gloeophyllum trabeum* são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7. Valores médios de perda de massa e classe de resistência para as amostras da madeira de *Pinus* sp. submetidas ao ataque do fungo *Gloeophyllum trabeum*.

	Tratamentos	<i>Gloeophyllum trabeum</i>	
		Perda de massa (%)	Classe de resistência*
T1	Sem tratamento	55,38 ^a	Não resistente
T2	Etanol	45,53 ^b	Não resistente
T3	Extrato bruto folha de teca	38,22 ^c	Moderadamente Resistente
T4	Extrato vegetal comercial	35,89 ^c	Moderadamente resistente

Letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de teste de Tukey ao nível se 5% de significância; (*) conforme estabelecido pela norma ASTM D 2017 (2005).

Para o fungo *Gloeophyllum trabeum* foi observado diferença significativa para perda de massa entre as amostras sem tratamento (55,38%) e das tratadas com o solvente etanol (45,53%), apesar de diferirem estatisticamente entre si, sugere que o solvente utilizado para extração não possui compostos capazes de inibir efetivamente o crescimento do fungo na madeira de *Pinus* sp., sendo o tratamento classificado como não resistente.

As classes de resistência dos tratamentos não foram as mesmas em comparação à observada para o fungo de podridão branca (tabela 6). As amostras sem tratamento foram classificadas como não resistentes, enquanto as tratadas com o extrato bruto da folha de teca e com o extrato vegetal comercial, foram classificadas como moderadamente resistentes (ASTM D 2017, 2005).

O tratamento com o extrato bruto da folha de teca apresentou uma menor perda de massa (38,22%) em comparação com as amostras sem tratamento e tratadas com o solvente, mostrando um ganho de resistência de 30,98%. Brocco (2014) trabalhando com extrativos do cerne de teca impregnados em madeira de *Pinus* sp., também observou ganho na resistência, com valor de 68,43% das amostras tratadas submetidas ao ataque do fungo *Gloeophyllum trabeum*.

Não foi observado diferença significativa entre o extrato da folha de teca (38,22%) e o extrato vegetal comercial (35,89%). Brand et al. (2006) enfatizam que certos compostos quando utilizados separadamente alteram pouco a resistência da madeira, porém quando combinados com compostos mais ativos podem potencializar o ganho de resistência da amostra tratada.

A redução da perda de massa das amostras de *Pinus* sp. submetidos ao ataque do fungo *Gloeophyllum trabeum*, para o extrato da folha da folha de teca e extrato vegetal foram de 30,99% e 35,19% respectivamente, valores inferiores em comparação à redução da perda de massa das amostras tratadas com o fungo *Trametes versicolor*, os quais podem ser atribuídos a preferência deste fungo por madeiras de coníferas.

A Figura 18 apresenta o aspecto visual das amostras de *Pinus* sp. após o encerramento do experimento. É possível observar nas amostras um aspecto quebradiço, pequenas fissuras e alteração na coloração, características comuns de madeiras expostas ao fungo *Gloeophyllum trabeum*.

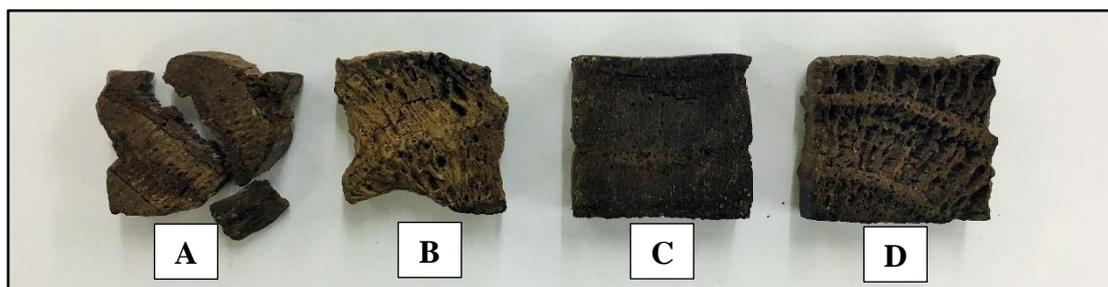


Figura 18. Corpo de prova de madeira de *Pinus* sp. sem tratamento (A), tratado com solvente etanol (B), tratado com extrato bruto da folha de teca (C) e extrato vegetal (D) após o ensaio de laboratório, frente ao ataque do fungo *Gloeophyllum trabeum*. Foto: Autor, 2019.

De maneira geral, notou-se, um aumento na resistência das amostras de *Pinus* sp. tratadas com extrato bruto da folha de teca, submetidas ao ataque dos fungos *Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum* quando comparadas com as amostras sem tratamento e tratadas com solvente etanol. Os extratos vegetais são uma alternativa para o uso de produtos “ecologicamente amigáveis” para as indústrias de tratamento de madeira, de

forma a elevar a durabilidade de madeiras susceptíveis ao ataque de organismos xilófagos (ASAMOA et al., 2011; KIRKER et al., 2013; SYOFUNA et al., 2012).

Foi possível observar durante o tratamento das amostras que a metodologia utilizada proporcionou uma impregnação superficial das amostras, fator que pode ter influenciado para um melhor desempenho dos produtos utilizados durante o ensaio acelerado de laboratório.

6.3. Análise Colorimétrica Após o Tratamento

Os parâmetros colorimétricos foram obtidos na seção tangencial das amostras de madeira de *Pinus* sp.. Na Tabela 8 são apresentados os parâmetros colorimétricos da madeira de *Pinus* sp. sem tratamento e após os diferentes tratamentos, com as variações em relação a amostra controle (ΔL^* , Δa^* , Δb^* , ΔE^*).

Tabela 8. Valores das coordenadas colorimétricas e alterações provocadas pelos tratamentos de madeira de *Pinus* sp. em relação a amostra sem tratamento

	Tratamentos	L*	ΔL^*	a*	Δa^*	b*	Δb^*	ΔE^*
T1	Sem tratamento	72,24 ^a	-	8,71 ^a	-	30,19 ^a	-	-
T2	Etanol	64,40 ^b	-7,84	11,79 ^b	3,08	33,33 ^b	3,14	8,98 ^a
T3	Extrato da folha de teca	34,12 ^c	-38,12	9,58 ^a	0,87	16,43 ^c	-13,76	40,53 ^b
T4	Extrato vegetal	36,32 ^c	-35,92	17,07 ^c	8,36	21,02 ^d	-9,17	38,00 ^b

Letras iguais nas colunas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

L* - Claridade; a* e b* - Coordenadas cromáticas.

ΔL^* , Δa^* e Δb^* : variação das coordenadas cromáticas (amostra tratada menos a testemunha).

ΔE^* : variação total da cor da madeira após os tratamentos;

Após o tratamento com o extrato bruto da folha de teca e com o extrato vegetal comercial, as amostras apresentaram alterações na coloração em comparação com as amostras sem tratamento. A análise de variância indicou diferença significativa para os valores das coordenadas L*, a*, b*, e para a variação total da cor das amostras (ΔE^*).

Os resultados mostraram que para os tratamentos com extrato bruto da folha de teca (T3) e com extrato vegetal comercial (T4), houve uma redução da coordenada L* (claridade), diferindo estatisticamente da amostra sem tratamento, a qual passou de 72,24 (T1) para 34,12 com extrato da folha (T3) e 36,32 para o extrato vegetal comercial (T4), apresentando uma coloração mais escura após o tratamento.

Brocco (2014) encontrou uma redução dessa coordenada (L*) de 83,87 para 60,41 após o tratamento da madeira de *Pinus* sp. com extrativos provenientes do cerne da

madeira de teca, provocando um escurecimento das amostras, Lopes et al. (2014), encontraram uma redução da coordenada L^* para madeira de alburno de teca tratada termicamente de 68,01 para 23,36, resultados estes próximos aos efeitos obtidos após o tratamento realizado neste trabalho com o extrato da folha da mesma espécie.

Em estudo realizado por Garcia e Marinonio (2016), o cerne da madeira de teca com idade de 12 anos apresentou valor de L^* de 61,27, Mesquita et al. (2017), encontraram valor de L^* 56,97 para a mesma espécie com idade de 10 anos, valores superiores ao encontrado no presente trabalho, demonstrando que neste estudo os corpos de prova de *Pinus* sp. tratados com extrato da folha mostraram-se mais escuros que o alburno de teca. Na Figura 19 é possível visualizar a redução da coordenada L^* para as amostras tratadas em comparação com a testemunha.

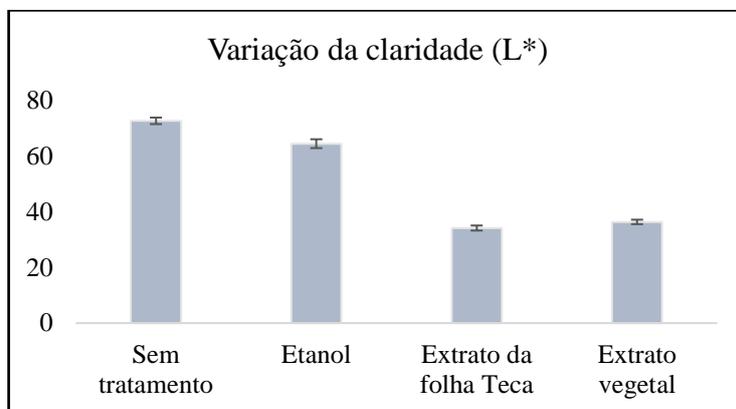


Figura 19. Variação da Claridade (L^*) das amostras da madeira de *Pinus* sp. em função dos tratamentos

Os tratamentos T3 ($\Delta L^* = -38,12$) e T4 ($\Delta L^* = -35,92$) foram capazes de provocar grande variação da claridade (ΔL^*) em comparação com as amostras tratadas com o solvente etanol T2 ($\Delta L^* = -7,84$). Brocco (2014) encontrou variação para madeira de *Pinus* sp. tratada com extrato do cerne de teca de ($\Delta L^* = -23,46$). Nota-se que, o extrato de diferentes partes da mesma espécie foram capazes de alterar a coloração da madeira de *Pinus* sp..

A pigmentação vermelha representada pela coordenada a^* apresentou um aumento mais expressivo após o tratamento com o produto à base de extrato vegetal comercial (17,07), diferindo do tratamento natural (8,71) e do tratamento com o extrato da folha (9,58). Provavelmente, devido os diferentes constituintes químicos presentes nestes compostos. Garcia e Marinonio (2016), encontraram valor de a^* de 9,52 para o cerne da madeira de teca com idade de 12 anos na seção tangencial, valor semelhante ao encontrado no presente trabalho ($a^* = 9,58$) para os corpos de prova tratados com extrato da folha avaliados na mesma seção, demonstrando que após o tratamento a madeira de

Pinus sp. escureceu e se aproximou da coordenada a^* do cerne da madeira de teca. A Figura 20 apresenta a variação do parâmetro colorimétrico a^* antes e após os tratamentos da madeira de *Pinus* sp.

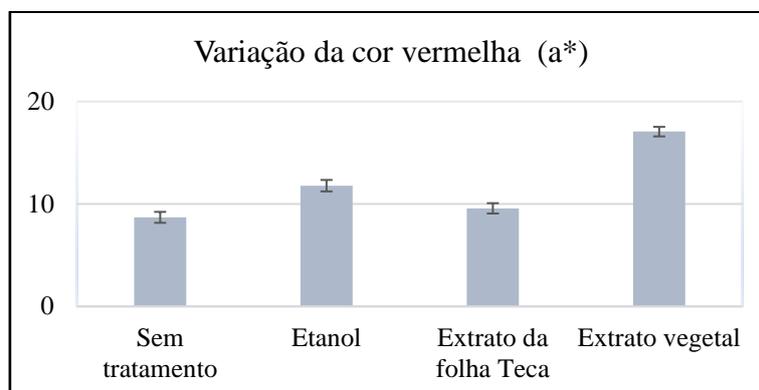


Figura 20. Variação da cor vermelha (a^*) das amostras da madeira de *Pinus* sp. em função dos tratamentos.

Os resultados mostraram que a variação da coordenada a^* após o tratamento com o extrato da folha não foi significativa em comparação com a amostra sem tratamento (Tabela 8). A partir desse resultado foi possível observar que, a principal variável responsável pela mudança de cor das amostras de *Pinus* sp. foi a diminuição da coordenada b^* (pigmentação amarela). Para essa coordenada as amostras sem tratamento apresentaram um valor de 30,19, após o tratamento com extrato bruto da folha de teca foi observada uma redução para 16,43, todos os tratamentos diferiram estatisticamente em relação às amostras sem tratamento.

Garcia e Marinono (2016), encontraram o valor de 25,94 para coordenada b^* estudando a madeira de cerne de teca de 12 anos, Mesquita et al (2017), encontraram valor de 25,76 para madeira da mesma espécie com idade de 10 anos, valores superiores ao encontrado neste estudo para madeira tratada com o extrato da folha. O valor encontrado após o tratamento resultou em uma coloração mais escura das amostras de *Pinus* sp. após o tratamento T3 e T4.

A Figura 21 apresenta a variação do parâmetro colorimétrico b^* antes e após os tratamentos da madeira de *Pinus* sp. Dado que está de acordo com o da tabela 7.

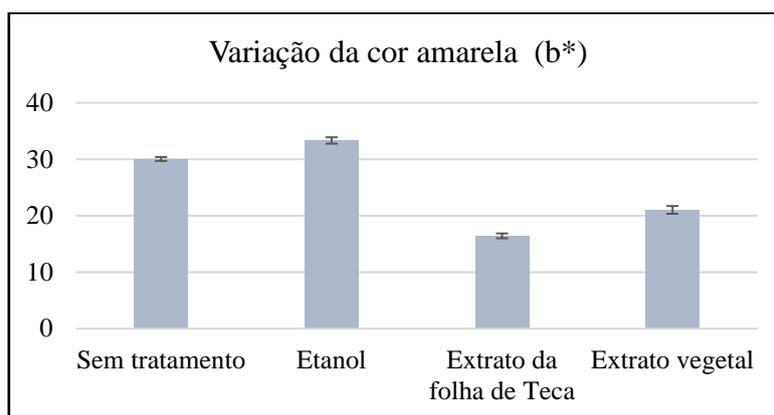


Figura 21. Variação da cor amarela (b*) das amostras da madeira de *Pinus* sp. em função dos tratamentos.

Considerando a variação total dos tratamentos em relação a amostra sem tratamento, as variações dos tratamentos extrato da folha ($\Delta E^* = 40,53$) e de extrato vegetal comercial ($\Delta E^* = 38,00$) diferiram em relação ao tratamento com o solvente etanol ($\Delta E^* = 8,98$), o que indica uma mudança acentuada da cor da madeira de *Pinus* sp. Os compostos químicos dos extrativos presentes na folha da espécie em estudo, possivelmente contribuíram para o escurecimento das amostras após o tratamento.

De acordo com Hikita et al. (2001), todos os tratamentos foram classificados na categoria “muito apreciável”, indicando que os mesmos alteraram a cor original da madeira de *Pinus* sp., onde a maior alteração ocorreu para os tratamentos com extrato bruto da folha de teca e com o produto comercial à base de extrato vegetal. A Figura 22 apresenta a amostra sem tratamento e após os respectivos tratamentos.

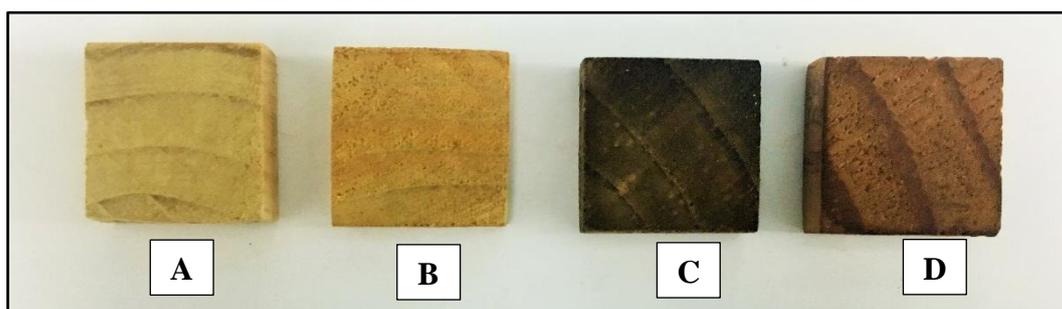


Figura 22. Corpo de prova de madeira de *Pinus* sp. sem tratamento (A), tratado com solvente etanol (B), tratado com extrato bruto da folha de teca (C) e extrato vegetal (D). Foto: Autor, 2019.

Os resultados obtidos para as coordenadas colorimétricas L^* a^* e b^* , mostraram que o tratamento com extrato da folha foi capaz de alterar a cor da madeira de *Pinus* sp.. De acordo com Fathinatullabibah (2014), as folhas de teca são usadas como corantes naturais, contendo pigmentos de antocianina que podem dar coloração azul, roxo, violeta,

magenta, vermelho e laranja. Segundo Pratama (2013), o pigmento é o responsável pela coloração de folhas, flores e frutos, sendo parte dos compostos fenólicos.

De acordo com Gomes (2011), devido a sua grande área foliar, verifica-se em campo que as folhas de teca liberam substâncias de coloração avermelhada, substâncias que poderiam ser utilizadas como corantes naturais. Conforme se observou no presente trabalho, o tratamento com o extrato da folha nas amostras de *Pinus* sp. permitiu uma mudança na coloração natural da madeira, sendo a cor um fator importante para a aceitação de determinado produto.

7. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O teste de difusão em placas de Petri permitiu avaliar o efeito inibitório do extrato bruto da folha de teca para os quatro fungos apodrecedores, sendo variada a inibição do extrato para cada fungo. Pode-se inferir que o extrato possui potencial de inibição, agindo de forma distinta para cada tipo de fungo estudado.

O extrato bruto da folha de teca promoveu ganho de resistência das amostras tratadas de *Pinus* sp., frente ao ataque dos fungos *Trametes versicolor* e *Gloeophyllum trabeum* em ensaio acelerado de laboratório. O extrato obtido da folha pode ser uma alternativa para proteção de madeiras menos duráveis.

O tratamento com o extrato da folha alterou de forma significativa a cor da madeira de *Pinus* sp. promovendo o escurecimento.

O presente trabalho estimula a continuidade de estudos com os extratos da folha de *Tectona grandis*. Recomenda-se realizar coletas em diferentes épocas do ano com a finalidade de avaliar o efeito de inibição, identificar quimicamente os compostos bioativos responsáveis pela atividade antifúngica, adotar outras metodologias para impregnação dos corpos de prova e verificar a viabilidade técnica e econômica do extrato bruto da folha em nível comercial.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS - ASTM D 2017-05. Standard Test Method of Accelerated Laboratory Test of Natural Decay Resistance of Woods West Conshohocken, 2005.

ABRAF- Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas. ABRAF. Anuário Estatístico ABRAF 2013. Brasília. 2013. 148 p.

ADEGEYE, A. O.; OGUNSANWO, O. Y.; OLAJUYIGBE, S. O. Antifungal Activities of Heart Wood Extract (HWE) of teak *Tectona grandis* Against Two White Rots in Woods of *Gmelina arborea* and *Triplochiton scleroxylon*. **Academic Journal of Plant Sciences**, v. 2, n. 4, p. 279-285, 2009.

ARIF, T.; MANDAL, T. K.; DABUR, R. Natural products: Anti-fungal agents derived from plants. **ResearchGate**, v. 661, n. 2, p. 283–311, 2011.

ASTITI, N. P. A.; SUPRAPTA, D. N. Antifungal activity of teak (*Tectona grandis* L.f) leaf extract against arthrinium phaeospermum (Corda) m.b. ellis, the cause of wood decay on *albizia falcataria* (L.) fosberg. **Journal of the International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences**, v. 18, n. 1, p. 62–69, 2012.

ASTITI, N. P. A. Efektivitas ekstrak daun jati (*Tectona grandis* L.f) dalam menghambat pertumbuhan jamur *Hormiscium* Sp. **Jurnal Bumi Lestari**. v.15, n. 1, p. 66-70, 2015.

ASAMOAH, A.; FRIMPONG-MENSAH, K.; ANTWI-BOASIAKO, C. Efficacy of *Tectona grandis* (teak) and *Distemonanthus benthamianus* (Bonsamdua) water extractives on the durability of five selected ghanaiian less used timber species. **Pakistan Journal of Chemistry**, v. 1, n. 1, p. 28-31, 2011.

AZAMBUJA, W. Métodos de extração de óleos essenciais, 2012. Disponível em: <http://www.oleosessenciais.org/metodos-de-extracao-de-oleos-essenciais/>. Acesso em 15 de junho de 2019.

AZEVEDO, D. DE A. **Cogumelos: um guia prático**. São Paulo: Nobel, 1999.

AULUNG, A.; PRYAMBODO, R.; ASTARI, R. P. Daya hambat ekstrak daun Jati (*Tectona grandis* L.f) terhadap pertumbuhan *Candida albicans*. **Majalah Kedokteran**, v. 32, n. 1, 2016.

BATISTA, A. C. Mapas de risco: uma alternativa para o planejamento de controle de incêndios florestais. **Floresta, Curitiba**, v. 30, n. 1/2, p. 45-54, 2000.

BAPTISTA, I. A. M. **Caracterização da casca de teca (*Tectona grandis* L.f) como potencial fonte de produtos de valor acrescentado**. 2015. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal e dos Recursos Naturais) - Universidade de Lisboa. Lisboa-POR.

BARBOSA, A. P.; NASCIMENTO, C. S.; MORAIS, J. W. Estudos de propriedades antitermíticas de extratos brutos de madeira e casca de espécies florestais da Amazônia

Central, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 37, n. 2, p. 213–218, 2007.

BURGER, L. M.; RICHTER, H. G. **Anatomia da madeira**. São Paulo: Nobel, 1991. p. 115-138.

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.

BROCCO, V. F. **Extratos de resíduos industriais da madeira de teca para proteção da madeira a organismos xilófagos**. 2019. 91f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES.

BROCCO, V. F. **Potencialidades dos extrativos do cerne da madeira de teca como preservativo natural e sua influência na cor de madeiras claras**. 2014. 87f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES.

BROCCO, V. F. et al. Potential of teak heartwood extracts as a natural wood preservative. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, n. October, p. 2093–2099, 2017.

CABRERA, R. R.; LELIS, A. T.; FILHO, E. B. Ação de extratos das madeiras de ipê (*Tabebuia* sp., Bignoniaceae) e de Itaúba (*Mezilaurus* sp., Lauraceae) sobre o cumpim-de-madeira-seca *Cryptotermes brevis* (Isoptera, Kalotermitidae). **Arq. Inst. Biol.**, v.68, n.1, p.103-106, 2001.

CALDEIRA, B. R. P. P. **Caracterização das propriedades físico-mecânicas e determinação da percentagem de cerne da madeira de *Tectona grandis***. Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 2004. 84 p.

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

CHAGAS, S. F.; EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. C.; CARVALHO, A. M. M. L. Propriedades da madeira de teca de diferentes idades e oriundas de desbaste. **Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 5, n.2, p.138-150, 2014.

CHAMPAGNE, D. E.; KOUL, O.; ISMAN, M. B.; SCUDDER, G. G. E.; TOWERS, G. H. N. Biological activity of limonoids from the Rutales. **Phytochemistry**, v. 31, n.2, p 377-394, 1992.

CATIE - Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Silvicultura de espécie promisorias para produção de lenha em América Central: resultados de cinco anos de investigação. Turrialba: CATIE, 1986. 228p.

CAMARGOS, J. A. A. **Colorimetria Quantitativa Aplicada na Elaboração de uma Tabela de Cores para Madeiras Tropicais**. 1999. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal). Universidade de Brasília. Brasília.

CAVALCANTE, M. S. Deterioração biológica e preservação de madeiras. São Paulo: IPT, 1982. 40p.

CELOTO, M. I. B.; PAPA, M. F. S.; SACRAMENTO, L. V. S.; CELOTO, F. J. Atividade antifúngica de extratos de plantas a *Colletotrichum gloeosporioides*. **Maringá**, v. 30, n. 1, p. 1-5, 2008.

CECHINEL FILHO, V.; YUNES, R. A. Estratégias para a obtenção de compostos farmacologicamente ativos a partir de plantas medicinais. Conceitos sobre modificação estrutural para otimização da atividade. **Química Nova**, v. 21, n. 1, p. 99–105, 1998.

CORASSA, J. N.; PIRES, E. M.; NETO, V. R. A; TARIGA, T. C. Térmitas associados à degradação de cinco espécies florestais em campo de apodrecimento. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 1, p. 78-84, 2014.

COSTA, R. B. da. **Métodos de seleção, interação genótipo x ambiente e ganho genético para o melhoramento de seringueira no Estado de São Paulo**. 1999. 145f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

COSTA, R. B; RESENDE, M. D. V. de; SILVA, V. S. de M. e. Experimentação e seleção no melhoramento genético de teca (*Tectona grandis* L.f.). **Floresta e Ambiente**, v. 14, n. 1, p. 76–92, 2007.

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

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

COWAN, M. M. Plant products as antimicrobial agents. **Clinical Microbiology Reviews**, Washington, US, v. 12, n. 4, p. 564–58, 1999.

CLAUSEN, C. A.; KARTAL, S. N. Accelerated detection of brown-rot decay: Comparison of soil block test, chemical analysis, mechanical properties, and immunodetection. **Forest Products Journal**, v. 53, n. 11–12, p. 90–94, 2003.

CUI, T.; CHISTI, Y. Polysaccharopeptides of *Coriolus versicolor*: physiological activity, uses, and production. **Biotechnology Advances**, v. 21, n. 2, p. 109-122, 2003.

CHENG, S. S.; LIN, C. Y.; CHANG, S. T. Antifungal activities and chemical composition of wood and leaf essential oils from *cunninghamia konishii*. **Journal of Wood Chemistry and Technology**, v. 31, n. 3, p. 204–217, 2011.

CRUZ, N. D.; GATTO, D. A.; GUERREIRO, L; SCHULZ, H. Extração de óleos essenciais das folhas de *Eucalyptus* spp. In: III Congresso Brasileiro de Ciência e Tecnologia da Madeira, 2017. Florianópolis, **Anais...**Florianópolis: 2017.

DAS, K.; TIWARI, R.K.S.; SHRIVASTAVA, D.K. Techniques for evaluation of medicinal plant products as antimicrobial agent: current methods and future trend. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 4, n. 2. p. 104-111. 2010.

DAVICINO, R. M. A.; MATTAR, Y.A. CASALI, S.; GRACIELA, E.; MARGARITA. B. Antifungal activity of plant extracts used in folk medicine in argentina. **Revista peruana de biología**, v. 14, p. 247-251. 2007.

DA SILVEIRA, M. F. **Influência de metabólitos secundários de madeiras da caatinga na resistência ao ataque de fungos apodrecedores**. 2018. 82f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília.

ESPOSITO, E. INNOCENTINI-MEI, L. H., FERRAZ, A., CANHOS, V. P.; DURAN, N. Phenoloxidases and hydrolases from *Pycnoporus sanguineus* (EUC-2050 strain): applications. **Journal of Biotechnology**, v. 29: 219 – 228, 1993.

FATHINATULLABIBAH, K. Stabilitas Antosianin Ekstrak Daun Jati (*Tectona grandis*) terhadap Perlakuan pH dan Suhu. **Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan**, v. 3, n.2, p. 60-63 2014.

FABROWSKI, F. J. **Caracterização de *Eucalyptus smithii* R.T. Baker (Myrtaceae) como espécie produtora de óleo essencial em Colombo-PR**. 2002. 225f. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) -Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR.

FERREIRA, K. A. C; MENDOZA, Z. M. S. H; RIBEIRO, E. S; BATISTA, B. M. F; SILVA, J. C. Análise dos compostos acidentais na madeira de *Tectona grandis* L. F. **Biodiversidade**, v.14, n.1, p.105, 2015.

FIRST-NATURE. < <https://www.first-nature.com/fungi/postia-placenta.php>>. Acesso em: 14 jan. 2020.

FIGUEIREDO, E. O.; OLIVEIRA, A. D. de; BARBOSA, L. K. F. **Teca (*Tectona grandis* L.f.): principais perguntas do futuro empreendedor florestal**. Rio Branco: Embrapa Acre, 2005. 87 p. (Embrapa Acre. Documentos, 97).

FILDZA H. F; RINDYA M. A; MASFIYAH², RINA W. Uji aktivitas ekstrak etanolik daun jati (*Tectona grandis* L. f.) dalam menghambat pertumbuhan bakteri secara invitro. **Media Farmasi Indonésia**, v.12, n.1. 2012.

FREIESLEBEN, S. H.; JAGER, A. K. Correlation between plant secondary metabolites and their antifungal mechanisms—A review. **Medicinal & Aromatic Plants**, v. 03, n. 02, 2014.

GARCIA, R. A; MARINONIO, G. B. Variação da cor da madeira de teca em função da densidade e do teor de extrativos. **Floresta e Ambiente**, v. 23, n. 1, p.124-134, 2016.

GALVÃO, A. P. M.; MAGALHAES, W. L. E.; MATTOS, P. P. **Processos práticos para preservar a madeira**. Colombo: Embrapa Florestais, 2004. 49p.

GERALDO, F. C. Aspectos tecnológicos e econômicos da preservação de madeiras. In: II Congresso ibero-americano de pesquisa e desenvolvimento de produtos florestais, 2002. Curitiba. **Anais...** Curitiba: 2002.

GHAREEB, M. A.; SHOEB, H. A.; MADKOUR, H. M. F.; REFAEY, L. A. G.; MOHAMED, M. A. M.; SAAD, A. M. Antioxidant and cytotoxic activities of *Tectona grandis* linn. leaves. **International Journal of Phytopharmacology**, v. 5, n. 2, p. 143-157. 2014.

GIBAJA, S. **Pigmentos naturales quinónicos**. 1 ed. Lima, UNMSM, Fondo editorial, 277 p. 1998.

GONÇALEZ, J.C. Caracterisation technologique de quatre especes peu connues de la forêt Amazonienne: anatomie. chimie. couleur. propriétés physiques et mécaniques. Nancy. 1993. 445 f. **Thèse** (Doctorat en Sciences Forestières) - Ecole Nationale du Génie Rural. des Eaux et des Forêts. Nancy. France. 1993.

GONÇALEZ, J. C.; MACEDO, D. G. **Colorimetria Aplicada a Madeira de Eucalipto**. II MADETEC. **Anais...**Belo Horizonte-MG, 2003.

GOBBO-NETO, L.; LOPES, N. P. Plantas medicinais: Fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374–381, 2007.

GOMES, I. M. S.; SANTOS JUNIOR, W. R.; ARRUDA, A. S. Análise de soluções para extração de corante de folhas da teca em diferentes estágios de desenvolvimento. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 12, p. 1–18, 2011.

GOHAIN, M. LASKAR, K. PHUKON, H. BORA, U. KALITA, D. DEKA, D. Towards sustainable biodiesel and chemical production: Multifunctional use of heterogeneous catalyst from littered *Tectona grandis* leaves. **Waste Management**, v.102, n.1, p.212-221, 2020.

GONZAGA, A. L. **Madeira: uso e conservação**. Brasília, DF: IPHAN / MONUMENTA. 246 p., 2006.

GOSWAMI D. V., PATIL M. J., MODI A., TIWARI R. Pharmacognostic and phytochemical investigation of stem bark of *Tectona grandis* Linn. **International Journal of Pharma and Bio Sciences**, v. 1, n. 2, p. 1–8, 2010.

GRYCZKA, M. **Mushroom Observer**. Disponível em: <http://mushroomobserver.org/name/show_name_description/641?_js=on&_new=true>. Acesso em: 30 set. 2019.

HASHEMI, H. S. K.; LATIBARI, J. A. Evaluation and identification of walnut heartwood extractives for protection of poplar wood. **BioResources**, v. 6, n.1, p. 59-69, 2011.

HADACEK, F. Secondary metabolites as plant traits: current assessment and future perspectives. **Crit. Rev. Plant Sciences**, v. 21, p. 273-322. 2002.

HANSON JR. Natural products: the secondary metabolites. Ed. Cambridge: **Royal Society of Chemistry**, v. 17. 2003.

HIKITA, Y.; TOYODA, T.; AZUMA, M. **Weathering testing of timber: discoloration.** In: **IMAMURA, Y. High performance utilization of wood for outdoor uses.** Kyoto: Press-Net, 2001.

HUNT, G.M.; GARRAT, G. A. **Wood preservation.** 3. ed. New York: Mc Graw – Hill, 1967. 433p.

IPEF, INSTITUTO DE PESQUISA E ESTUDOS FLORESTAIS. *Tectona grandis* (teca). 2003. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/tectona.grandis.asp>>. Acesso: 12 junho 2018.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. Brasília: Studio 113. 80 p. Disponível em: <https://www.iba.org/datafiles/publicacoes/pdf/iba-relatorioanual2019.pdf> Acesso em 10 de maio de 2020.

IBM Corp. Released 2012. **IBM SPSS Statistics for Windows**, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.

IBACH, R. E. Biological properties. In: ROWELL, R. M. Wood chemistry and wood composites. **Boca Raton: CRC Press**, v.5, p. 99-120, 2005.

KAZEMI, S.M., A. HOSINZADEH AND M.B. REZAI, 2006. The effect of woody and non-woody plants extractives on microbial resistance of non-durable species. The International Research Group On Wood Preservation, Doc. No. IRG/WP06-20392. (Paper for the 37th Annual Meeting, Tromso, Norway, 18-22, June, 2006).

KRISHNA, M. S.; NAIR, J. Antibacterial, cytotoxic and antioxidant potential of different extracts from leaf, bark and wood of *Tectona grandis*. **International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research**, v. 2, n. 2, p. 155–158, 2010.

KONICA MINOLTA. **Comunicação precisa da cor.** Sakai; 1998.

KIRKER, G.T.; BLODGETT, A. B.; ARANGO, R. A.; LEBOW, P. K.; CLAUSEN, C. A. The role of extractives in naturally durable wood species. **International Biodeterioration & Biodegradation**. v. 82, p. 53-58, 2013.

LACRET, R.; VARELA R. M.; MOLINILLO, J. M.; NOGUEIRAS, C.; MACÍAS, F. A. Anthractone and naphthotectone, two quinones from bioactive extracts of *Tectona grandis*. **Int J Ayurveda Res**, v. 1, n. 4, p. 211-215, 2010.

LANKA, S.; PARIMALA. **Antimicrobial activities of *Tectona grandis* leaf and bark extracts.** **European journal of pharmaceutical and medical research.** v.4, n.12, p. 245-248. 2017.

- LEITE, H. G.; OLIVEIRA-NETO, R. R.; MONTE, M. A.; LEONARDO FARDIN, F.; ALCANTARA, A. M.; BINOTI, M. L. M. S.; CASTRO, R. V. O. Modelo de afilamento de cerne de *Tectona grandis* L.f. **Scientia Forestalis/Forest Sciences**, v. 39, n. 89, p. 53–59, 2011.
- LELIS, A. T.; BRAZOLIN, S.; FERNANDES, J. L. G.; LOPEZ, G. A. C.; MONTEIRO, M. B. B.; ZENID, G. J. (2001). Biodeterioração de madeiras em edificações. ISBN 85-09-00115- 4. IPT, Instituto de Pesquisas Tecnológicas. São Paulo.
- LEPAGE, E. S. Química da madeira. In: LEPAGE, E. S. (Ed.). Manual de preservação de madeiras Vol.1. São Paulo: IPT, 1986. p. 69–97.
- LEBOW, S. T. Wood preservation. In: **Wood handbook: wood as an engineering material**. Wisconsin: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory,. v. 15, p.1-44. 2010.
- LEVY, J. S. Fundamental recorde in wood preservation (Lectures deliveed to the thirty-sixth session of the Timber Comunitte). 1979.
- LING, Z.; WANG, S.; ZHU, M.; NING, Y.; WANG, S.; LI, B.; YANG, A.; ZHANG, G.; ZHAO, X. An extracellular laccase with potent dye decolorizing ability from white rot fungus *Trametes* sp. LAC-01. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 81, p. 785–793, 2015.
- LOPES, J. O; APARECIDA GARCIA, R. A; LATORRACA, J. V. F; NASCIMENTO, A. M. Alteração da cor da madeira de teca por tratamento térmico. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 4, p. 521-534, 2014.
- LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; BACHER, L. B.; TORRES, M. A. V. **Árvores exóticas no Brasil: madeiras, ornamentais e aromáticas**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, 2003. 382p.
- LUKMANDARU, G.; TAKAHASHI, K. Variation in the natural termite resistance of teak (*Tectona grandis* Linn. fil.) wood as a function of tree age. **Annals of Forest Science**, Les Ulis, v. 65, n. 7, p. 708-716, 2008.
- MACEDO, J. M; SOUZA, L. G. P; VALENZUELA, V. C. T; OLIVEIRA, A. B; CASTILHO, R. O; JÁCOME, R. L. R. P. Variação sazonal nos teores de flavonoides, taninos e atividade antioxidante de *Davilla rugosa* Poir. **Rev Ciênc Farm Básica Apl**, v. 34, n. 4, p.585-590, 2013.
- MADY, F. T. M. **Conhecendo a madeira: informações sobre 90 espécies comerciais**. Manaus: Sebrae, 2000.
- MACHADO, G. O.; CALIL JUNIOR, C.; POLITO, W.; PAWLICKA, A. Preservante natural de madeira para uso na construção civil-óleo de neem. **Minerva**, v. 3, n. 1, p. 8, 2006.
- MARGULIS, L; SCHWARTZ, V. K. Cinco Reinos: um guia ilustrado dos filós da vida na terra. 3ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009.

MAJUMDAR, M. Evaluation of *Tectona grandis* leaves for wound healing activity. 2005. 87p. **Dissertation (Master em Pharmacy in Pharmacology)** - University of Health Sciences Karnataka, Bangalore, 2005.

MALDONADO, G.; LOUPPE, D. Les plantations villageoises de teck en Côte d'Ivoire. **Bois et Forêts des Tropiques**, n. 262, p. 9-30, 1999.

MEDEIROS, F. C. M.; GOUVEIA, F. N.; BIZZO, H. R.; VIEIRA, R. F.; DEL MENEZZI, C. H. S. Fungicidal activity of essential oils from Brazilian Cerrado species against wood decay fungi. **International Biodeterioration and Biodegradation**, v. 114, p. 87-93, 2016.

MENDES, A. S.; ALVES, M. V. S. **A degradação da madeira e sua preservação**. Brasília, IBDF/DPq – LPF, 1988. 58p.

MESQUITA, R. R. S; GONÇALEZ, J.C; PAULA, M. H. Comportamento da madeira de *Tectona grandis* frente ao intemperismo. **Floresta**, v. 47, n. 1, p. 29 - 35, 2017.

MITRA NATURE <http://www.mitra-nature.uevora.pt/Especies-e-habitats/Fungos/Cogumelos/Basidiomycota/Polyporaceae/Trametes-versicolor>. Acesso em: 10 de maio de 2020.

MOTTA, J. P.; OLIVEIRA, J. T. S.; PAES, J. B.; ALVES, R. C.; VIDAURRE, G. B. Resistência natural da madeira de *Tectona grandis* em ensaio de laboratório. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.43, n.8, p. 1393-1398, 2013.

MONTANA QUÍMICA S. A. São Paulo: **Biodeterioração e preservação de madeiras**, 1991. 75 p.

MOREIRA, R. Y. O.; ARRUDA, M. S. P.; ARRUDA, A. C.; SANTOS, L. S.; MÜLLER, A. H.; GUILHON, G. M. S. P.; SANTOS, A. S.; TEREZO, E. Antraquinonas e naftoquinonas do caule de um espécime de reflorestamento de *Tectona grandis* (Verbenaceae). **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 16, n. 3, p. 392-396, 2006.

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

MONTELLANO, O. B.; Science. 188, 215. 1975.

MÖTTÖNEN, K.; ALVILA, L.; PAKKANEN, T. CIELab measurements to determine the role of felling season, log storage and kiln drying on coloration of silver Birch wood. **Scandinavian Journal Forest Research**, Kalmar, v. 17, p. 179-191, 2002.

MORI, C. L. S. O. de; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; TRUGILHO, P. F.; GONÇALEZ, J. C. Caracterização da cor da madeira de clones de híbridos de *Eucalyptus* spp.. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 137-146, 2005.

NAYEEM, N.; KARVERKAR, MD. Anti microbial and anti-oxidant properties of the isolated compounds from the methanolic extract from the leaves of *Tectona grandis*. **Journal of Basic and Clinical Pharmacy**, v. 2, p.163-165, 2011.

NCUBE, N.S.; AFOLAYAN, A.J. & OKOH, A.I. 2008. Assessment techniques of antimicrobial properties of natural compounds of plant origin: Current methods and future trends. **African Journal of Biotechnology**, v. 7, n.12, p. 1797-1806. 2008.

NIDAVANI, R. B.; MAHALAKSHMI, A. M. Teak (*Tectona grandis* Linn.): renowned timber plant with potential medicinal values. **International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences**, v. 6, n.1, p. 48-54, 2014.

NISHINO, Y.; JANIN, G.; CHANSON, B.; DÉTIENNE, P.; GRIL, J.; THIBAUT, B. Colorimetry of wood specimens from French Guiana. **J Wood Sci**, v. 44, p. 3-8. 1998.

NISHINO, Y.; JANIN, G.; YAMADA, Y.; KITANO, D. Relations between the colorimetric values and densities of sapwood. **Journal of Wood Science, Kyoto**, v. 46, p. 267-272, 2000.

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

OLIVEIRA, A. M. F. et al. **Agentes destruidores da madeira**. In: LEPAGE, E. S. Manual de preservação de madeiras. São Paulo: IPT, v.1, p. 99-278. 1986.

PRATAMA, Y. **Pemanfaatan ekstrak daun jati (*Tectona grandis* linn. f.) sebagai indikator titrasi asam-basa**. 2013. 87f. Under Graduates thesis, Universitas Negeri Semarang. 2013.

PAES, J. B.; SOUZA, A. D.; LIMA, C. R.; NETO, P. N. M. Eficiência dos óleos de nim e mamona contra cupins xilófagos em ensaio de alimentação forçada. **Cerne**, v. 16, p. 105–113, 2010.

PELISSARI, A. L. **Silvicultura de precisão aplicada ao desenvolvimento de *Tectona grandis* L.f. na região Sul do estado de Mato Grosso**. 2012. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá - MT. 2012.

RAYNER, A. D. M.; BODDY, L. Fungal Decomposition of Wood – Its Biology and Ecology. **Great Britain: John Wiley e Sons**, 1988.

RIBERA, A. E.; ZUÑIGA, G. Induced plant secondary metabolites for phytopatogenic fungi control: a review. **Journal of Soil Science and Plant Nutrition**, v. 12, n. 124, p. 893–911, 2012.

RIBEIRO, P. G. **Utilização de técnicas não destrutivas para caracterização de madeiras de *Pinus caribaea* var. *hondurensis* e de *Eucalyptus grandis***. 2009. 114f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2009

ROSA, T. F. D. **Produção de serrapilheira, concentração e acúmulo de nutrientes em povoamentos de teca**. 2010. 57f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais).

Universidade de Mato Grosso, Cuiabá, 2010.

ROSYIDA, A. ACHADI, D. Penggunaan lembaran warna jati muda untuk kain cotton pada suhu kamar. **Arena Tekstil**, v. 29, n. 2, p.115-124. 2014.

RUDI, D.; BHAT, I. U. H.; ABDUL KHALIL, H.P.S., NAIF, A.; HERMAWAN, D. Evaluation of antitermitic activity of different extracts obtained from Indonesian teakwood (*Tectona grandis* L.f). **BioResources**, Raleigh, v. 7, n. 2, p. 1452-1461, 2012.

SGAI, R. D. **Fatores que afetam o tratamento para preservação de madeiras**. 2000. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2000.

SADAVA, D.; HELLER, C.; ORIAN, G. H.; PURVES, W. K.; HILLIS, D. M. **Vida: A Ciência da Biologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

SANTOS, J. C. H.; SABINO, M.; BORTOLINI, A. T. P.; SILVA, A. G. M. F.; NETO, A. P. M.; MENDES, B. R. S.; MATA, D. P.; ARAUJO, K. Z.; PIROLLA, M. L. Quantificação de material combustível na serapilheira de plantio de *Tectona grandis* Linn. F. **Scientific Electronic Archives**. Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 10 (2) April 2017.

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.

SINDICATO DAS INDÚSTRIAS DO VESTUÁRIO DO DISTRITO FEDERAL. <https://www.sindivestdf.org/single-post/2019/01/16/Conhe%C3%A7a-o-couro-vegano-feito-de-folhas-de-teca>. Acesso em: 30 de maio de 2019.

SILVEIRA, A. G. **Utilização do tanino como preservante natural da madeira de *Acacia mearnsii* e sua toxidez ao fungo apodrecedor *Pycnoporus sanguineus***. 2015. 92p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2015.

SILVA, J. P. A. G. **Especificações de tratamentos de preservação para elementos de madeira**. 2008. 146f. Dissertação (Mestrado). Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Porto, 2008.

SILVA, J. C.; LOPEZ, A. G. C.; OLIVEIRA, J.T. S. Influência da idade na resistência natural da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden ao ataque de cupim de madeira seca (*Cryptotermes brevis*). **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 583-587, 2004.

SILVA, E. P. **Potencial Inseticida de Extrativos de Três Espécies Vegetais da Amazônia em *Cryptotermes brevis* Walker, 1853 (Isoptera: Kalotermitidae)**. 2010. 63 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Instituto Nacional de pesquisas da Amazônia, Manaus-AM.

SOUZA, V. C.; LORENZI, H. **Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III**. Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum 3. Ed, 2012. p. 645-768.

SOUZA, A. V. S. B. **Otimização da produção de lacase pelo fungo *Trametes sp.* para a biorremediação de bisfenol a em meio aquoso.** 2017. 144p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente Urbano e Industrial). Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR.

SYOFUNA, A.; BANANA, A.Y.; NAKABONGE, G. Efficiency of natural wood extractives as wood preservatives against termite attack. **Maderas: Ciencia y Tecnología**, v.14, n. 2, p.155-163, 2012.

STUMPP, E.; RECH, V.; SATTler, M. A.; BARROS, N. M.; ABITANTE, A. L. Avaliação de sustentabilidade e eficácia de tratamentos preservantes naturais de madeiras de florestas plantadas no RS para o controle do cupim. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 2, p. 21-31, 2006.

TAYLOR, A. M; GARTNER, B.L E MORRELL, J. J. Heartwood Formation and natural durability - a review. **Wood and Fiber Science**, v. 34. n. 4, p. 587-611, 2002.

TEIXEIRA, D. E.; da COSTA, A. F; SANTANA, M. A. E. Aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar: resistência natural ao ataque de fungos apodrecedores. **Scientia Forestalis**, v. 52, p. 29-34, dez. 1997.

TEIXEIRA, J. G; JOÃO VICENTE DE FIGUEIREDO LATORRACA, J. V. F; TREVISAN, H; PAES, J. B. Eficiência do óleo de neem e dos resíduos de candeia sobre a inibição do desenvolvimento de fungos xilófagos. **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 106, p. 417-426, 2015.

TEIXEIRA, J. G. **Efeito preservativo de produtos químicos naturais e do tratamento térmico na biodeterioração da madeira de *Pinus caribaea* Morelet.** 2012. 58f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. 2012.

THACKER, J. R. M., BRYAN, W. J.; MCGINLEY, C.; HERITAGE, S.; STRANG, R.HC. Field and laboratory studies on the effects of neem (*Azadirachta indica*) oil on the feeding activity of the large pine weevil (*Hylobius abietis* L.) and implications for pest control in commercial conifer plantations. **Crop Protection**, v. 22, n. 5, p. 753 - 760, 2003.

UNANDER, D. W.; WEBSTER, G. L.; BLUMBERG, B. S.; J. Uso e bioensaios em *Phyllanthus* (Euphorbiaceae). IV Agrupamento de usos antivirais e outros efeitos. **J Ethnopharmacol**, v. 45, p. 1-18. 1995.

VIEIRA, R.F., BIZZO, H.R., DESCHAMPS, C. Genetic resources of aromatic plants from Brazil. *Isr. J. Plant Sciences*, V. 58, p. 263-271. 2010.

VYAS, P.; YADAV, D. K.; KHANDELWAL, P. *Tectona grandis* (teak) – A review on its phytochemical and therapeutic potential. **Natural Product Research**, 33:16, 2338-2354, 2019.

VIVIAN, M. A.; SANTINI, E. J; MODES, K. S.; MORAIS, W. W. C. Qualidade do tratamento preservativo em autoclave para a madeira de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 40, n. 96, p. 445-453, 2012.

VIEGAS JR, C. Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos. **Química Nova**, v. 26, n. 3, p. 390-400, 2003.

WANG, L., CHEN, S.S., TSANG, D.C.W., POON, C.-S., SHIH, K. Recycling contaminated wood into eco-friendly particleboard using green cement and carbon dioxide curing. **J. Clean. Prod**, v. 137, p.861-870, 2006.

ZABEL, R. A.; MORRELL, J. J. **Wood microbiology: decay and its preservation**. San Diego: Academic Press, 474p. 1992.

ZAMPIERI, L. A. **Bioxidação fúngica de valenceno a nootkatona, bioflavorizante de grapefruit**. 94f. Dissertação (Mestrado em Química Orgânica) - Setor de Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.