

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
CENTRO DE ESTUDOS SUPERIORES DE ITACOATIARA
CURSO DE ENGENHARIA FLORESTAL

ANTONY SOUZA MARTINS

EFEITO DO EXTRATO DA FIBRA DE PIAÇAVA (*Leopoldinia piassaba* Wallace), NA DURABILIDADE DA MADEIRA DE MARUPÁ (*Simarouba amara* Aubl.) CONTRA AÇÃO DE FUNGOS XILÓFAGOS

ITACOATIARA - AM

2023

ANTONY SOUZA MARTINS

EFEITO DO EXTRATO DA FIBRA DE PIAÇAVA (*Leopoldinia piassaba* Wallace), NA DURABILIDADE DA MADEIRA DE MARUPÁ (*Simarouba amara* Aubl.) CONTRA AÇÃO DE FUNGOS XILÓFAGOS

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Florestal do Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara, da Universidade do Estado do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo de Souza Mafra.

Coorientador: Prof. Dr. Victor Fassina Brocco.

ITACOATIARA - AM

2023

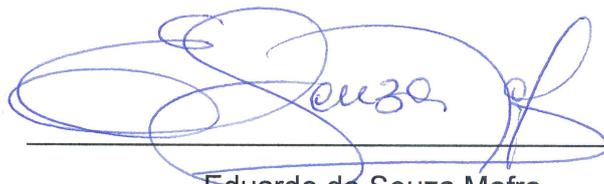
ANTONY SOUZA MARTINS

EFEITO DO EXTRATO DA FIBRA DE PIAÇAVA (*Leopoldinia piassaba* Wallace), NA DURABILIDADE DA MADEIRA DE MARUPÁ (*Simarouba amara* Aubl.), CONTRA AÇÃO DE FUNGOS XILÓFAGOS

Monografia apresentada ao curso de Engenharia Florestal do Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara, da Universidade do Estado do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal.

Aprovado em 23 de agosto de 2023

BANCA EXAMINADORA



Eduardo de Souza Mafra

Universidade do Estado do Amazonas – UEA

Orientador



Anízio Cavalcante de Araújo

Universidade do Estado do Amazonas



Laís Gonçalves da Costa Brocco

Membro externo

Dedico aos meus pais que sempre me incentivaram ao estudo e correr atrás dos meus objetivos. A minha mãe por todo amor e carinho. Ao meu pai, meu melhor exemplo de como ser pai. Aos gêmeos, que me inspiram a buscar o melhor a cada dia.

“É preciso ter um sonho pra se adaptar à realidade. E quanto menor é a adaptação à realidade, maior é a necessidade de persistir no sonho.”

Filipe Ret

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida e por sustentar-me com saúde e fé.

Aos meus pais, Arinaldo e Ana Antônia pelo amor, confiança, por todo suporte financeiro e pela presença em pessoa, sempre que possível.

Aos meus irmãos Arinaldo Jr, Domingos Eduardo, Alan, Ana Beatriz e Diana, por sempre acreditarem em mim.

As empresas Produtos Gigi pela doação da piaçava e moveis Santiago pela doação da madeira.

Ao professor Eduardo Mafra e ao professor Victor Brocco pela orientação na realização desta pesquisa.

A Marcelly Cristina, por todo apoio que muito contribuiu no desenvolvimento desta pesquisa.

A Karina Araújo e família por todos os momentos de felicidade abdicados.

A minha comadre Greicy Karen e família, em especial ao Jean Magno e as meninas: Yamilles, Vitoria e Vivian pelo carinho, amor e cuidado com os gêmeos Arthur e Laura, vocês foram indispensáveis durante este período em formação.

A meus amigos da turma 13 pelo tempo compartilhado durante este período em graduação e aos amigos que adquiri durante a graduação: Tiago Araújo, Tiago Silva, Rafael Pedreno e Valeska Farias.

A todos que de alguma forma contribuíram durante o período de graduação e para o desenvolvimento desta pesquisa, meus sinceros agradecimentos.

RESUMO

A madeira está deste sempre presente na vida das pessoas, sendo utilizada como matéria-prima para as mais diversas finalidades, isto devido às suas propriedades intrínsecas. Além disso, é um material renovável, o que a diferencia de outros materiais. Levando em consideração que a madeira pode ser deteriorada por agentes xilófagos, pesquisas usando extratos de plantas para desenvolver alternativas aos preservativos de madeira convencionais devem ser estudadas. Neste contexto, extratos vegetais combinados com solventes podem apresentar desempenho positivo contra a ação de organismos. O presente trabalho teve como objetivo avaliar a resistência da madeira de *Simarouba amara*, impregnada com extrativos da fibra de *Leopoldinia piassaba* e submetida aos fungos de podridão branca e podridão parda. Para tanto, foi realizada a caracterização da fibra quanto aos teores de umidade, extrativos, cinzas e lignina e a retenção das impregnações nas amostras de *S. amara*. Foi realizado um ensaio de inibição fúngica ao fungo *Gloeophyllum trabeum* e posteriormente o ensaio de resistência da madeira de *S. amara* tratada com os extratos aos fungos *Pycnoporus sanguineus* e *G. trabeum*. Observou-se que a fibra de *L. piassaba* possui alto teor de lignina (54,26%) e baixo teor de cinzas (0,54%). No teste de resistência, fungo *P. sanguineus*, nas concentrações de 2 e 4% apresentaram aumento na resistência da madeira. O tratamento de 4% diferiu significativamente do controle, apresentando tendência de inibição ao fungo *P. sanguineus*, no período de 6 semanas.

Palavras-Chave: Durabilidade natural. Biodeteriorização. Podridão parda. Podridão branca.

ABSTRAT

Wood has always been present in people's lives, being used as a raw material for the most diverse purposes, due to its intrinsic properties. In addition, it is a renewable material, which differentiates it from other materials. Taking into account that wood can be deteriorated by xylophagous agents, research using plant extracts to develop alternatives to conventional wood preservatives should be studied. In this context, plant extracts combined with solvents may have a positive performance against the action of organisms. This study aimed to evaluate the resistance of *Simarouba amara* wood, impregnated with extractives of *Leopolnidia piassaba* fiber and subjected to white rot and brown rot fungi. For this purpose, the characterization of the fiber was carried out in terms of moisture, extractive, ash and lignin contents and the retention of impregnations in the samples of *S. amara*. A fungal inhibition test was carried out against the fungus *Gloeophyllum trabeum* and later the resistance test of wood from *S. amara* treated with the extracts against the fungi *Pycnoporus sanguineus* and *G. trabeum*. It was observed that *L. piassaba* fiber has a high lignin content (54.26%) and low ash content (0.54%). In the resistance test, fungus *P. sanguineus*, at concentrations of 2 and 4%, showed an increase in wood resistance. The treatment of 4% differed significantly from the control, showing a tendency to inhibit the fungus *P. sanguineus*, in the period of 6 wee.

Keywords: Natural durability. Biodeterioration. Brown rot. White rot.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Quantidade e valor dos produtos da extração vegetal de fibras no Brasil.	17
Tabela 2: Média e desvio padrão dos teores de extrativos.....	36
Tabela 3: Constituintes químicos da fibra de piaçava.....	38
Tabela 4: Média da perda de massa (%)......	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Possibilidades de utilização das fibras de piaçava: a) vassouras, b) escovas, c) e d) artesanato, e) cobertura de habitações e áreas de lazer.	18
Figura 2: Material utilizado. a) Fibras de piaçava; b) Madeira de marupá; c) Espécies fúngicas.	20
Figura 3: Piaçava sendo pesada para a determinação do teor de umidade; a) Antes da secagem; b) Após a secagem.	21
Figura 4: Classificação do material; a) Conjunto de peneiras; b) Serragem de piaçava.	22
Figura 5: Material em extração; a) Cadinhos contendo a serragem; b) Conjunto de extração (extrator Soxhlet, corneta e balão).	22
Figura 6: Extração em água quente.	23
Figura 7: a) Filtração do material em extração; b) Bomba de vácuo.	24
Figura 8: Processo de extração a) Mesa agitadora; b) Filtragem do material.	25
Figura 9: Obtenção do extrato bruto; a) Evaporador rotativo; b) Extrato bruto.	25
Figura 10: a) Fungo <i>G. trabeum</i> ; b) Soluções.	26
Figura 11: Inoculação do fungo.	27
Figura 12: Corpos de prova; a) Aferição da massa; b) Medição das dimensões.	27
Figura 13: Solução 4% de extrato de etanol em álcool.	28
Figura 14: Corpos de provas; a) Em imersão; b) Submetidos a ação de vácuo	28
Figura 15: Corpos de provas após impregnação com a solução.	29
Figura 16: Fungos inoculados: a) <i>G. trabeum</i> inoculado; b) <i>P. sanguineus</i>	30
Figura 17: Ensaio de cinzas; a) Cadinhos antes e após o ensaio; b) Forno mufla.	31
Figura 18: Ácido sulfúrico.	32
Figura 19: Obtenção da lignina; a) Material antes da autoclave; b) Filtração	33
Figura 20: a) Lignina solúvel; b) Amostras para leitura; c) Espectrofotômetro.	33
Figura 21: Crescimento micelial ao longo dos dias, em diâmetro (mm).	39
Figura 22: Valores de retenção dos extratos em (kg m ⁻³).	40
Figura 23: Perda de massa média por concentração (%).	41
Figura 24: Desenvolvimento ao final do ensaio de resistência	42

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	12
1.1.	Objetivos	13
1.1.1.	Objetivo geral	13
1.1.2.	Objetivos específicos	13
2.	REVISÃO BIBLIOGRAFICA	14
2.1.	Durabilidade natural da madeira	14
2.2.	Extrativos	14
2.3.	Organismos degradadores de madeira	15
2.3.1.	Podridão branca	16
2.3.2.	Podridão parda	16
2.4.	Fibras vegetais.....	16
2.5.	Espécies selecionadas.....	17
2.5.1.	<i>Leopoldinia piassaba</i> Wallace	17
3.	METODOLOGIA.....	20
3.1.	Preparo do material.....	20
3.2.	Determinação do teor de umidade	20
3.3.	Determinação do teor de extrativos.....	21
3.4.	Preparo dos extratos para teste de inibição fúngica	24
3.5.	Teste de inibição fúngica.....	25
3.6.	Impregnação dos extrativos na madeira.....	27
3.7.	Ensaio de resistência a fungos.....	29
3.8.	Determinação do teor de cinzas	31
3.9.	Determinação de teor de Lignina (método Klason).....	32
3.10.	Análise estatística	34
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1.	Teor de umidade	36
4.2.	Teor de extrativos	36
4.3.	Teor de cinzas	37
4.4.	Teor de lignina	38
4.5.	Teste de inibição fúngica.....	38
4.6.	Impregnação e retenção	39

4.7.	Resistência a fungos	41
5.	CONCLUSÃO	44
6.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	45

1. INTRODUÇÃO

A madeira desempenha um papel importante na vida das pessoas, isto devido às suas propriedades únicas que permitem que seja utilizada como matéria-prima para as mais diversas finalidades. Além disso, a madeira é um material renovável, o que a diferencia de outros materiais (Almeida, 2021).

A demanda por madeira permanece estável, entretanto, grande parte do remanescente da natureza é consumida indiscriminadamente e não suplantada por plantios das espécies exploradas. De acordo com Araújo *et al.* (2012), a maior parte das espécies madeireiras amazônicas mais conhecidas comercialmente tem sua ocorrência bastante reduzida e estão em crescente processo de escassez em razão de constante exploração. Na tentativa de reduzir essa pressão nos estoques de madeiras primários, uma alternativa economicamente viável é o uso de espécies de crescimento rápido, que quando, devidamente tratadas, com preservativos de madeira, podem ter uma expectativa de vida útil igual ou superior às das madeiras comercialmente conhecidas (Geraldo, 2002).

A madeira das árvores de crescimento rápido tem uma resistência natural inferior à das árvores de crescimento lento. Nesse contexto, certos grupos microbianos podem colonizar espécies de formas diferente e também diferir em sua resistência natural em um mesmo indivíduo (Carmo, 2008). A aplicação de defensivos químicos convencionais é o método mais comum utilizado para controlar a deterioração da madeira causada por xilófagos. Todavia, o controle químico pode incentivar resistência a estes defensivos, impactando em eventuais riscos ambientais e à saúde humana. Os danos causados pelo uso indiscriminado de produtos químicos convencionais têm estimulado o desenvolvimento de novos métodos e soluções que apresentam menor risco ao meio ambiente e as pessoas (Machado *et al.*, 2006).

Em razão da resistência natural de certas espécies a organismos biodegradáveis, muitas pesquisas têm sido realizadas usando extratos de plantas para desenvolver alternativas aos preservativos de madeira (Bossardi; Barreiros, 2011). Conforme Gonzaga (2006), extratos vegetais combinados com solventes podem apresentar desempenho positivo contra a ação de organismos. Os extrativos são substâncias resultantes do metabolismo secundário das plantas que não estão envolvidos no processo de sustentação e atuam promovendo mecanismos de defesa contra o ataque de micro-organismos, insetos e herbívoros, influenciando na cor da

madeira e no cheiro. Além disso, essas substâncias podem estar presentes em diferentes órgãos do vegetal como: caule, folhas, raízes e frutos (Silva *et al.*, 2004; Silva, 2010).

Os estudos que caracterizam quimicamente a fibra de *Leopoldinia piassaba*, atualmente, estão relacionados ao reforço de compósitos, todavia, espera-se que os extrativos presentes na fibra da *L. piassaba*, impregnado em madeira suscetível ao ataque de microrganismos xilófagos, venha ter ação positiva ao ataque de fungos xilófagos, o que, por sua vez, pode-se configurar uma alternativa para a demanda de madeiras nativas. Nesse sentido, o presente estudo objetiva obter informações sobre os extrativos presentes na piaçava, e estudar a atividade antifúngica desses extrativos na proteção de madeira de reconhecida susceptibilidade a fungos xilófagos.

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo geral

Avaliar a resistência da madeira de marupá, impregnada com extrato de piaçava e submetida ao ataque de fungos de podridão branca e podridão parda.

1.1.2. Objetivos específicos

Determinar o teor de umidade da fibra de piaçava, pelo método de secagem em estufa;

Determinar o teor de extrativos totais da fibra de piaçava;

Avaliar a retenção dos extrativos da fibra de piaçava na madeira de marupá;

Determinar os teores de cinzas e lignina da fibra de piaçava;

Avaliar a eficiência dos extrativos de piaçava, na inibição de fungos em teste de inibição; e,

Avaliar a resistência da madeira de marupá ao ataque de fungos xilófagos em ensaio acelerado de laboratório.

2. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

2.1. Durabilidade natural da madeira

A durabilidade natural da madeira se reflete em sua resistência à deterioração a agentes físico-químicos e biológicos, interpretada como alta, média ou baixa resistência ao ataque desses agentes (Gomes; Ferreira, 2002).

Musial *et al.* (2020) elucidam que a resistência natural determina a longevidade da madeira, o que significa que na construção de móveis, habitações e outras estruturas que exijam maior durabilidade, dá-se preferência a madeiras com elevada resistência natural. Os autores ainda associam cores escuras de madeiras ao alto teor de extrativos e elevada resistência.

De acordo com Gallio *et al.* (2017), a resistência ou durabilidade natural da madeira representa um bom indicador de qualidade, que pode variar entre as espécies e dentro da mesma espécie, principalmente em relação à composição química, sobretudo dos extrativos.

Para Marcondes *et al.* (2013) fatores como a região, ambiente e exposição, podem influenciar na resistência da madeira, visto que esses fatores podem diferir nas condições de umidade, temperatura, solo e aeração.

2.2. Extrativos

A madeira é constituída quimicamente por celulose, hemicelulose, lignina e componentes secundários que são divididos em extraíveis e não extraíveis. Os não extraíveis são denominados compostos inorgânicos ou cinzas, e os extraíveis são denominados extrativos (Klock *et al.*, 2005). Para Cardoso (2018), todo composto que possa ser extraído de material lignocelulósico usando solventes orgânicos ou inorgânicos e que não seja um componente estrutural da parede celular vegetal pode ser definido como extrativo.

De acordo com Oliveira *et al.* (2005), a quantidade e a qualidade dos extrativos são bastante variáveis entre espécies, entre indivíduos de uma mesma espécie, e entre diferentes partes da mesma árvore. Os extrativos também determinam a finalidade e o valor de mercado da madeira, sua trabalhabilidade e permite o acesso a uma variedade de produtos não madeireiros de grande interesse econômico (Pedrazzi *et al.*, 2019).

São componentes que não fazem parte da constituição química da parede celular inclui elevado número de compostos, como resinas, açúcares, ácidos graxos, taninos e outros compostos fenólicos, que podem ser extraídos em água ou solventes orgânicos (Klock *et al.*, 2005).

Musial *et al.* (2020), destacam os preservativos naturais como alternativas tão eficazes, ou melhores que os tradicionais, como, por exemplo, os extratos de plantas tóxicas, óleos essenciais, corantes, ceras e ácidos graxos, estes causam menos ou nenhum dano à saúde e ao meio ambiente.

2.3. Organismos degradadores de madeira

Diversos tipos de agentes xilófagos, de forma particular, causam ataque destrutivo ou não à madeira, alterando suas características originais. Esses agentes podem ser bactérias, algas, fungos, insetos e xilófagos marinhos (SILVA *et al.*, 2008). Moreschi (2013), afirma que vários organismos podem atacar a madeira, simultaneamente, dependendo do ambiente em que ela é utilizada. Ainda de acordo com o autor, embora os ataques desses organismos na madeira dificilmente ocorram de forma isolada, há a necessidade de analisá-los desta forma, para melhor compreender cada tipo de agente em particular.

Os fungos e os insetos são considerados os principais organismos responsáveis pelas deteriorações na madeira, sendo, os fungos os principais e mais importantes xilófagos existentes (Jankowsky *et al.*, 2002). Os fungos são classificados em dois grandes grupos, fungos de bolores e fungos de podridão. Os fungos de bolores ou manchadores, causam perda não expressiva da massa na madeira, porém, visualmente resulta na sua desvalorização comercial (Lopes; Santos, 2013; Silva, 2012).

Dentre os basidiomicetos, classe responsável pela decomposição da madeira, encontram-se os fungos apodrecedores, que possuem características próprias na decomposição dos principais componentes da madeira (Teixeira *et al.*, 2012). Os fungos de podridão levam a uma expressiva perda de massa, alterando a sua resistência físico-mecânica. Esses fungos são de difícil classificação, a coloração e o aspecto da madeira atacada determinam o tipo de podridão da madeira (Castro; Guimarães, 2018).

Levando em conta que os organismos xilófagos degradam a madeira, é fundamental a utilização de produtos preservativos. A preservação é um conjunto de técnicas, com propósito de modificar as características químicas da madeira propiciando uma maior durabilidade e tempo de vida útil em serviço (De Moraes; Bacha, 2020).

2.3.1. Podridão branca

O ataque na madeira por fungos que causam podridão branca resulta na perda de sua cor natural devido a deterioração de seus pigmentos, tornando-se esbranquiçada, além disso, a madeira perde também seu brilho característico (Moreschi, 2013). Esses fungos decompõem os componentes primários da madeira, onde a ação de um sistema enzimático permite a formação de fissuras, que vai se intensificando, levando a erosão da parede celular (Teixeira *et al.*, 2012).

Os principais agentes causadores são os basidiomicetos. Além das fissuras, a madeira perde gradativamente peso e resistência devido ao consumo constante de celulose, hemicelulose e lignina (Moreschi, 2013).

Um dos fungos causadores desta forma da deterioração da madeira é o *Pycnoporus sanguineus*, da família Polyporaceae, comumente conhecido como orelha de pau, que pode ser encontrado junto à madeira, onde se alimenta (Garcia, 2006).

2.3.2. Podridão parda

A madeira após ataque de podridão parda escurece levemente e torna-se marrom escura nos estágios finais de apodrecimento, observam-se fissuras profundas, a madeira torna-se quebradiça e propensa a apodrecimento (Silveira, 2018). Assim, a mudança no aspecto da madeira se deve à degradação contínua da celulose e da hemicelulose, deixando a lignina quase intacta e preservando a estrutura original da madeira quando úmida (Moreschi, 2013). Ainda de acordo com o autor, à medida que a celulose e a hemicelulose da madeira são consumidas, seu peso é diminuído proporcionalmente e sua elasticidade é reduzida. Como exemplo de fungos de podridão parda pode-se citar o fungo *Gloeophyllum trabeum*.

2.4. Fibras vegetais

Denomina-se fibras naturais aquelas oriundas da natureza, as quais podem ser classificadas, quanto à origem, em vegetal, animal e mineral. Economicamente, as fibras vegetais detêm maior interesse (Oliveira, 2010).

De acordo com Rebelo *et al.* (2016), as fibras vegetais podem ser provenientes de diversas partes de um vegetal, tais como caule, folha, fruto, raiz, semente e madeira. Ainda conforme descrito pela autora, as fibras vegetais podem ser classificadas segundo a origem anatômica, a natureza química e a origem botânica.

Conforme dados da produção vegetal e silvicultura, divulgados pelo IBGE (2016), a produção de fibra de piaçava destaca-se na produção nacional extrativista de fibras, representando 96,0% do valor absoluto do grupo de fibras.

Tabela 1: Quantidade e valor dos produtos da extração vegetal de fibras no Brasil.

Produto	Quantidade produzida (ton)	Valor da produção (reais)
Buriti	441	2.249.000,00
Carnaúba	1.125	2.411.000,00
Piaçava	45.662	103.867.000,00
Outras fibras	339	959.000,00

Fonte: IBGE, Produção Vegetal e Silvicultura 2016 (Adaptado).

2.5. Espécies selecionadas

2.5.1. *Leopoldinia piassaba* Wallace

A palavra piaçava tem origem na língua indígena tupi-guarani e significa planta fibrosa, o nome é associado principalmente à espécie *Leopoldinia piassaba*, entretanto, também é referido a fibras de outras palmeiras (Rebelo *et al.*, 2016).

No Brasil existem seis espécies de palmeiras que produzem piaçava (Amado; Reis, 2019). Dentre estas espécies as de maior importância econômica são a piaçava da Bahia (*Attalea funifera*), responsável pela maior produção de fibras piaçava do país, em seguida da piaçava do Amazônia (*Leopoldinia piassaba*) (Guimarães; Silva, 2012). Dentre as piaçavas, o objeto de estudo e maior importância desta pesquisa, é a piaçava da Amazônia.

Leopoldinia piassaba pertence à família Arecaceae, é conhecida vulgarmente como piaçava, piçaba e piaçava da Amazônia (Rios; Pastore Junior, 2011). Distribui-

se naturalmente na bacia do alto Rio Negro, Amazonas. Seus maiores produtores são os municípios de Barcelos, Santa Isabel do Rio Negro, e São Gabriel da Cachoeira, no estado do Amazonas (Rebelo *et al.*, 2016).

Trata-se de uma palmeira monocotiledônea, de caule simples, de até 20 metros de altura quando adulta, com diâmetro à altura do peito (DAP) de 15 a 20 cm e de até 60 cm considerando as fibras que o envolvem (Josa, 2008).



Figura 1: Possibilidades de utilização das fibras de piçava: a) vassouras, b) escovas, c) e d) artesanato, e) cobertura de habitações e áreas de lazer.

Fonte: a) e b) <https://portallimp.com.br>; c) e d) <https://artesanatodabahia.com.br>; e) <https://cobrire.com.br>.

A palmeira tem uso ornamental paisagístico. Os frutos são utilizados como alimento humano. As fibras são empregadas para a fabricação de vassouras, escovas, cordas utilizadas no artesanato (Lorenzi *et al.*, 2004; Rios; Pastore Junior, 2011) e em cobertura (Aquino *et al.* 2002), conforme mostra a Figura 1, constituindo o seu extrativismo numa das principais atividades econômicas da região do município de Barcelos (Guimarães Junior *et al.*, 2021).

De acordo com Aquino *et al.* (2002), estima-se que ocorre um percentual de 20% de desperdício nas indústrias que trabalham com esta fibra.

2.5.2. *Simarouba amara* Aubl

A madeira utilizada no experimento de resistência foi proveniente da espécie *Simarouba amara* Aubl, que pertence à família Simaroubaceae. Vulgarmente é conhecida como marupá, marupaúba, parpaiba, pariba, caixeta, arubá, marubá e simaruba (Lorenzi, 1992). No Brasil, ocorre em toda região norte e nordeste além de parte do sudeste, e centro oeste. No centro oeste, ocorre nos estados Goiás, Mato Grosso e no Distrito Federal. No Sudeste, ocorre nos estados de Espírito Santo, Minas Gerais e Rio de Janeiro (Pirani; Thomas, 2015).

A madeira é leve com densidade básica de 0,38 g cm⁻³ a 0,40 g cm⁻³, fácil de trabalhar, podendo ser utilizada para marcenaria em geral, compensado, polpa celulósica, instrumentos musicais, fabricação de brinquedos, caixotaria, forros, esquadrias e portas (Lorenzi, 1992; Souza *et al.*, 2020).

Lyra (2021) ao avaliar o efeito anticupim de extratos obtidos a partir dos resíduos do processamento industrial de espécies madeireiras da Amazônia central, concluiu que a madeira de marupá foi facilmente impregnada com os extratos e apresentou valores satisfatórios de retenções para as concentrações testadas.

3. METODOLOGIA

3.1. Preparo do material

O estudo foi conduzido no Laboratório de Tecnologia da Madeira, do Centro de Estudos Superiores de Itacoatiara da Universidade do Estado do Amazonas – CESIT/UEA, no município de Itacoatiara, Amazonas, Brasil.

Os fungos utilizados foram provenientes da coleção de fungos própria desse laboratório (Figura 2c). O resíduo de fibra de *Leopoldinia piassaba* (Figura 2a) foram doados pela empresa fabricante de vassouras Produtos Gigi e a madeira (Figura 2b) foi doada pela empresa de movelaria Moveis Santiago, ambas localizadas no município de Itacoatiara.



Figura 2: Material utilizado. a) Fibras de piaçava; b) Madeira de marupá; c) Espécies fúngicas.

Fonte: Arquivo pessoal.

3.2. Determinação do teor de umidade

A determinação do teor de umidade da fibra de *L. piassaba* seguiu o método de secagem em estufa, para tanto, foram pesadas 100 g de fibra (Figura 3a), levada a secagem em estufa com circulação de ar regulada em 100 °C, até massa constante, após a secagem (Figura 3b) a fibra foi novamente pesada.

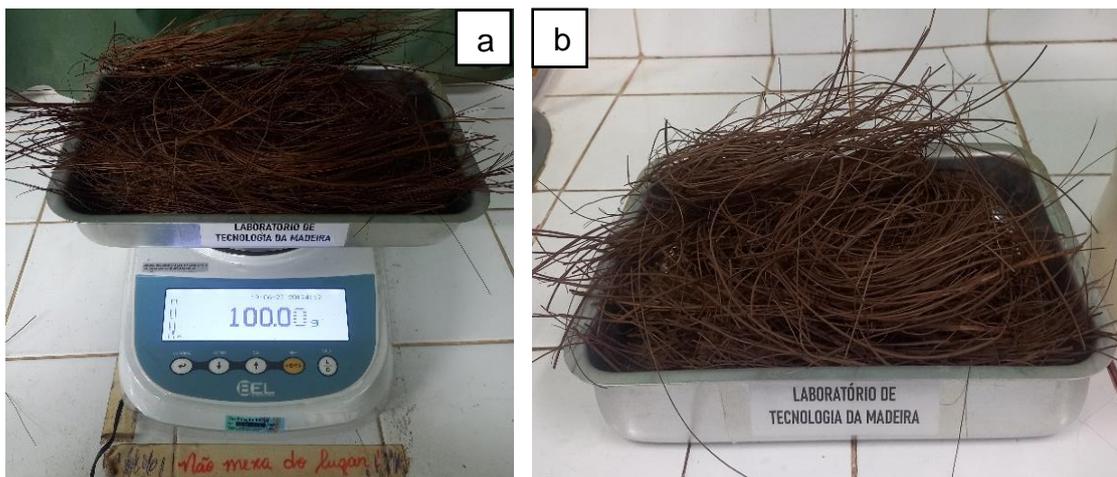


Figura 3: Piaçava sendo pesada para a determinação do teor de umidade; a) Antes da secagem; b) Após a secagem.

Fonte: Arquivo pessoal.

O ensaio foi conduzido em triplicata e o teor de umidade na base seca das fibras foi calculado com uso da equação 1.

$$TU = \left(\frac{M_u - M_s}{M_s} \right) \times 100 \quad (1)$$

Em que:

TU é o teor de umidade das fibras na base seca, em porcentagem (%);

M_u é a massa úmida das fibras, em gramas (g);

M_s é a massa das fibras seca em estufa, em gramas (g);

3.3. Determinação do teor de extrativos

Para determinação de teor de extrativos as fibras foram secas à sombra, e posteriormente passadas em um triturador de resíduos orgânicos e em moinho rotativo, tipo Willey e classificada em conjunto de peneiras de aço (Figura 4a). O material utilizado no ensaio foi o que passou na peneira de 40 Mesh e ficou retido na de 60 Mesh (Figura 4b). Esse material foi conservado em ambiente refrigerado com temperatura de aproximadamente 25 ± 2 °C e umidade relativa (UR) de 60%.

A determinação do teor de extrativos seguiu os procedimentos descritos pela *American Society for Testing and Materials* (ASTM D1105, 2005) com algumas adaptações. Foram determinados os teores de extrativos em álcool etílico e totais (sequência álcool e água quente).



Figura 4: Classificação do material; a) Conjunto de peneiras; b) Serragem de piaçava.
Fonte: Arquivo pessoal.

Para extração em álcool foram utilizados 2 g do material peneirado (serragem), sendo estes transferidos para um cadinho poroso (Figura 5a) e em seguida, o cadinho foi inserido dentro de uma corneta acoplada a um extrator do tipo Soxhlet e em balão volumétrico contendo 150 ml de álcool etílico 98% (Figura b). O ensaio foi realizado em triplicata. A extração permaneceu em refluxo por 8 horas, após esse tempo, os cadinhos foram levados para secagem em estufa com temperatura a 100 °C, até peso constante e posteriormente pesados para determinação dos extrativos em álcool.

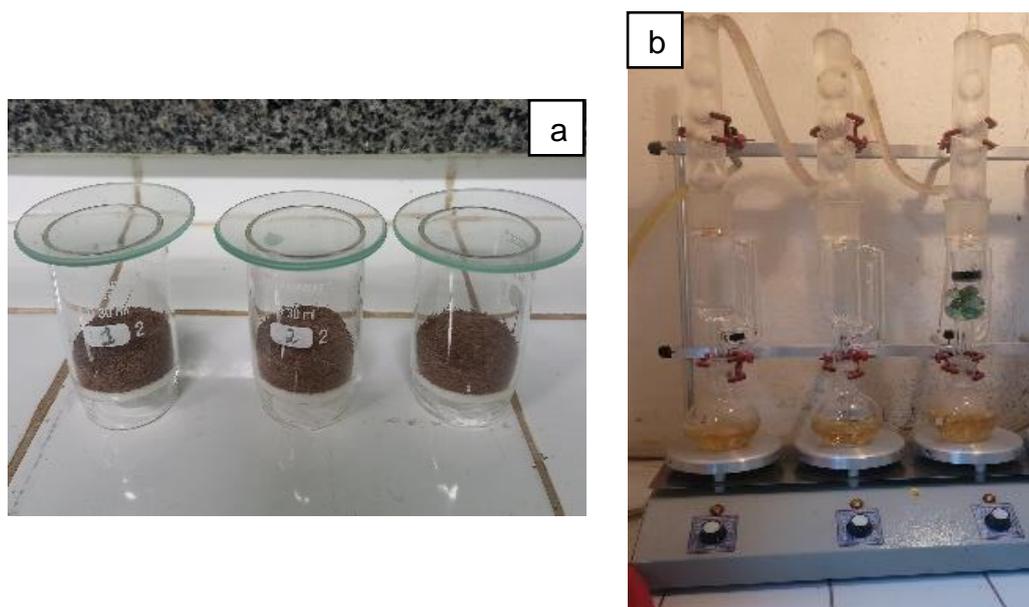


Figura 5: Material em extração; a) Cadinhos contendo a serragem; b) Conjunto de extração (extrator Soxhlet, corneta e balão).
Fonte: Arquivo pessoal.

Para as extrações totais, a serragem contida no cadinho poroso foi colocada em frasco Erlenmeyer de vidro com capacidade de 250 ml, no qual foi adicionado 100 ml de água destilada. As extrações em água quente seguiram em banho maria de modo que a água sempre estivesse acima do nível do líquido contido nos frascos, por um período de 1 h em temperatura de ebulição (Figura 6).

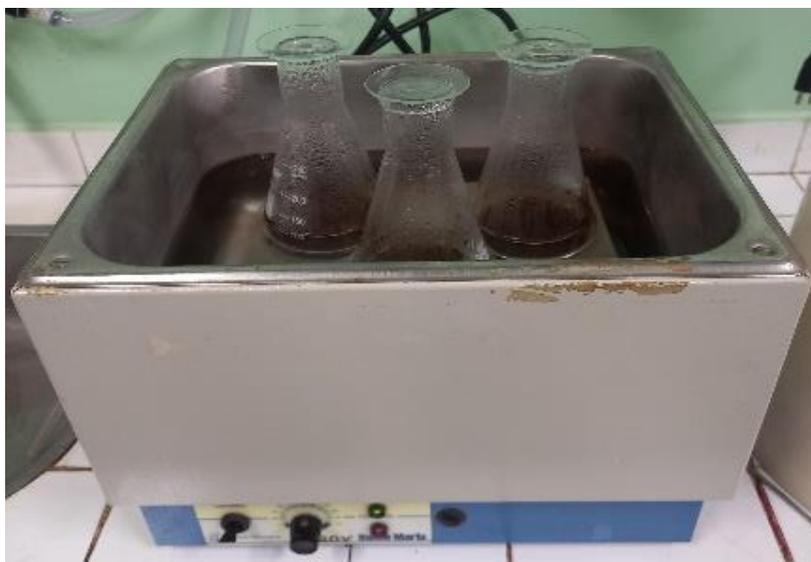


Figura 6: Extração em água quente.

Fonte: Arquivo pessoal.

Ao final desse tempo a serragem foi filtrada nos cadinhos porosos acoplado a Kitassato com uso de bomba de vácuo (Figura 7) e lavada com água destilada quente. Os cadinhos contendo a serragem foram então levados para secagem em estufa com circulação de ar a 100 °C, até peso constante e posteriormente pesados para determinação dos extrativos totais.

Os teores de extrativos foram calculadas, em percentual, com o uso da equação 2, com base nas massas secas das amostras.

$$TE = \left(\frac{M_{si} - M_{sf}}{M_{sf}} \right) \times 100 \quad (2)$$

Em que:

TE é o teor de extrativos, em porcentagem (%);

M_{si} é a massa seca da serragem antes da extração, em gramas (g);

M_{sf} é a massa seca da serragem após a extração, em gramas (g).



Figura 7: a) Filtração do material em extração; b) Bomba de vácuo.

Fonte: Arquivo pessoal.

3.4. Preparo dos extratos para teste de inibição fúngica

As extrações seguiram a proporção de 5: 1, sendo 200 ml de álcool hidratado 95% para 40 g de serragem de fibra de piaçava, colocado em Erlenmeyer de vidro com capacidade de 250 ml e levados à mesa agitadora onde permaneceram por 48 h (Figura 8a). Ao final desse tempo o material em extração foi filtrado com uso de papel filtro de 14 μm , em funil de Buchner, acoplado a um Kitassato, com o auxílio de bomba de vácuo (Figura 8b).

Na sequência, os extratos foram concentrados em evaporador rotativo e o solvente recuperado (Figura 9a). O extrato concentrado foi transferido para um Becker e colocado para secar em estufa com circulação de ar, com temperatura regulada em 70 °C por 24 h (Figura 9b), para obtenção do extrato bruto. Este processo se repetiu por 15 vezes. Posteriormente foram feitas soluções do extrato com álcool nas concentrações de 4, 2, 1 e 0,5%.

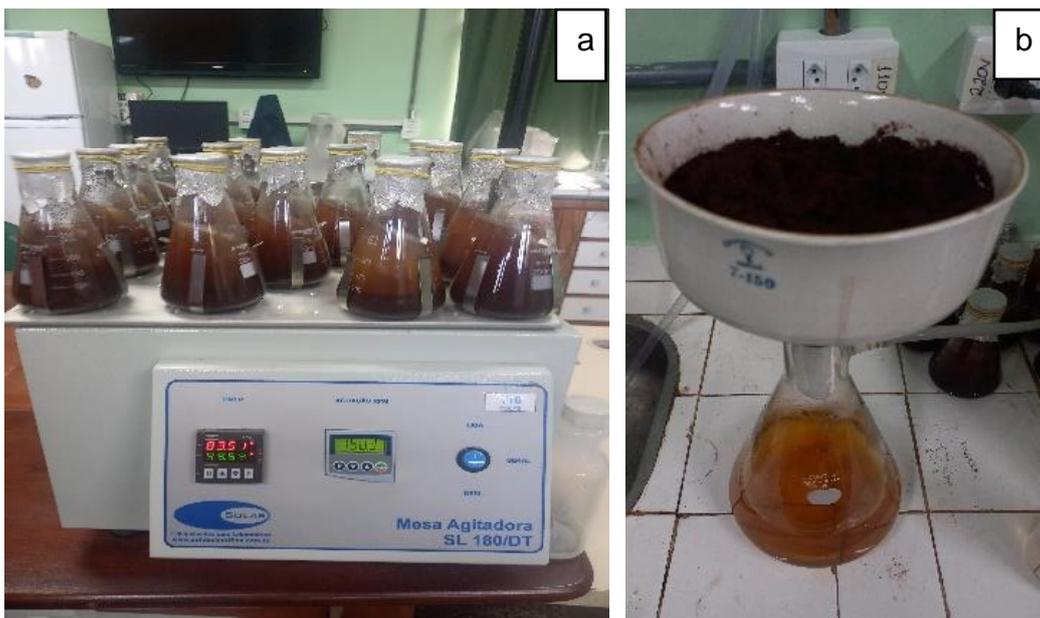


Figura 8: Processo de extração a) Mesa agitadora; b) Filtragem do material.

Fonte: Arquivo pessoal.

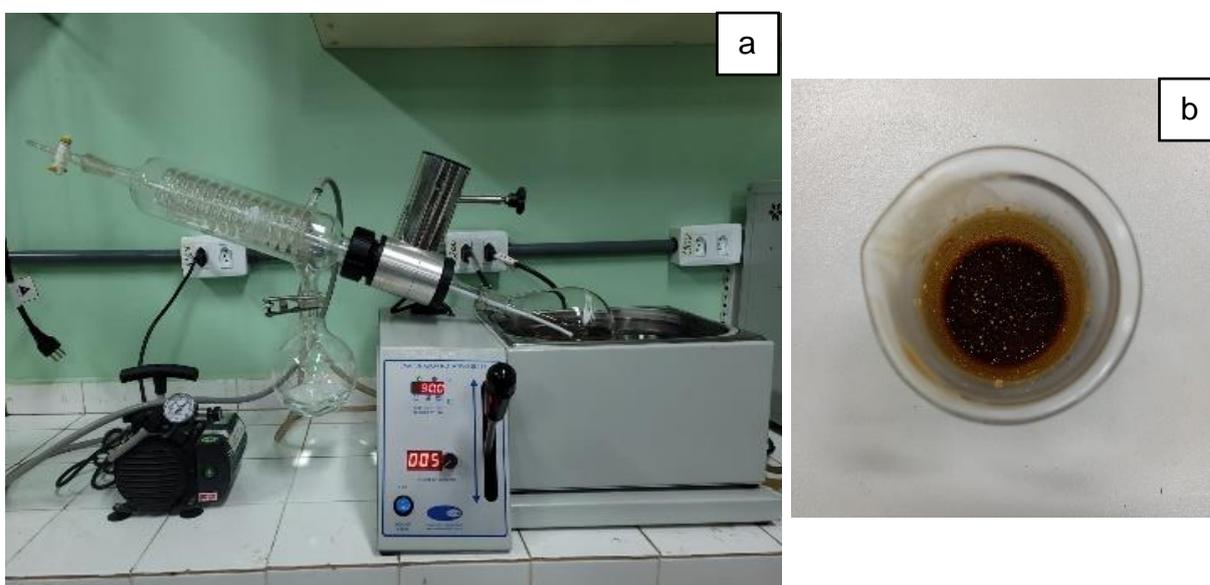


Figura 9: Obtenção do extrato bruto; a) Evaporador rotativo; b) Extrato bruto.

Fonte: Arquivo pessoal.

3.5. Teste de inibição fúngica

Para melhor entender a ação antifúngica dos extratos, buscou-se antes da impregnação na madeira, avaliar o potencial de inibição fúngica do extrato. Para o teste de inibição utilizou-se a espécie fúngica *Gloeophyllum trabeum* (Figura 10a). O experimento foi composto por soluções de quatro concentrações diferentes de extrato

(4, 2, 1 e 0,5%) (Figura 10b) e pelo tratamento testemunha, que serviu como referência. As soluções foram preparadas pela dissolução do extrato bruto em etanol.

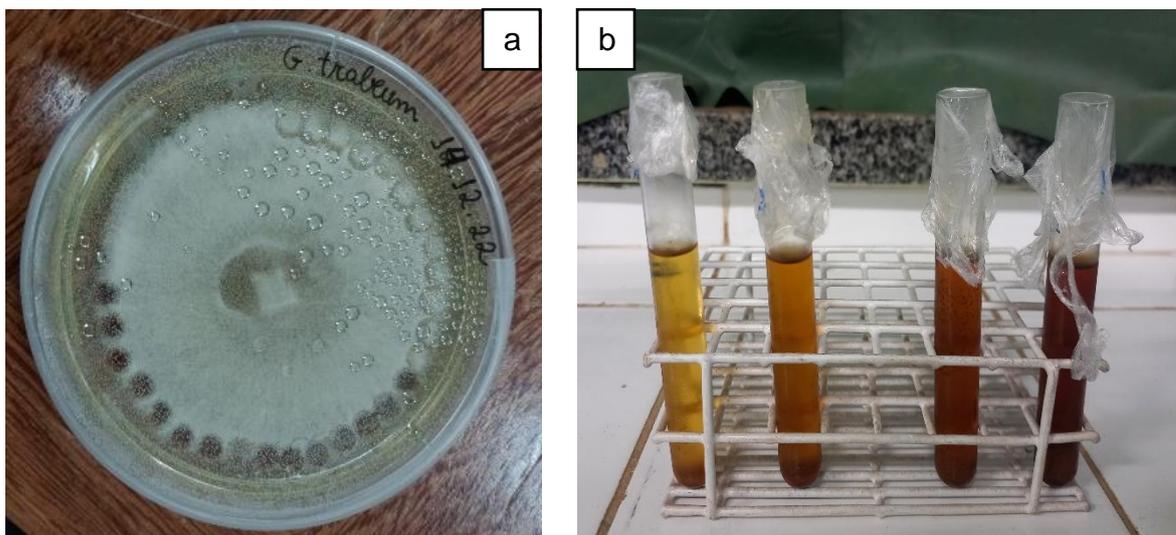


Figura 10: a) Fungo *G. trabeum*; b) Soluções.

Fonte: Arquivo pessoal.

Foram utilizadas placas de Petri de poliestireno, de 90 mm de diâmetro e 15 mm de altura. O meio de cultura foi preparado com base em água destilada com 2% de extrato de malte e 1,5% de ágar bacteriológico, misturado em agitador magnético e levado à autoclave para esterilização por aproximadamente 20 minutos. Após o resfriamento, o meio de cultura foi distribuído nas placas de Petri, de modo a cobrir todo o fundo das placas. Foram pipetadas e homogeneizadas em cada placa 300 μ l de solução sobre o meio de cultura, na sequência foi adicionado no centro de cada placa um fragmento do fungo de 5 mm de diâmetro (Figura 11). Para o tratamento controle foi pipetado álcool. O processo foi realizado em câmara de fluxo laminar.

Após a inoculação do fungo as placas foram envoltas com Parafilm_M® e incubadas em sala climatizada (25 ± 2 °C e 60% UR). As medidas do crescimento micelial foram tomadas com o auxílio de um paquímetro digital, pelos períodos de 4, 6, 11, 13, 15 e 18 dias.



Figura 11: Inoculação do fungo.

Fonte: Arquivo pessoal.

3.6. Impregnação dos extrativos na madeira

As amostras obtidas da madeira de marupá, aqui denominadas de corpos de prova, foram confeccionados com serra circular de bancada nas dimensões nominais de 2,5 cm x 2,5 cm x 0,9 cm, nas direções radial, tangencial e longitudinal, respectivamente. As amostras foram enumeradas de 1 a 72 e levadas para secar em estufa à 70 °C, até massa constante. Após secadas, as amostras tiveram suas massas aferidas em balança analítica (Figura 12a) e suas dimensões medidas com uso de paquímetro digital (Figura 12b).

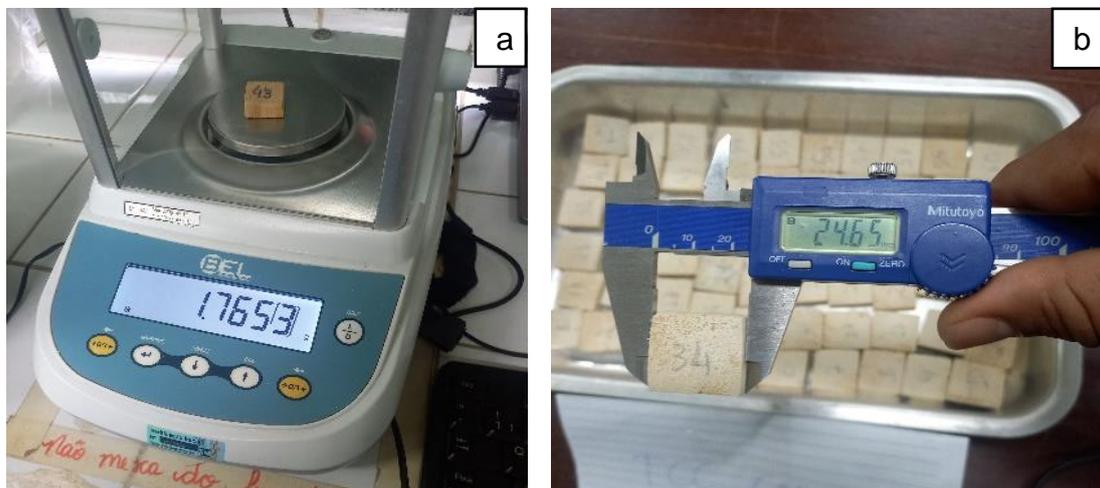


Figura 12: Corpos de prova; a) Aferição da massa; b) Medição das dimensões.

Fonte: Arquivo pessoal.

Para impregnação, os extratos brutos foram diluídos na concentração de 4% (Figura 13), em seguida utilizou-se a proporção de 1: 1 da solução 4% e etanol para chegar à concentração de 2%, do mesmo modo foram feitas as diluições para 1% e 0,5%. Também foi impregnado um tratamento com etanol para servir como controle no ensaio de resistência a fungo.

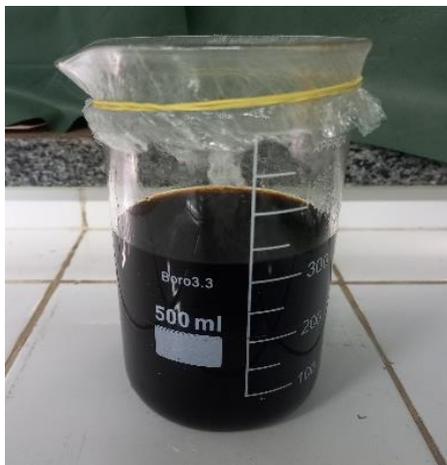


Figura 13: Solução 4% de extrato de etanol em álcool.

Fonte: Arquivo pessoal.

A impregnação seguiu o método da imersão a vácuo conforme a *American Wood-Preservers' Association* (AWPA E10-06, 2006) com algumas adaptações. Para tanto, foram colocadas 12 amostras de madeira em cada Becker de 600 ml. As amostras foram imersas com 150 ml de cada concentração, utilizou-se um Becker de 500 ml para manter as amostras de madeiras submersas (Figura 14a). Os Beckers foram colocados em um dessecador onde foram submetidos a vácuo durante 40 min (Figura 14b), após esse tempo as amostras continuaram submersas por 24 h.

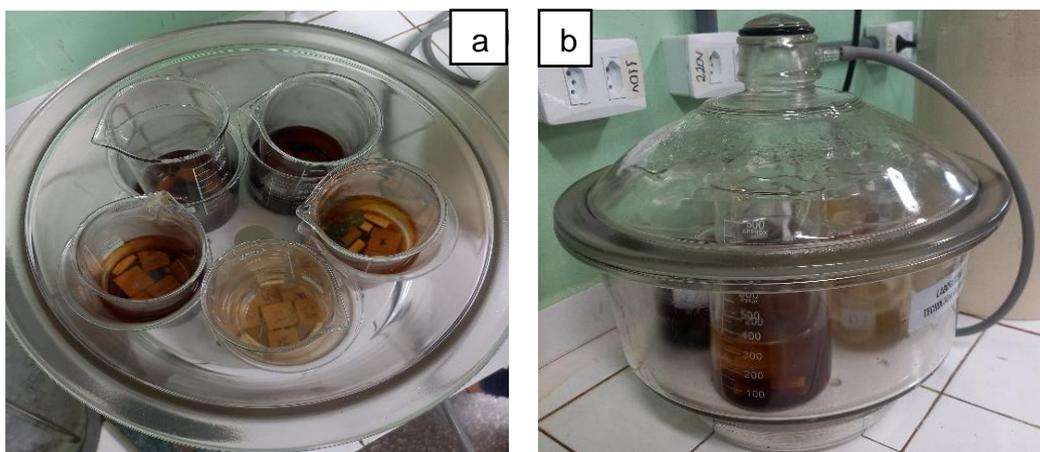


Figura 14: Corpos de provas; a) Em imersão; b) Submetidos a ação de vácuo.

Fonte: Arquivo pessoal.

Na sequência, as amostras foram retiradas da imersão, enxugadas com papel toalha e mantida por duas horas em sala climatizada (Figura 15), posteriormente as amostras foram levadas para secar em estufa com circulação de ar, a 70 °C até massa constante.



Figura 15: Corpos de provas após impregnação com a solução.

Fonte: Arquivo pessoal.

A retenção dos extratos nas amostras foi obtida pela diferença das massas iniciais e finais após o tratamento, onde os resultados obtidos são expressados em kg/m³ conforme a Equação 3.

$$R = \left(\frac{Msa - Msd}{V} \right) \times 1000 \quad (3)$$

Em que:

R é a retenção em kg m⁻³;

Msa é a massa seca aferida antes da impregnação, em gramas (g);

Msd é a massa seca aferida depois da impregnação, em gramas (g);

V é o volume de cada corpo de prova em cm³;

1000 é o fator de conversão.

3.7. Ensaio de resistência a fungos

Para este ensaio, utilizou as espécies fúngicas *Pycnoporus sanguineus* e *Gloeophyllum trabeum*, cultivadas em meio de cultura malte e ágar. O meio de cultura foi preparado com malte, ágar e água destilada, misturado e levado a autoclave a uma temperatura de aproximadamente 121 °C por 20 min. Em seguida o meio de cultura foi transferido para a placa de Petri, cobrindo todo fundo da placa. Após a solidificação do meio de cultura, cada placa recebeu um fragmento de fungo e posteriormente dois corpos de prova. Em seguida as placas foram envoltas com Parafilm_M® e incubadas em sala climatizada. O processo ocorreu em câmara de fluxo laminar.

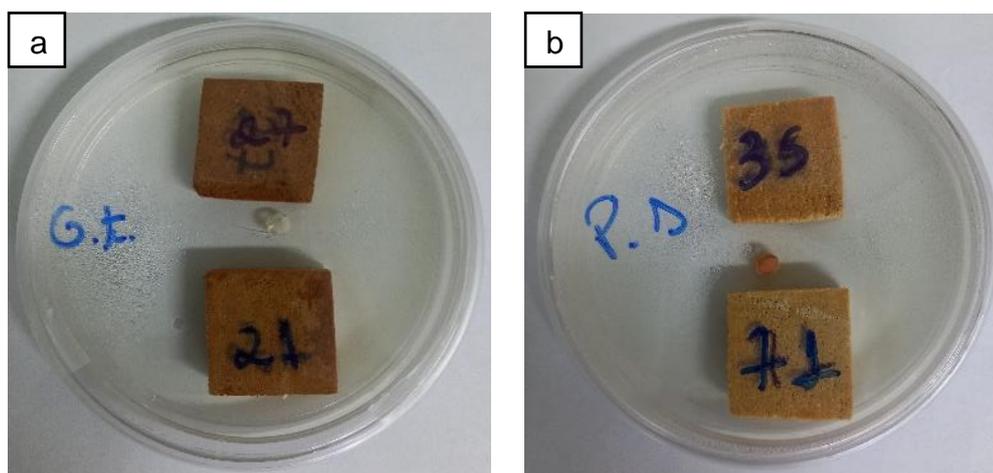


Figura 16: Fungos inoculados: a) *G. trabeum* inoculado; b) *P. sanguineus*.

Fonte: Arquivo pessoal.

O experimento foi montado com 2 fungos, em 6 tratamentos (4, 2, 1, 0,5, 0% e amostras controle) e 6 repetições, com o total de 72 amostras e 36 placas. O ensaio teve a duração de 6 semanas, ao final desse tempo as amostras foram retiradas da incubação e tiveram suas superfícies limpas utilizando uma escova de dente, e posteriormente as amostras foram submetidas a secagem em estufa a uma temperatura de 100 °C, até massa constante. Após secagem, as amostras foram novamente pesadas. A perda de massa das amostras foi calculada conforme a Equação 4.

$$PM = \left(\frac{MA_i - MA_f}{MA_i} \right) \times 100 \quad (4)$$

Em que:

PM é a perda de massa após o ensaio, em porcentagem (%);

MA_i é a massa seca da amostra antes do ensaio, em gramas (g);

MA_f é a massa seca da amostra após o ensaio, em gramas (g).

3.8. Determinação do teor de cinzas

Para determinação do teor de cinzas, utilizou-se 1 g da serragem de piaçava livre de extrativos colocados em cadinhos de porcelana absolutamente secos (Figura 17a). Os cadinhos foram, então, colocados em forno mufla por um período de 4 h, sob temperatura de 550 °C (Figura 17b). Após esse tempo, os cadinhos foram colocados para esfriar em dessecador durante 40 min para posterior pesagem.

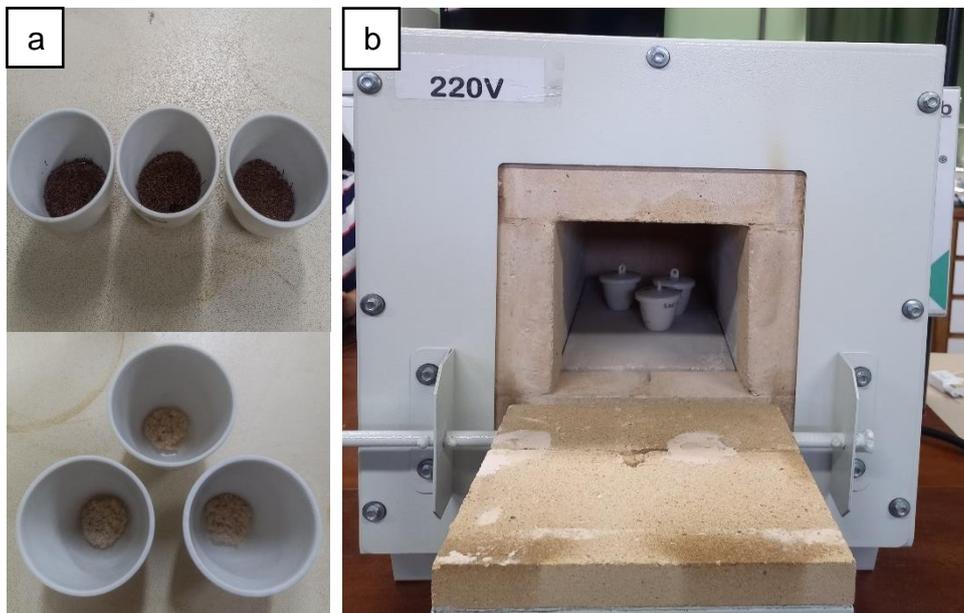


Figura 17: Ensaio de cinzas; a) Cadinhos antes e após o ensaio; b) Forno mufla.

Fonte: Arquivo pessoal.

O ensaio foi feito em triplicata e o teor de cinzas foi calculado em percentual, com uso da Equação 5.

$$TC = \left(\frac{MC1 - MC2}{MA} \right) \times 100 \quad (5)$$

Em que:

TC é o teor de cinzas obtido após a calcinação da serragem de piaçava, em porcentagem (%);

MC1 é a massa do conjunto, amostra mais cadinho absolutamente seco, em gramas (g);

MC2 é a massa do cadinho, em gramas (g);

MA é a massa da amostra, em gramas (g).

3.9. Determinação de teor de Lignina (método Klason)

Para determinação do teor de lignina presente na fibra de piaçava, utilizou-se o procedimento padrão de determinação do teor de lignina em biomassa, denominada lignina de Klason (Morais *et al*, 2011), com algumas modificações. O ensaio foi realizado em duplicata, inicialmente depositou-se 0,3 g de serragem de fibra livre de extrativos em um béquer de 25 ml de capacidade, onde foi adicionado, por meio de pipeta, 3 ml de ácido sulfúrico 72% (Figura 18). O Béquer foi submetido a banho maria pelo período de 1 h em temperatura ambiente, sendo agitado constantemente com um bastão de vidro.

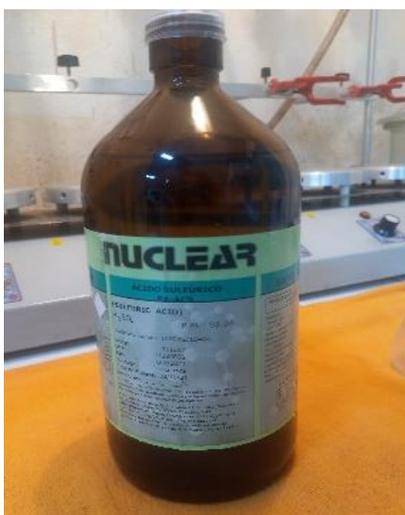


Figura 18: Ácido sulfúrico.

Fonte: Arquivo pessoal.

Após esse tempo o material foi colocado em Erlenmeyer com tampa de rosca e adicionado 84 ml de água destilada (Figura 19a), para atingir uma concentração de ácido de, aproximadamente, 4 %, e submetidos a autoclave por um período de 1 h. Posteriormente, o material foi transferido para um cadinho com placa porosa, previamente pesado, e com auxílio de um Kitassato acoplado a uma bomba de vácuo, realizou-se a filtração do material (Figura 19b). Após transferência total do material para o funil, lavou-se com 150 ml de água destilada quente. Em seguida, o material foi seco em estufa com temperatura a 70 °C, até massa constante, posteriormente o conjunto (cadinho e amostra) foi pesado e sua massa registrada.

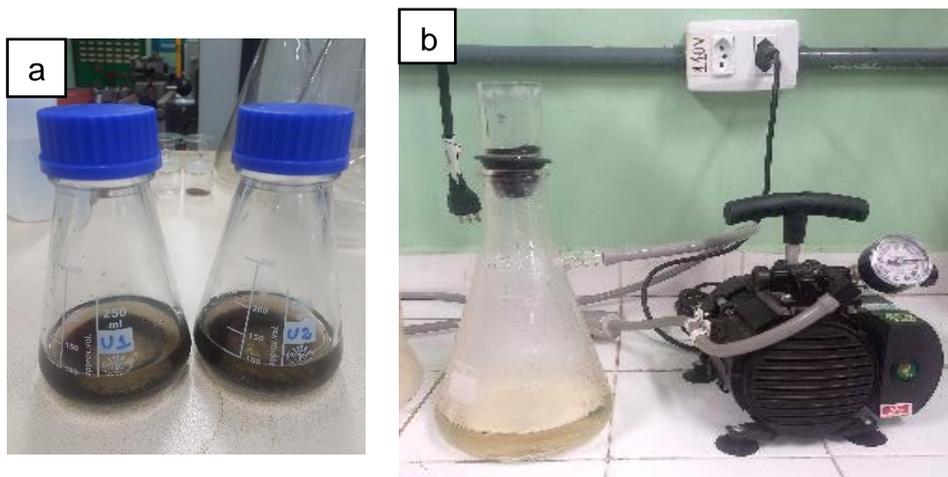


Figura 19: Obtenção da lignina; a) Material antes da autoclave; b) Filtração.
Fonte: Arquivo pessoal.

A lignina solúvel em ácido foi retirada durante processo de filtragem (Figura 20a). A determinação da lignina solúvel foi realizada dentro do período de uma hora após o processo de hidrólise. Uma amostra da solução (Figura 20b) foi submetida a leitura em espectrofotômetro, previamente calibrado com água destilada, sob comprimento de onda de 215 e 280 nm (Figura 20c).

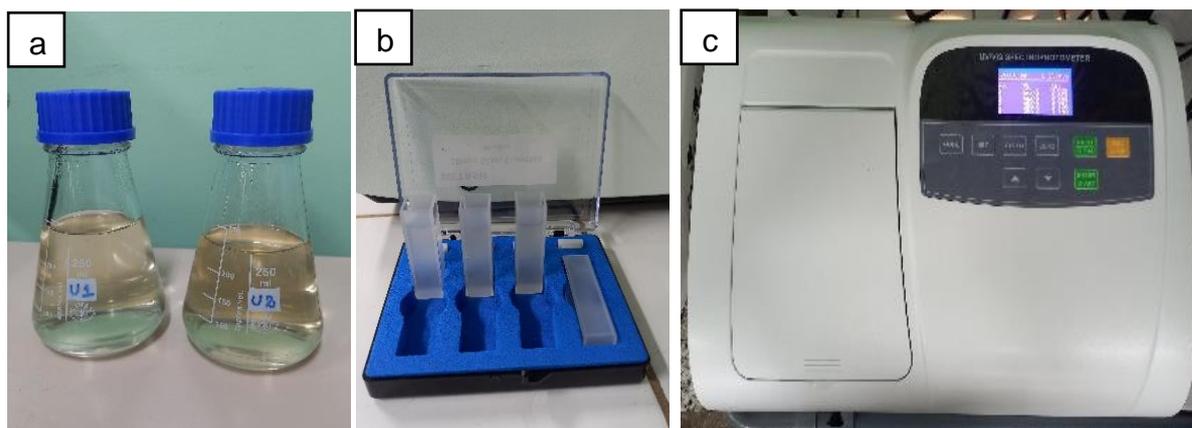


Figura 20: a) Lignina solúvel; b) Amostras para leitura; c) Espectrofotômetro.
Fonte: Arquivo pessoal.

Os teores de lignina insolúvel e solúvel foram calculados de acordo com as Equações (6), (7) e (8) respectivamente.

$$\text{LigIn (\%)} = \left(\frac{\text{Pf} - \text{Pi}}{0,3} \right) \times 100 \quad (6)$$

$$\text{LigSol (\%)} = \left(\frac{(4,53 * \text{Ab215}) - \text{Ab280}}{300 * 0,3} \right) \times 100 \quad (7)$$

$$\text{LigTotal (\%)} = \text{LigIn} + \text{LigSol} \quad (8)$$

Em que:

LigIn é o teor de lignina insolúvel (%);

Pf é a massa do cadinho seco mais lignina insolúvel seca (g);

Pi é a massa do cadinho seco (g);

LigSol é a teor de lignina solúvel (%);

Ab215 é a leitura do espectrofotômetro em comprimento de onda de 215 nm;

Ab280 é a leitura do espectrofotômetro em comprimento de onda de 280 nm;

LigTotal é o teor de lignina total, solúvel e insolúvel (%).

O teor de lignina da amostra livre de extrativos foi obtido com as equações (6), (7) e (8). Em seguida, utilizando a Equação (9), foi obtido o teor de lignina total corrigido, de maneira a descontar o teor de extrativos (TE) encontrado na Equação (2).

$$\text{LigTotalC} = \frac{\text{LigTotal} * (100 - \text{TE})}{100} \quad (9)$$

Em que:

LigTotalC é o teor de lignina total corrigido, em porcentagem (%);

LigTotal é o teor de lignina total, em porcentagem (%);

TE é o teor de extrativos, em porcentagem (%).

3.10. Análise estatística

A quantificação dos teores de umidade, extrativos, cinzas e lignina, assim como a retenção após impregnação e os dados obtidos no ensaio de resistência a fungos foram tabulados e interpretados por meio de estatística descritiva para a avaliação em função da média e desvio padrão dos dados obtidos. Para o ensaio de resistência a fungos aplicou-se análise variância das médias e teste de Tukey ao nível de significância a 5%, por meio de delineamento inteiramente casualizado para cada fungo individualmente, em software digital Assistat 7.7.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Teor de umidade

O teor de umidade médio encontrado pelo método de secagem em estufa foi de 22,91%. Este valor é relativamente alto quando comparado ao descrito por Aparicio (2019), que obteve teor de umidade de 9,56%. Cardoso (2018), observando o teor de umidade das fibras da piaçava da Bahia, encontrou o valor de 8,80%. Vale ressaltar que ambos os autores utilizaram analisador de umidade por infravermelho para o ensaio.

A escassez de dados na literatura limita uma análise comparativa mais aprofundada. De modo geral, ao fazer uma comparação entre os valores referentes aos teores de umidade, o valor encontrado no presente estudo destaca-se dos demais. Savastano Júnior *et al.* (1997) relaciona esse fenômeno com a elevada capacidade de absorver água, devido uma cavidade na região.

De acordo com Josa (2008), é prática habitual dos coletores de piaçava manter as fibras submersas em igarapés antes da pesagem, afim de garantir que não haja perda de massa. Antes de serem vendidas, as fibras são expostas ao sol para apresentar o aspecto visual seco, a ação é justificada em parte, pois a fibra úmida é mais maleável e fácil de cortar, daí então torna-se de interesse da cadeia produtiva manter a umidade, até chegar ao consumidor final.

4.2. Teor de extrativos

Na tabela 2 estão contidos os valores de média e desvio padrão dos teores de extrativos em álcool e totais obtidos.

Tabela 2: Média e desvio padrão dos teores de extrativos.

Solvente	Teor de Extrativos (%)
Álcool	5,52 ± 0,32
Totais (Álcool + Água quente)	6,45 ± 0,36

Fonte: O autor.

O valor médio encontrado para o teor de extrativos totais (sequência álcool/água quente) das fibras de *L. piassaba* foi de 6,45 ± 0,36%, este valor se aproxima do encontrado por Aparicio (2019), que obteve o valor de 8,85% para o teor

de extrativos solúveis em etanol: tolueno (2: 1), entretanto, este valor difere de valores encontrado por outros autores.

Fonseca *et al.* (2018) ao observar a quantidade total de extrativos solúveis em etanol: tolueno (2: 1) das fibras de três palmeiras amazônicas, incluindo a piaçava, encontrou para esta espécie o valor de 12,1%. Para Castro *et al.* (2020), os valores referentes aos teores de extrativos totais foram de 3,41% para piaçava da Amazônia e 1,48% para piaçava da Bahia. Ressalta-se que para extração foi utilizada a sequência etanol: tolueno (2: 1), etanol e água quente.

Ao observar o teor de extrativos solúveis em solução 70% acetona/água, Cardoso (2018), obteve o valor de 3,96% para as fibras da piaçava da Bahia, enquanto Nogueira (2012), para mesma espécie, obteve o valor de 8,2% do teor de extrativos totais.

A variação ocorrida entre os teores de extrativos relacionados, de acordo com Fonseca *et al.* (2018), pode ser explicada pela alta variação de composições e estruturas das fibras lignocelulósicas, dependendo das espécies de plantas, idade, clima e condições do solo. Para Cardoso (2018) a diferença entre os valores pode ser devido ao tratamento inicial das fibras. Ressalta-se que na metodologia utilizada pelo autor, o tratamento inicial foi a lavagem com água e sabão neutro, o que pode ter resultado na remoção inicial de compostos que seriam considerados extrativos.

4.3. Teor de cinzas

O valor médio referente ao teor de cinzas da fibra da piaçava da Amazônia encontrado neste trabalho foi de 0,54%, que assemelha ao obtido por Castro *et al.* (2020), que reportam os valores de 0,59% para piaçava da Amazônia e 0,76% para piaçava da Bahia. Nogueira (2012), também obteve o valor próximo ao encontrado neste trabalho, de 0,7% de para piaçava da Bahia, entretanto, para Aparicio (2019), o valor obtido para o teor de cinzas da fibra de *L. piassaba* foi de 1,13%. Cardoso (2018), cita o valor de 2,65% para o teor de cinzas piaçava da Bahia.

O valor referente ao teor de cinzas encontrado neste trabalho foi o menor que o apresentado por outros autores. Essa diferença entre os valores, conforme Cardoso (2018), possivelmente pode estar atribuída ao tipo de solo da vegetação. Aparicio (2019), cita que a diferença entre os valores é decorrente do cultivo diferenciado para cada região, clima e época do ano de colheita.

As cinzas são compostas normalmente pelos minerais presentes na amostra e embora o teor de cinzas esteja presente na fibra em proporções menores, ele é responsável por importantes funções metabólicas (Cardoso, 2018).

4.4. Teor de lignina

Na tabela 3 estão contidos os valores dos constituintes químicos da fibra de *Lepoldinia piassaba*. A Lignina destacou-se dentre os demais constituintes primários, com valor percentual médio majoritário de $54,26 \pm 0,46\%$. Na literatura, corroborando com este trabalho, são descritos valores de teor de lignina presente nas fibras de piaçava que se aproximam ao deste estudo.

Tabela 3: Constituintes químicos da fibra de piaçava.

Lignina (%)	Extrativos (%)	Holocelulose* (%)
54,26	6,22	39,52

*Calculado pela diferença.

Fonte: O autor.

Os valores referentes ao teor de lignina encontrados no trabalho de Castro *et al.* (2020) para as espécies de piaçava da Amazônia e piaçava da Bahia são de 55,86 e 45,93%, respectivamente. Para Fonseca *et al.* (2018), em estudo de caracterização das fibras de três palmeiras amazônicas, encontrou o valor de 50,7% de lignina nas fibras de piaçava, sendo esse o maior valor corresponde a lignina relatado na pesquisa. Aparicio (2019), obteve o valor de 34,92% de teor de lignina nas fibras da piaçava da Amazônia. Cardoso (2018), apresentou o teor de lignina da fibra de piaçava da Bahia de 50,55%. Para Nogueira (2012) o valor obtido de teor de lignina da fibra da piaçava da Bahia foi de 47,0%.

As fibras de *L. piassaba* apresentam alto teor de lignina, que por sua vez, representa grande potencial de utilização como fonte de energia renovável e fonte potencial de compostos fenólicos naturais e adesivos (Fonseca *et al.*, 2018).

4.5. Teste de inibição fúngica

Na figura 16 estão representados os valores médios do crescimento micelial (mm) em relação ao período de dias ensaio para o controle e as soluções de 0,5, 1, 2 e 4%. Nota-se a partir dos resultados obtidos, que a solução de 0,5% apresentou o

menor valor médio, 50,90 mm de crescimento do fungo *G. trabeum*, portanto correspondendo a uma tendência de inibição em relação ao controle que obteve crescimento médio de 78,10 mm. A concentração de 2% apresentou o maior valor médio de crescimento, obtendo valor de 82,29 mm.

Todavia, esperava-se que as soluções de maior concentração apresentassem valores menores referentes ao crescimento do micélio, no entanto, de acordo com Venturoso *et al.* (2011), o fato dos extratos vegetais estimularem o desenvolvimento fúngico pode ser devido à presença de certos promotores de crescimento no extrato. Malheiros *et al.* (2019), mostram que concentrações de extrato maiores ou seu fracionamento devem ser testados para isolar e identificar o composto que é responsável pela tendência observada.

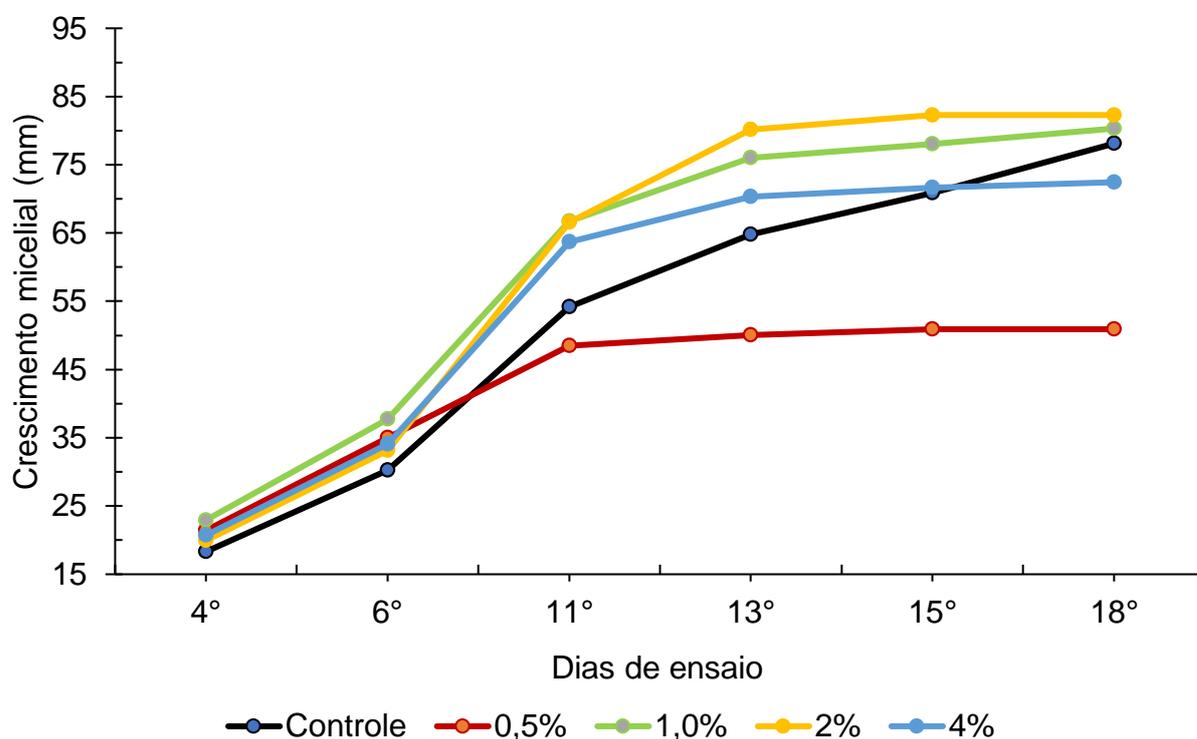


Figura 21: Crescimento micelial ao longo dos dias, em diâmetro (mm).

Fonte: o Autor.

4.6. Impregnação e retenção

Na Figura 17 estão contidos os valores de médias e desvios padrão de retenção dos extratos, em (kg m^{-3}), para as soluções de 0,5, 1, 2 e 4%. Observa-se pelos resultados apresentados que a retenção dos extratos na madeira de marupá seguiu

em exponencial em relação ao aumento da concentração, com o maior valor de 20,85 kg m⁻³ para a solução de 4%, e o menor valor de 0,94 kg m⁻³ para solução de 0,5%.

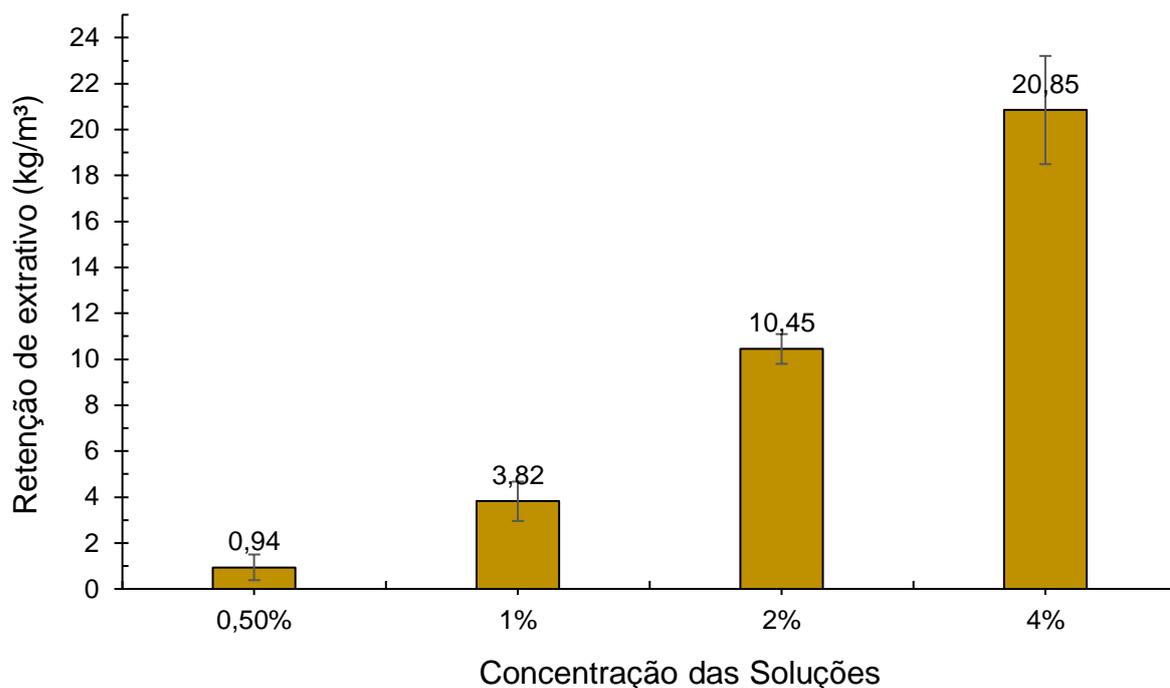


Figura 22: Valores de retenção dos extratos em (kg m⁻³).

Fonte: o Autor.

Os resultados encontrados no presente trabalho no geral estão de acordo com os encontrados por outros autores, como de Lyra (2021) que ao impregnar a madeira de marupá com extratos de 6 espécies florestais, o autor encontrou valores médios superiores de retenção que variam entre 15 e 20 kg m⁻³ para concentração de 2%, e entre 26 e 35 kg m⁻³ para a concentração de 4%.

Barbosa *et al.* (2007) obteve os valores de 4,85 e 6,69 kg m⁻³ para o índice de retenção da madeira de marupá, impregnada com extratos da madeira e casca de 3 espécies madeireiras, utilizando as concentrações de extrato de 1 e 0,1%. Oliveira (2021) ao observar o tratamento de 4 espécies de madeira com o arseniato de cobre cromatado tipo C (CCA-C), seguindo o procedimento do processo Bethell de célula cheia, obteve a retenção de 5,4 kg m⁻³ para espécie de *S. amara*. A solução para tratamento das amostras utilizou a concentração de 1,6%.

Brocco (2014) obteve retenção média de 23,15 kg m⁻³ na madeira de *Pinus sp.*, utilizando uma solução com concentração em 4% de extrativos de teca (*Tectona*

grandis). A solução utilizada foi combinada com extrativos solúveis em água quente e etanol absoluto.

4.7. Resistência a fungos

Na figura 18 estão representados os valores médios e desvio padrão da perda de massa para as concentrações de 0,5, 1, 2 e 4%, e para as testemunhas (impregnada com etanol e não impregnada) em relação a ação dos fungos *G. trabeum* e *P. sanguineus*, ao longo do período de 6 semanas.

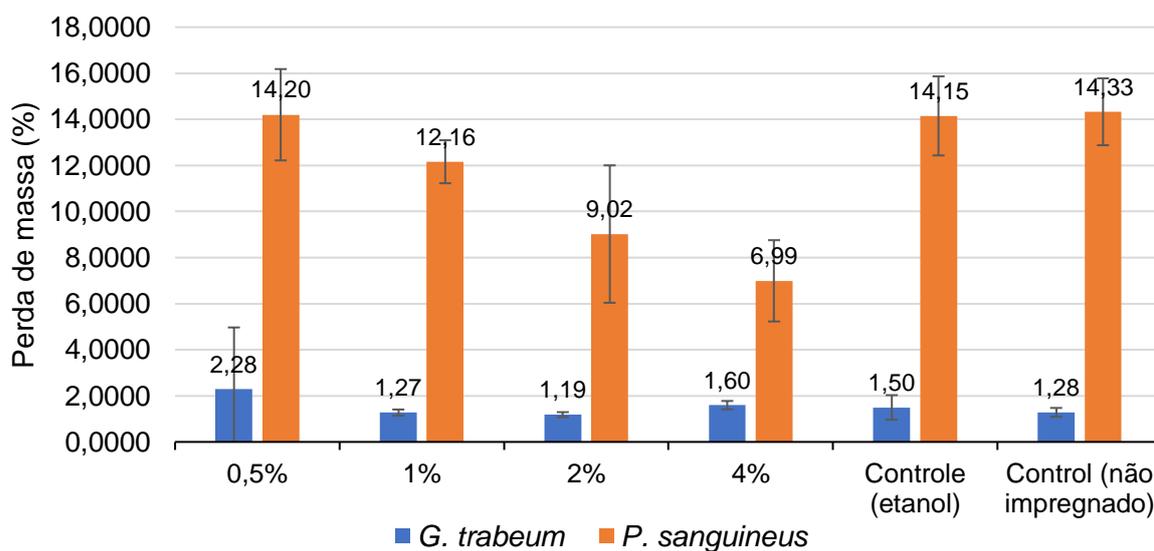


Figura 23: Perda de massa média por concentração (%).

Fonte: O autor.

De modo geral, nota-se que a espécie fúngica *P. sanguineus* apresentou desenvolvimento superior relação ao *G. trabeum* (Figura 19). Esperava-se uma maior perda de massa nas amostras submetidas a ação do fungo *G. trabeum*. Assim como, espera-se, também, que houvesse diferença entre as amostras que foram submetidas a impregnação. No entanto, a espécie fúngica *G. trabeum* utilizada neste estudo não apresentou atividade expressiva no consumo das amostras. O tempo de ensaio pode ter influenciado para a obtenção de resultados pouco expressivos e não conclusivos no ensaio para o fungo de podridão parda.

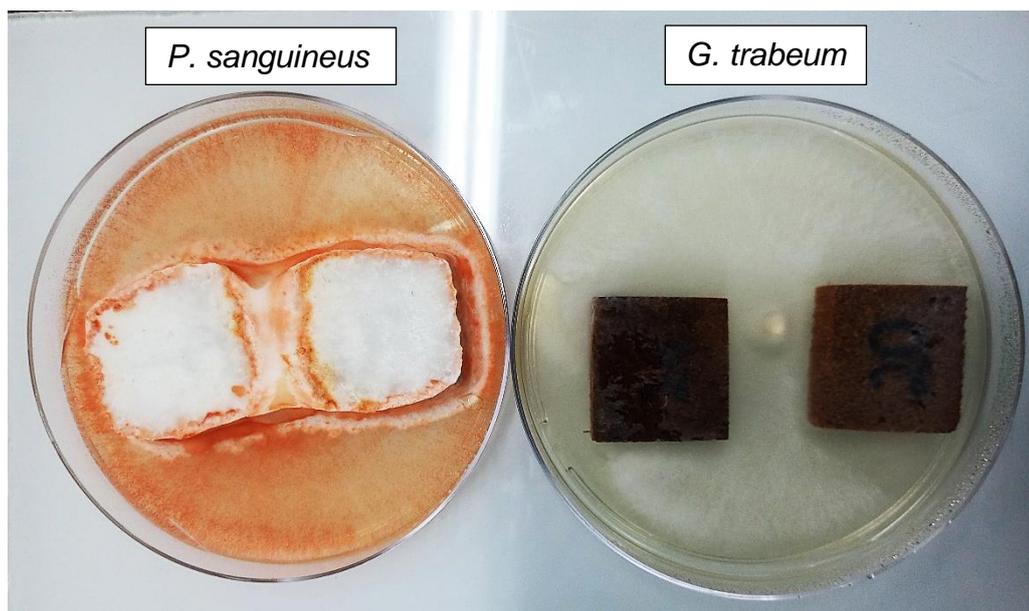


Figura 24: Desenvolvimento ao final do ensaio de resistência.

Fonte: Arquivo pessoal.

A análise de variância indicou que não houve diferença significativa para as amostras impregnadas e controle, submetidas ao fungo de podridão parda *G. trabeum*, conforme mostrado na Tabela 4.

Tabela 4: Média da perda de massa (%).

Concentração (m: v)	Espécie Fúngica	
	<i>G. trabeum</i>	<i>P. sanguineus</i>
0,5%	2,2833 a	14,2008 a
1%	1,2722 a	12,1607 ab
2%	1,1853 a	9,0214 bc
4%	1,5967 a	6,9919 c
Controle (Etanol)	1,4959 a	14,1493 a
Controle (não impregnado)	1,2823 a	14,3280 a

Fonte: O autor.

Para as amostras submetidas a ação de fungo de podridão branca *P. sanguineus*, observa-se diferença significativa entre as concentrações de extrato impregnadas, mostrando aumento da resistência da madeira a perda de massa. As amostras impregnadas com a solução na concentração de 4% apresentaram menor valor médio de perda de massa, sendo estatisticamente semelhante as amostras da

concentração de 2%. Os maiores valores de perda de massa foram obtidos pelas amostras das concentrações de 0,5 e 1%, assim como as amostras controle, ambos não obtiveram diferença significativa entre si. As amostras impregnadas com a solução de 2% de concentração, por sua vez, são estatisticamente iguais as concentrações de 1 e 4%.

5. CONCLUSÃO

Conclui-se com este trabalho que a fibra de *Lelpoldinia piassaba* possui baixo teor de cinzas e alto teor de lignina, apresentando características importantes, para produtos de uso energético.

Os resultados obtidos no teste de inibição não ocorreram conforme o esperado e não foi indicado o real motivo que acarretou este resultado. Os valores de retenção foram satisfatórios para todas as concentrações testadas.

O teste de resistência a fungos, no que se trata ao fungo *Gloeophyllum trabeum*, não correspondeu com o esperado, devido ao desenvolvimento pouco expressivo do fungo. Para o fungo *Pycnoporus sanguineus*, as concentrações de 2 e 4% apresentaram aumento na resistência da madeira.

Os extratos de *L. piassava* apresentaram tendência de inibição ao fungo *P. sanguineus* com o aumento da concentração diferiu ao longo do período de 6 semanas. Sugere-se que mais pesquisas sejam realizadas, em laboratório e em campo, testando a ação de organismos xilófagos por um período de tempo mais longo.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A. T. S. de. **Determinação das propriedades físicas e dos teores de extrativos da madeira de Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) nas direções longitudinal e radial**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal), Universidade do Estado do Amazonas, Amazonas, 2021.
- AMADO, J. L. M.; REIS, M. E. de P. Análise do comportamento mecânico de compósito reforçado com fibra de piaçava. 2019.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). Annual Book of ASTM Standards. 2005.
- AMERICAN WOOD-PRESERVERS' ASSOCIATION (AWPA). 2012 AWPA Book of Standards. 2012.
- APARICIO, R. R. *et al.* Influência das razões de pré-polímero na matriz poliuretânica de óleo de mamona em compósito com alto teor fibras de fibras de piaçava da Amazônia. 2019.
- AQUINO, R. C. M. P.; MORAES D'ALMEIDA, J. R.; MONTEIRO, S. N. Desenvolvimento de Compósitos de Matriz Polimérica e Piaçava, como Substitutivo de Produtos de Madeira. **Revista Vértices**, v. 4, n. 1, p. 42-47, 2002.
- ARAUJO, H. J. B. de; MAGALHÃES, W. L. E.; OLIVEIRA, L. C. de. Durabilidade de madeira de eucalipto citriodora (*Corymbia citriodora* (Hook.) KD Hill & LAS Johnson) tratada com CCA em ambiente amazônico. **Acta Amazônica**, v. 42, p. 49-58, 2012.
- BARBOSA, A. P.; NASCIMENTO, C. S. do; MORAIS, J. W. de. Estudos de propriedades antitermíticas de extratos brutos de madeira e casca de espécies florestais da Amazônia Central, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 37, p. 213-218, 2007.
- BOSSARDI, K.; BARREIROS, R. M. Produtos naturais como preservantes para madeiras de rápido Crescimento—uma revisão. **Revista Ciência da Madeira (Brazilian Journal of Wood Science)**, v. 2, n. 2, p. 10-12953/2177-6830. v02n02a05, 2011.
- BROCCO, V. F. Potencialidades dos extrativos do cerne da madeira de teca como preservativo natural e sua influência na cor de madeiras claras. 2014.
- CARDOSO, Y. T. Extração e caracterização da lignina proveniente da fibra de piaçava. 2018.
- CARMO, A. G. O. do. Avaliação do potencial preservativo dos extratos do cerne no alburno da madeira de *Corymbia citriodora* (Hook.) KD Hill & LAS Johnson. 2008.
- CASTRO, J. P. *et al.* Pretreatment affects activated carbon from piassava. **Polymers**, v. 12, n. 7, p. 1483, 2020.
- CASTRO, V. G. de; GUIMARÃES, P. P. Deterioração e preservação da madeira. **Mossoró: EdURFESA**, p. 213, 2018.

DE MORAES, M. A. F. D.; BACHA, C. J. C. A evolução da indústria de preservação de madeira no Brasil e em outros países. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 33, n. 4, p. 71-98, 2020.

FONSECA, A. S. *et al.* Main Characteristics of Underexploited Amazonian Palm Fibers for Using as Potential Reinforcing Materials. 2018.

GALLIO, E. *et al.* Eficiência de preservantes fungicidas em madeiras de duas espécies florestais submetidas à deterioração por fungo. **Nativa: pesquisas agrárias e ambientais. Cuiabá, MT. Vol. 5, n. 6 (nov./dez. 2017), p. 434-439**, 2017.

GARCIA, T. A. Purificação e caracterização das lacases de *Pycnoporus sanguineus*. 2006.

GERALDO, F. C. Aspectos tecnológicos e econômicos da preservação de madeiras. In: **II Congresso Ibero-Americano de Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos Florestais**. 2002.

GOMES, J. I.; FERREIRA, G. C. Durabilidade natural de quatro madeiras amazônicas em contato com o solo. 2002.

GONZAGA, A. L. **Madeira: uso e conservação**. IPHAN, 2006.

GUIMARÃES JUNIOR, J. C.; MIRANDA, I. P. de A.; LASMAR, D. J. O extrativismo da piaçava (*Leopoldinia piassaba* Wallace) no município de Barcelos-AM. 2021.

GUIMARÃES, C. A. L.; SILVA, L. A. M. **Piaçava da Bahia (*Attalea funifera* Martius): do extrativismo à cultura agrícola**. Editus, 2012.

IBGE-INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção da extração vegetal e da silvicultura. Rio de Janeiro: IBGE, v. 31, p. 16, 2016.

JANKOWSKY, I. P.; BARILLARI, C. T.; FREITAS, V. P. A preservação de madeiras no Brasil. **Revista da Madeira**, v. 67, n. 1, p. 49-50, 2002.

JOSA, I. O. Piaçabeiros e piaçaba no médio rio Negro (Amazonas-Brasil), socioeconomia da atividade extrativista e ecologia da *Leopoldinia piassaba* Wallace. 2008.

KLOCK, U. *et al.* Química da madeira. **Fupec, Curitiba**, 2005.

LOPES, L. Q.; SANTOS, S. O. Tratamento preservativo de madeiras. 2013.

LORENZI, H. Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 1992.

LORENZI, H. *et al.* Palmeiras brasileiras e exóticas cultivadas. 2004.

LYRA, P. H. da C. **Eficácia de extratos de madeiras amazônicas contra térmitas xilófagas**. Monografia (Bacharelado em Engenharia Florestal), Universidade do Estado do Amazonas, Amazonas, 2021

- MACHADO, G. de O. *et al.* Preservante natural de madeira para uso na construção civil-óleo de neem. **Revista Minerva**, v. 3, n. 1, p. 1-8, 2006.
- MALHEIROS, R. P. *et al.* Phytochemical Characterization and Effect of Cagaita Leaf Extracts on *Aspergillus* Sp. **Floresta e Ambiente**, v. 26, 2019.
- MARCONDES, E. *et al.* Resistência natural da madeira de duas espécies amazônicas em ensaios de deterioração de campo. **Scientia plena**, v. 9, n. 6, 2013.
- MORAIS, J. P. S.; ROSA, M. de F.; MARCONCINI, J. M. Procedimento para análise lignocelulósica. 2011.
- MORESCHI, J. C. Biodegradação e preservação da madeira. **Curitiba: UFPR**, 2013.
- MUSIAL, C. M. *et al.* Uso de tanino no tratamento preservativo da madeira de Jacaranda copaia. **Engenharia Florestal: desafios, limites e potencialidade. Belo Horizonte: Editora Científica**, v. 1, p. 881-889, 2020.
- NOGUEIRA, B. R. **Avaliação dos efeitos da radiação ionizante por feixe de elétrons na incorporação de fibras de piaçava (*Attalea funifera* Mart.) no copolímero de etileno e álcool vinílico (EVOH)**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- OLIVEIRA, A. M. R. da S. **Caracterização da fibra do licuri (*Syagrus coronata* (Martius) Beccare) para aplicações na construção civil**. 2010. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2010.
- OLIVEIRA, E. M. Redes neurais artificiais para predição da vida útil de madeiras da Amazônia em campo de apodrecimento. 2021.
- OLIVEIRA, J. T. da S. *et al.* Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. **Revista Árvore**, v. 29, p. 819-826, 2005.
- PEDRAZZI, C. *et al.* **QUÍMICA DA MADEIRA** 1º edição. Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Departamento de Ciências Florestais, 2019.
- PIRANI, J. R.; THOMAS, W. W. Simaroubaceae *in* Lista de espécies da flora do Brasil. **Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/listaBrasil/>. Acessado em: 13/10/2022, v. 22, n. 04, 2015.
- REBELO, V. S. M. *et al.* Efeitos da mercerização em fibras de Piaçava Amazônica (*Leopoldinia piassaba*) para produção de painéis de partículas de média densidade. 2016.
- RIOS, M. N. da S.; PASTORE JÚNIOR, F. Plantas da Amazônia: 450 espécies de uso geral. 2011.
- SAVASTANO JÚNIOR, H.; AGOPYAN, V.; OLIVEIRA, L. Estudo da microestrutura das fibras vegetais e de suas implicações sobre o desempenho de compósitos cimentícios. 1997.

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

SILVA, J. de C.; CABALLEIRA LOPEZ, A. G.; OLIVEIRA, J. T. da 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**, v. 28, p. 583-587, 2004.

SILVA, J. P. A. G. *et al.* Especificações de tratamento de preservação para elementos de madeira. 2008.

SILVA, M. R. da. **Efeito do tratamento térmico nas propriedades químicas, físicas e mecânicas em elementos estruturais de Eucalipto citriodora e Pinus taeda**. 2012. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SILVEIRA, M. F. da. Influência de metabólitos secundários de madeiras da Caatinga na resistência ao ataque de fungos apodrecedores. 2018.

SOUZA, M. M.; BUFALINO, L.; GOMES, L. G. Caracterização madeira de Marupá (*Simarouba Amara* Aubl, Simaroubaceae) visando utilização na indústria moveleira. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 12, p. 98163-98185, 2020.

TEIXEIRA, J. G. *et al.* Efeito preservativo de produtos químicos naturais e do tratamento térmico na biodeterioração da madeira de *Pinus caribaea* Morelet. 2012.

VENTUROSOSO, L. dos R. *et al.* Antifungal activity of plant extracts on the development of plant pathogens. **Summa Phytopathologica**, v. 37, p. 18-23, 2011.