



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS

SARA FREITAS DE SOUSA

**EFICIÊNCIA DOS ÓLEOS DE ANDIROBA, COPAÍBA E PINHÃO MANSO NA
MELHORIA DA RESISTÊNCIA DA MADEIRA DE *Pinus elliottii* A
ORGANISMOS XILÓFAGOS**

JERÔNIMO MONTEIRO - ES

2016

SARA FREITAS DE SOUSA

**EFICIÊNCIA DOS ÓLEOS DE ANDIROBA, COPAÍBA E PINHÃO MANSO NA
MELHORIA DA RESISTÊNCIA DA MADEIRA DE *Pinus elliottii* A
ORGANISMOS XILÓFAGOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais, na Área de Concentração Ciências Florestais.

Orientador: Dr. Juarez Benigno Paes

Coorientadora: Dra. Marina Donária Chaves Arantes.

JERÔNIMO MONTEIRO - ES

2016

Dados Internacionais de Catalogação-na-publicação (CIP)
(Biblioteca Setorial de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Espírito Santo, ES, Brasil)

S725e Sousa, Sara Freitas de, 1990-
Eficiência dos óleos de andiroba, copaíba e pinhão manso na melhoria da resistência da madeira de *Pinus elliottii* a organismos xilófagos / Sara Freitas de Sousa. – 2016.
80 f. : il.

Orientador: Juarez Benigno Paes.

Coorientadora: Marina Donária Chaves Arantes.

Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Madeira – Durabilidade. 2. Produtos naturais. 3. Coníferas. I.
Paes, Juarez Benigno. II. Arantes, Marina Donária Chaves. III.
Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias.
IV. Título.

CDU: 630

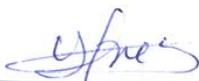
**EFICIÊNCIA DOS ÓLEOS DE ANDIROBA, COPAÍBA E PINHÃO MANSO NA
MELHORIA DA RESISTÊNCIA DA MADEIRA DE PINUS ELLIOTTII A
ORGANISMOS XILÓFAGOS**

Sara Freitas de Sousa

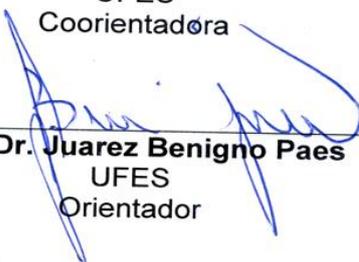
Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.

Aprovada em 11 de julho de 2016.


Dr.ª Juliana Grilo Teixeira
UFRRJ
Examinadora Externa


Dr. Yonny Martinez Lopez
UFES
Examinador Externo


Prof.ª Dr.ª Marina Donária Chaves Arantes
UFES
Coorientadora


Prof. Dr. Juarez Benigno Paes
UFES
Orientador

“Tudo tem o seu tempo determinado, e há tempo
todo o propósito debaixo do céu.” (Eclesiastes 3:1)

Aos meus pais, Edilson Lira e Sirley Freitas, por serem minha fortaleza nos momentos mais difíceis, por me ensinarem o verdadeiro valor da vida, e por me amarem incondicionalmente.

Aos meus irmãos Charles Freitas e Simeir Freitas, por me apoiarem e acreditarem em meu potencial, e por não medirem esforços para me ajudar a conquistar este sonho.

Dedico...

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me amar e sustentar nos momentos mais difíceis, por me conceder forças para nunca desistir e por colocar pessoas tão especiais ao meu lado.

A Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), e ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, pela grande oportunidade concedida e por viabilizar financeiramente o meu curso de mestrado.

Ao Complexo Agroindustrial Pindobas, pelo fornecimento da madeira para a realização deste trabalho.

Ao Professor Dr. Juarez Benigno Paes, por todo carinho, apoio, conhecimento, incentivo e dedicação, e a Professora Dr^a. Marina Donária Chaves Arantes, pela coorientação e pela contribuição neste trabalho. Meu muito obrigada.

Agradeço imensamente a todos os professores deste programa, pelo apoio e por compartilhar os conhecimentos adquiridos.

Aos membros da Banca Examinadora, Dr. Yonni Martinez Lopez e Dr^a. Juliana Grilo Teixeira, pela participação e contribuições no trabalho.

Aos técnicos dos laboratórios, José Geraldo, Luciano, Elecy, Gilson, Alexandro e aos demais funcionários do departamento, por me ajudarem e se disponibilizarem, em especial agradeço à Jocely, Eliane, Vanessa e Gileade pelos “Bom dia” e pelos incentivos valiosos.

Aos meus pais, Edilson Lira e Sirley Sousa, meus irmãos Charles Freitas e Simei Freitas, meu cunhado Abmael Laurido, cunhada Solange Sousa, e minhas sobrinhas Cecília e Ester. Vocês foram fundamentais para eu persistir, muito obrigada pela força, dedicação e o amor que nunca me faltou.

Aos meus avôs, tios (as), primos (as) (família Freitas e Sousa), agradeço por compreenderem esses momentos que estive longe de vocês, por compartilharem momentos comigo, mesmo distante.

A todos os colegas e amigos da UFES, pelo convívio, colaboração e aprendizado, em especial aos amigos Dercílio Verly, Gabrielly Bobadilha, Ana Paula Câmara, Sabrina Barros, Marcos Nicácio, Amanda Mota, Sandra Bezerra e Taíse Aozani que compartilhei momentos únicos, que guardarei para sempre.

“Em todo o tempo ama o amigo e para a hora da angústia nasce o irmão (Provérbios 17: 17).

Agradeço imensamente a todos do Laboratório de Biodeterioração e proteção da madeira, Luciana Ferreira, Pedro Nicó, Victor Brocco, Joyce, que me ajudaram neste trabalho. Obrigada por compartilharem momentos de alegria, e muitas vezes, desespero. Agradeço imensamente aos colegas Elvis Ricardo Branco e João Gabriel, que também contribuíram com este trabalho.

Aos amigos do Laboratório de Microbiologia da Universidade Federal do Oeste do Pará (UFOPA), em especial à Professora Katrine Escher, que nos momentos que precisei, não mediu esforços em ajudar, seja com palavras ou atitudes.

Aos amigos e irmãos, Pr. Antônio Carlos Valadão e Luzia Valadão, Ulda Verly e família, Celso Meneghetti e Heloísa, Jonas e Andreia, que estiveram ao meu lado, e nos momentos que a ausência da família chegou a ser insuportável, me ampararam.

Aos amigos que independentemente de estarem perto ou longe, nunca esqueceram de mim, e sempre me deram forças para continuar: Vanessa Mota, Helender Ueno, Nildes Santos, Cleoete, Almir Neto, Elen Kaley, Mateus Araújo, Bárbara Viana, Camilla Gazel.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, muito obrigada.

BIOGRAFIA

Sara Freitas de Sousa, natural de Santarém, PA, filha de Edilson José Lira de Sousa e Sirley Freitas de Sousa.

Em 2008, concluiu o ensino médio na Escola Estadual Álvaro Adolfo da Silveira, em Santarém, PA.

No primeiro semestre de 2014, participou do intercâmbio na Universidad de Salamanca, pelo Programa Top España.

Em 2014, concluiu a graduação em Engenharia Florestal, pela Universidade Federal do Oeste do Pará, UFOPA, em Santarém, PA.

No segundo semestre de 2014, ingressou no Programa de Pós Graduação em Ciências Florestais na Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, em Jerônimo Monteiro, ES.

RESUMO

SOUSA, SARA FREITAS. **Eficiência dos óleos de andiroba, copaíba e pinhão manso na melhoria da resistência da madeira de *Pinus elliottii* a organismos xilófagos.** 2016. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Orientador: Dr. Juarez Benigno Paes. Coorientadora: Prof. Dr^a. Marina Donária Chaves Arantes.

Muitos são os compostos empregados para aumentar a resistência natural da madeira. Produtos naturais estão sendo pesquisados, visando garantir a sustentabilidade do meio ambiente, a saúde humana, e diminuir a utilização de produtos tradicionais. O objetivo desta pesquisa foi avaliar a eficiência dos óleos de andiroba, copaíba e pinhão manso na resistência biológica da madeira de *Pinus elliottii*. Os óleos de andiroba e copaíba foram oriundos de comunidades do município de Santarém, Pará, e o óleo de pinhão-manso da Fazenda Tamanduá, município de Santa Terezinha, Paraíba. Foram determinadas as características físicas (pH, índice de acidez, viscosidade e densidade) dos óleos e realizados ensaios de toxidez em meio de cultura, resistência ao apodrecimento acelerado em laboratório (fungos de podridão parda e branca) e de resistência a fungos de podridão-mole e a cupins xilófagos. Para a avaliação da eficiência, os mesmos foram empregados puros e enriquecidos com iodo sublimado. Foram avaliados os efeitos da volatilização e lixiviação na eficiência das soluções contra os organismos citados. De modo geral, com o incremento de iodo nos óleos de andiroba e copaíba, houve o aumento da viscosidade e densidade, além de diminuir o pH. O incremento de iodo proporcionou maior eficiência dos óleos, sendo isto verificado pelas menores perdas de massa, exceto no ensaio de resistência a cupim de madeira seca, em que os óleos puros proporcionaram maiores resistências à madeira. Em todos os ensaios a testemunha (madeira não tratada) foi mais deteriorada. Notou-se que a volatilização e lixiviação influenciou negativamente a eficiência dos óleos em alguns tratamentos, nos ensaios realizados.

Palavras-chave: durabilidade da madeira, produtos naturais, coníferas.

ABSTRACT

SOUSA, SARA FREITAS. **Efficiency of andiroba, copaiba and jatropa oils in improving of the resistance of *Pinus elliottii* wood to xylophagous organisms.** 2016. Dissertation (Master's degree in Forest Sciences) – Federal University of Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Advisor: Prof. Dr. Juarez Benigno Paes. Co-advisor: Prof. Dr^a. Marina Donária Chaves Arantes.

Many are the compounds used to increase the natural resistance of wood against xylophagous organisms. Natural products have been studied to ensure the sustainability of the environment, human health, and reduce the use of traditional products. The objective of this research was to evaluate the efficiency of andiroba, copaiba and pinhão-manso oils in the biological resistance of the wood of *Pinus elliottii*. The andiroba and copaíba oils were got from communities of Santarém city – Pará, Brazil and the pinhão-manso was got from Tamanduá farm, situated in Santa Terezinha – Paraíba, Brazil. Determined the physical characteristics (pH, acid rate, viscosity and density), toxicity test in culture medium and accelerated decay in laboratory (brown and white rot fungi), soft-rot fungi and termite resistance. To evaluate the efficiency used oils pure and fortified with iodine sublimed. Evaluated the volatilization and leaching effects these ones to the xylophagous degrading organisms. In General, with the increase of iodine in andiroba and copaiba oils, viscosity and density increase, in addition to lower the pH. The increase of iodine provided better oils efficiency, being it verified by lower weight loss, except in the termite resistance assay of dry wood, in which the pure oils provided greater resistance to wood. In all trials, the untreated wood was more damaged. It was noted that the volatilization and leaching influenced negatively the efficiency of oils in some treatments, in the tests carried out.

Keywords: durability of wood, natural products, conifers.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivo geral.....	14
1.1.2 Objetivos específicos.....	14
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 DURABILIDADE NATURAL E PROTEÇÃO DA MADEIRA.....	15
2.2 AGENTES BIODETERIORADORES DE MADEIRA	16
2.3 GÊNERO <i>Pinus</i>	18
2.4 PRODUTOS NATURAIS DE ORIGEM VEGETAL	19
2.4.1 Óleo de andiroba (<i>Carapa</i> sp.)	20
2.4.2 Óleo de copaíba (<i>Copaifera</i> sp.)	22
2.4.3 Óleo de pinhão-manso (<i>Jatropha curcas</i> L.)	23
3 MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1 ORIGEM DOS ÓLEOS VEGETAIS	25
3.2 ANÁLISE FÍSICA DOS ÓLEOS.....	26
3.3 PREPARO E TRATAMENTO DA MADEIRA DE <i>Pinus elliottii</i>	27
3.4 ENSAIO DE TOXIDEZ EM MEIO DE CULTURA	28
3.5 ENSAIO DE APODRECIMENTO ACELERADO	29
3.6 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A FUNGOS DE PODRIDÃO MOLE	31
3.7 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A TÉRMITAS XILÓFAGOS	32
3.7.1 Ensaio de alimentação forçada a térmitas subterrâneos.....	32
3.7.2 Ensaio com térmitas de madeira seca.....	34
3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS.....	35
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4.1 DENSIDADE DA MADEIRA DE <i>Pinus elliottii</i>	37
4.2 RETENÇÃO DOS ÓLEOS APÓS O TRATAMENTO	37
4.3 ANÁLISE FÍSICA DOS ÓLEOS.....	42
4.4 ENSAIO DE TOXIDEZ EM MEIO DE CULTURA	46
4.4.1 <i>Trametes versicolor</i>	46
4.4.2 <i>Postia placenta</i>	47
4.5 ENSAIO DE APODRECIMENTO ACELERADO	49
4.5.1 Fungo <i>Trametes versicolor</i>	49
4.5.2 Fungo <i>Postia placenta</i>	52
4.6 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A FUNGOS DE PODRIDÃO MOLE	54

4.7 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A TÉRMITAS XILÓFAGOS	57
4.7.1 Ensaio de alimentação forçada a térmitas subterrâneos.....	57
4.7.2 Ensaio de cupim de madeira seca	61
5 CONCLUSÕES	66
6 REFERÊNCIAS.....	68
APÊNDICES	78

1 INTRODUÇÃO

A madeira é um material utilizado pelo homem desde os tempos mais remotos. Este produto tem uma demanda cada vez maior no mercado, entretanto está sujeito à degradação biológica por organismos xilófagos, o que compromete sua resistência natural (PAES, 1997).

Em função da quantidade escassa de madeira que apresenta elevada durabilidade natural, aliada à demanda do setor madeireiro, é de fundamental importância testar produtos que contribuam com a resistência natural e aumentem sua vida útil em serviço. Por meio da avaliação da durabilidade natural é possível estimar a vida média útil e a suscetibilidade a organismos xilófagos (CARBALLEIRA LOPEZ; MILANO, 1986). As espécies florestais com alta durabilidade natural possuem destaque diferenciado no mercado, o que confere a elas um amplo espectro de utilização e valorização (JESUS et al., 1998; OLIVEIRA; TOMAZELLO; SILVA, 2005).

Os fungos e térmitas são os principais organismos causadores de perdas em estruturas de madeira (pontes, postes, dormentes e moirões) e em móveis. Para avaliar a resistência natural da madeira a organismos xilófagos, são necessários testes laboratoriais e de campo ou de serviço. Esses ensaios consistem em submeter amostras de madeira ao ataque de fungos xilófagos causadores das podridões branca, parda ou mole, a térmitas e outros insetos.

Uma das principais propriedades das madeiras é a sua maior ou menor suscetibilidade a organismos xilófagos, principalmente a fungos apodrecedores e a térmitas. Os cupins são conhecidos por causarem prejuízos econômicos em áreas urbanas e rurais, pois possuem a capacidade de deteriorar móveis, postes e outras estruturas de madeira.

Os fungos também são organismos que deterioram a madeira e são classificados em emboladores, manchadores e apodrecedores, sendo este último o que ocasiona maior prejuízo, pois é capaz de consumir os componentes químicos da madeira, tais como celulose, hemicelulose e lignina.

A partir da baixa resistência natural a organismos xilófagos, surge a necessidade de impregnar a madeira com produtos químicos, o que lhe confere maior durabilidade (PAES; MORESCHI; LELLES, 2005).

Vários produtos são empregados para aumentar a resistência natural da madeira contra organismos xilófagos, entretanto, os compostos químicos utilizados podem ser prejudiciais ao homem e ao ambiente. Os óleos e extrativos naturais estão sendo cada vez mais testados para o tratamento de madeira, como exemplos, o óleo de candeia (*Eremanthus erythropappus*) e seus subprodutos (PAES et al., 2010; TEIXEIRA, 2012), de nim (*Azadirachta indica*) (MACHADO et al., 2006) e extrativos do cerne da madeira de teca (BROCCO, 2014). Esses produtos naturais podem garantir a sustentabilidade do meio ambiente, a saúde humana, e diminuir a utilização de produtos tradicionais que possuem compostos tóxicos na sua formulação (TEIXEIRA, 2012; BARILLARI, 2002).

Óleos de andiroba, copaíba e pinhão-manso são estudados por serem empregados nos mais variados fins, dentre estes; sabões e sabonetes, velas, medicamentos, biodiesel, biolubrificantes, tintas e vernizes, fiação de lã e lustração de móveis (GONÇALVES, 2001; DUQUE, 2004; ARRUDA et al., 2004). Além de também serem utilizados como inseticidas, fungicidas e moluscicidas (FREIRE; BRITO-FILHA; CARVALHO-ZILSE, 2006; DEUS et al., 2011; QUEIROGA et al., 2012; OLIVEIRA; SANTANA; ANTIGO, 2013).

A sociedade moderna vem buscando dar uma maior atenção às questões ambientais. Na preocupação com a conservação do meio ambiente e com a saúde humana, é frequente a busca por tecnologias limpas, visando minimizar os prejuízos ocasionados pela utilização de substâncias nocivas, e muitas vezes tóxicas, tais como; o arseniato de cobre cromatado (CCA) e o borato de cobre cromatado (CCB) (APPEL et al., 2006).

Dessa forma, torna-se interessante investir em pesquisas que visam o uso de substâncias naturais, extraídas da madeira ou de outras partes dos vegetais, como potenciais preservativos naturais, os quais incluem também as espécies oleaginosas, como andiroba, copaíba e pinhão manso que poderão ser utilizadas na melhoria da durabilidade natural de madeiras a serem destinadas a indústria de móveis e construção civil.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Caracterizar e avaliar a eficiência dos óleos de andiroba, copaíba e pinhão manso na melhoria da resistência da madeira de *Pinus elliottii*.

1.1.2 Objetivos específicos

- Determinar as características físicas (índice de acidez, pH, viscosidade e densidade) dos óleos de andiroba, copaíba e pinhão manso;
- Avaliar a eficiência dos óleos de andiroba, copaíba e pinhão manso (puro ou enriquecido com iodo sublimado) na melhoria da resistência da madeira de *Pinus elliottii* a fungos e térmitas; e
- Verificar o efeito da volatilização e da lixiviação das soluções preparadas com cada óleo na eficiência dos mesmos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 DURABILIDADE NATURAL E PROTEÇÃO DA MADEIRA

Entende-se por resistência natural, a propriedade que faz a madeira resistir ao ataque de agentes deterioradores sem tratamento preservativo. Esses incluem tanto os biológicos, como físicos e químicos (PAES, 2002).

Conceitua-se durabilidade natural como a vida média útil em serviço que uma madeira possui quando exposta a organismos xilófagos e a condições adversas, como; temperatura, umidade, luminosidade e acidez (OLIVEIRA et al., 1986; JANKOWSKY, 1990).

O grau de resistência natural da madeira varia significativamente entre espécies florestais e até mesmo dentro do próprio indivíduo, sendo proporcionada pelas substâncias tóxicas ou inibidoras naturais contidas na mesma (BARREAL, 1998).

Um dos fatores que limita a utilização da madeira para suas diversas finalidades é a sua durabilidade natural ao ataque de organismos xilófagos, em virtude de ocasionarem maiores danos econômicos, o que se torna um requisito importante para a utilização correta da madeira, principalmente no setor industrial (RICHARDSON, 2009).

A degradação biológica da madeira ocorre por causa de alguns organismos utilizarem como fonte de alimento os polímeros naturais da parede celular, e alguns deles são providos de sistemas enzimáticos específicos, que são hábeis em metabolizá-los em unidades assimiláveis. Há diferenças na durabilidade natural entre o cerne e o alburno, sendo cerne de maior durabilidade pela presença de extrativos e ausência de materiais nutritivos (OLIVEIRA et al., 1986).

É frequente a utilização de compostos químicos para o tratamento de madeira a fim de aumentar sua durabilidade. Costa et al. (2005) ao avaliarem a durabilidade de moirões de *Pinus elliottii*, após 10 anos em campo de apodrecimento, por meio de tratamentos químicos com e sem pressão com creosoto (CR), arseniato de cobre cromatado (CCA), creosoto misturado com óleo queimado e arseniato de flúor cromo fenol (FCAP), verificaram que os

moirões impregnados com creosoto foram os mais resistentes ao ataque de fungos apodrecedores e insetos xilófagos (cupins dos gêneros *Nasutitermes*, *Armitermes* e *Heterotermes*).

Em pesquisa realizada com *Pinus elliottii* var. *elliottii*, *Pinus caribaea* var. *hondurensis*, *Pinus oocarpa* e *Pinus Kesiya*, em que essas espécies foram tratadas com arseniato de cobre cromatado (CCA) tipo A (66,5% CrO₃, 18,1 CuO, 16,4 As₂O₅), tipo B (35,3 CrO₃, 19,6 CuO, 45,1 As₂O₅) e tipo C (45,5 CrO₃, 18,5 CuO, 34,0 As₂O₅); com borato de cobre cromatado (CCB) e pentaclorofenol, em cinco níveis de retenção, verificou-se que até os 21 anos no campo, não houve diferença de comportamento entre as espécies, porém a maior expectativa de durabilidade foi verificado nas madeiras tratadas com CCA tipos A, B e C em retenções acima de 7,5 kg m⁻³ (BARILLARI, 2002).

2.2 AGENTES BIODETERIORADORES DE MADEIRA

2.2.1 Térmitas ou cupins

Os térmitas ou cupins são insetos eusociais (organização social bastante complexa e desenvolvida), da classe insecta e ordem Isoptera, com aproximadamente 2.800 espécies catalogadas no mundo. No Brasil, as principais famílias encontradas são Kalotermitidae, Termopsidae, Rhinotermitidae, Termitidae e Serritermitidae, entre as quais apenas Kalotermitidae, Rhinotermitidae e Termitidae causam danos econômicos à madeira (GALLO et al., 2002).

Nestes insetos, o tipo de simbiote associado ao trato digestório dos mesmos, que auxiliam na degradação da celulose, é que os classificam em inferiores e superiores, sendo esta associação realizada por protozoários e bactérias, respectivamente (COSTA LEONARDO, 2002).

Há diferenças entre os isopteras e os outros insetos sociais. Esses possuem vários tipos morfológicos ou castas que se caracterizam por terem divisões de trabalho e com funções biológicas diferentes, são diplóides e com desenvolvimento hemimetábolo, em que os jovens também são inseridos no trabalho colonial (GALLO et al., 2002).

O principal prejuízo causado pelos cupins é em consequência da sua capacidade de digerir celulose, sendo um dos principais agentes biológicos de degradação de madeira. Os térmitas subterrâneos são mais conhecidos por ocasionarem maiores danos à madeira.

A expansão de cupins é facilitada pelo transporte de madeira pelo homem de uma região para outra e pelas condições favoráveis encontradas em cidades. O controle de cupins é realizado, quase que exclusivamente com produtos químicos (ALMEIDA, 1994).

2.2.2 Fungos xilófagos

Os fungos são organismos multicelulares e eucariontes, que ocasionam destruição da maior parte de produtos de madeira, como, postes, cercas, moirões, dormentes e estruturas diversas, o que resulta em inúmeros prejuízos econômicos (PAES; MORAIS; LIMA, 2005).

Esses fungos deterioradores de madeira podem ser divididos em dois grupos, os que degradam a parede da célula e os que utilizam substâncias de reserva como alimento, como o amido e açúcares (BARILLARI, 2002) ou em função do tipo de ataque que ocasionam na madeira (fungos emboloradores ou manchadores e apodrecedores).

Os fungos classificados como emboloradores ou manchadores ocasionam alterações na superfície da madeira, não modificam significativamente as propriedades mecânicas das mesmas. Já os fungos apodrecedores (podridão branca, podridão parda e podridão mole), causam marcantes alterações nas propriedades das madeiras (físicas e mecânicas), isso ocorre porque os mesmos possuem a capacidade de deteriorar moléculas constituintes da parede celular (CLAUSEN, 2010).

Tanto os fungos de podridão parda como de podridão branca pertencem à subdivisão basidiomycota e possuem elevada capacidade de degradar a madeira, porém a celulose e a hemicelulose são degradadas em diferentes proporções por estes microrganismos, isso irá depender da espécie fúngica de ataque (OLIVEIRA et al., 1986).

2.3 GÊNERO *Pinus*

O gênero *Pinus*, família Pinaceae, é composto por centenas de espécies, distribuídas por parte do Hemisfério Norte, do Japão ao Caribe. Na segunda metade do Século XX, foram introduzidas mudas de diferentes espécies de *Pinus* no Brasil, sendo os *Pinus elliottii*, *P. taeda* e *P. hondurensis*, aqueles que tiveram melhor adaptabilidade. As condições climáticas favoráveis (umidade e insolação) no Brasil influenciaram no crescimento anual dessas espécies, fazendo com que a madeira produzida fosse anatomicamente semelhante, porém com anéis do lenho inicial muito mais largos (GONZAGA, 2006). Os primeiros plantios no Brasil foram em São Paulo e no Sul do País.

A escassez de madeira de *Araucaria angustifolia* e de espécies nativas na década de 1970 fez com que as de *Pinus* spp. viessem a ser uma alternativa de utilização no Brasil. Algumas características da árvore contribuíram para que isso ocorresse, pois a mesma é de boa adaptabilidade em solos ligeiramente ácidos e de fácil implantação e rusticidade no campo, permitindo seu plantio em extensas áreas (COELHO, 2010).

É crescente a utilização da madeira de *Pinus* sp. nas indústrias de celulose e papel. Segundo o último relatório da Associação Brasileira de Celulose e Papel (BRACELPA, 2016), a produção de celulose com madeira de fibra longa foi em média de 210 mil toneladas no primeiro bimestre de 2013, com aumento em média para 235 mil toneladas no mesmo período em 2014. Com relação a utilização desta madeira neste setor, houve um aumento de 100% de 1980 a 2011, sendo este crescimento maior quando comparado a produção de madeira para celulose a partir de eucalipto (83%).

O *Pinus elliottii* é uma espécie florestal heliófila de crescimento rápido, de alta competitividade em relação às gramíneas e arbustos lenhosos uma vez que, seu sistema radicular é capaz de penetrar mais que 5 metros no solo e chegam a atingir alturas que variam de 20 a 40 metros e diâmetro a altura do peito (DAP) de 60 a 90 cm (LAMPRECHT, 1990).

A madeira de *Pinus* sp. é provida de características que lhe permite ser utilizada para diversos fins (BARILLARI, 2002). A mesma pode ser utilizada para a fabricação de caixas, na construção naval, celulose e papel, produtos serrados, painéis, produção de resina, escoras, moirões e postes (ANDRADE, 2006).

A madeira de *Pinus* caracteriza-se por ser estável, fácil de pregar, cortar e trabalhar. Por este motivo vem sendo empregada na caixaria de concreto, na construção civil, além de também já ser utilizada na indústria do mobiliário, e principalmente na produção de compensados (GONZAGA, 2006).

Os reflorestamentos com espécies do gênero *Pinus* também contribuem para conservação do solo, por ser uma cultura de longo prazo e uma atividade de baixo impacto ambiental (VASQUES et al., 2007). Pode também ser utilizado em consórcio com gado, sem que haja influência sobre a produção e qualidade da floresta, sendo esta associação econômica e tecnicamente viável (BAGGIO; SCHREINER, 1988).

2.4 PRODUTOS NATURAIS DE ORIGEM VEGETAL

Os produtos químicos não renováveis ainda são os mais utilizados para proteção da madeira, porém possuem aspectos negativos, ou seja, diversos problemas associados ao uso extensivo dessas substâncias, como a intoxicação de animais e plantas e contaminação ambiental, o que tem levado à procura por métodos alternativos de controle que ocasionem menor impacto ao ambiente, como o uso de produtos naturais extraídos de diferentes plantas (PEREZ; IANNACONE, 2006).

A exploração de produtos florestais não madeireiros tende a ser crescente, embora ainda não apresente valores expressivos como os das economias formais, isto ocorre por falta de investimentos nas populações tradicionais que praticam a exploração desses produtos e por considerarem, muitas vezes, esta atividade menos importante que a de produtos madeireiros. As atividades com produtos não madeireiros, promovem o desenvolvimento socioeconômico para as comunidades que a desempenham (GAMA, 2005).

Os óleos naturais possuem importância relevante no setor industrial, sendo empregados nas indústrias de perfumaria, cosmético, alimentícia, farmacêutica e na agroindústria por possuírem aroma, propriedades terapêuticas, inseticidas e fungicidas. Na composição dos óleos estão presentes algumas substâncias, que possuem valor comercial atrativo, e podem ser isoladas diretamente dos mesmos ou sintetizadas em laboratório (TRANCOSO,

2013). A importância econômica de tais produtos está relacionada à composição química, propriedades e rendimento dos mesmos.

Estudos que visam investigar as propriedades de óleos vegetais e sua ação contra microrganismo são frequentes, sendo estes estudos ocorridos nas mais variadas áreas, sejam florestal, agrônômica, biotecnológica ou humana.

2.4.1 Óleo de andiroba (*Carapa* sp.)

A andiroba é uma árvore da família meliaceae, que pode atingir até 55 m de altura, caracteriza-se por possuir tronco cilíndrico e reto de 15 m (*Carapa procera*) ou até 20 a 30 m (*Carapa guianensis*), podendo apresentar sapopemas (raízes com divisões tabulares em torno da base do tronco) (FERRAZ; CAMARGO; SAMPAIO, 2002). As espécies de andiroba florescem praticamente ao longo de todo ano, podendo também ser subanual (NEWSTRON; FRANKIE, 1994).

O fruto da andiroba é classificado como cápsula globosa e subglobosa com 4-6 valvas, indeiscente (PENNINGTON; STULES; TAYLOR, 1981) ou também deiscente (ROOSMALEN, 1984; LORENZI, 1992). A semente é marrom e pode apresentar variações em suas dimensões (FERRAZ; CAMARGO; SAMPAIO, 2002). A produção por árvores é de até 180 a 200 kg de sementes ano⁻¹ (RIZZINI; MORS, 1976).

A madeira de andiroba é considerada de excelente qualidade, sendo utilizada para fabricação de móveis, construção civil, lâminas e compensado. É possível também extrair um óleo dessa árvore, o que é de grande importância para as populações tradicionais, sendo utilizado na medicina popular, como repelentes naturais, na indústria de cosméticos, além de ser utilizado para proteger móveis do ataque de térmitas (cupins) e de outros insetos, como importante fonte de renda para algumas comunidades da região (MENEZZES, 2005).

A extração do óleo de andiroba é por meio da semente, e o processo de obtenção pode ser por dois métodos, artesanal ou industrial. O primeiro citado é o mais utilizado, principalmente por populações tradicionais, consistindo no cozimento da semente durante aproximadamente 2-3 horas, logo após as mesmas são postas à sombra, até iniciar o desprendimento do óleo, sendo

necessário descascar e amassar as mesmas. Depois deste processo, a massa resultante é posta no sol em uma superfície inclinada para que seja possível o escorrimento do óleo de forma gradual. Estima-se que a partir deste método é possível obter 40 g de óleo por 1 kg de semente. A extração do óleo se inicia com a fervura, fermentação e decomposição, para a desvinculação de ácidos graxos a partir de proteínas, carboidratos e fibras no endosperma das sementes (PLOWDEN, 2004).

No método industrial, as sementes são quebradas em pequenos fragmentos e são dispostas na estufa a 60 - 70°C até iniciar o desprendimento do óleo, e o material é prensado na temperatura de 90°C. O rendimento deste método é superior, quando comparado ao artesanal, atingindo de 80 g de óleo por kg de semente.

O processo de obtenção do óleo de andiroba afeta a qualidade do produto, pois tanto pelo método tradicional como pelo industrial, as etapas de coleta, refrigeração e armazenamento das sementes devem ser monitoradas, pois quando realizadas de forma errônea podem ocasionar alterações significativas nas propriedades físico-químicas, tais como, a degradação oxidativa e a hidrólise dos triglicerídeos presentes na composição do óleo de andiroba (SILVA, 2005).

O óleo de andiroba possui demanda internacional, exportado para a Europa e para os Estados Unidos, sendo utilizado na confecção de sabão e velas, na indústria de cosméticos e na medicina popular, apresentando funções cicatrizantes e anti-inflamatórias (FARIAS; MELO FILHO; SOUSA, 2012). No Brasil, seus subprodutos, tais como; sabonetes, velas e medicamentos em cápsulas geralmente são encontrados em feiras livres (GONÇALVES, 2001).

Apesar de possuir ampla utilização e função para o óleo de andiroba, ainda existem poucas pesquisas que enfoquem seus aspectos econômicos, ecológicos da colheita e seu processamento, o que reflete no conhecimento sobre a eficiência de coleta, produção de sementes e quantidade de óleo por árvore e por área (PLOWDEN, 2004).

Em um estudo sobre a produção de sementes por área, foi possível observar que durante um ano a produtividade é de 65,4 kg ha⁻¹, em que do total de árvores (100%), 56,5% produziram, ocorrendo também a variação de produção de sementes por árvore, em média, 8,3 kg árvore⁻¹. Verificou-se também que o diâmetro considerado limite para a produção comercial de

sementes, e conseqüentemente de óleo é de 30 cm, o que permite também, estratificar as populações jovens ($DAP \leq 30$ cm) e adultos ($DAP > 30$ cm) (TONINI; COSTA; KAMISKI, 2009).

2.4.2 Óleo de copaíba (*Copaifera* sp.)

A copaíba é uma espécie florestal da família Fabaceae, do gênero *Copaifera*, com dezenas de espécies de ocorrência no Brasil, reconhecidas por produzir óleo com características cicatrizante, anti-inflamatório e antisséptico. Na região amazônica se destacam as espécies *Copaifera reticulata*, *C. multijuga*, *C. officinalis*, *C. martii* e *C. ducke*. Nos cerrados da região Centro-Oeste, a espécie que é encontrada é a *C. langsdorffi* (LEITE; PASTORE JUNIOR, 2003).

A madeira de copaíba possui alta resistência ao ataque de organismos xilófagos (fungos e insetos), o que pode estar relacionado com o as características do óleo existente. Este óleo ocorre apenas na fase adulta da árvore, quando o cerne está bem formado, produzindo mais, que irá se acumular em algumas cavidades na madeira (REVILLA, 2001).

O óleo de copaíba é utilizado pelas populações tradicionais, por apresentar os mais diversificados fins, tais como, na medicina, na produção de combustíveis, como fixador de perfumes, fabricação de verniz, tintas, cosméticos, sabonetes, cremes e xampus (VEIGA JUNIOR; PINTO, 2002; RIGAMONTE AZEVEDO et al., 2006). Mas na sua extração, deve-se ter cuidados com relação a quantidade e forma de coleta, para que a árvore possa produzir por mais tempo (LEITE; PASTORE JÚNIOR, 2003).

O óleo é composto de duas substâncias, sendo uma resinosa, que possui maior ponto de ebulição e permite o uso do mesmo na indústria de tintas e vernizes, e a outra, composta de derivados terpênicos, que é responsável por sua ação medicinal. A porcentagem de terpenos pode variar de 30 a 90% na composição do óleo, porém, podem apresentar alterações nas quantidades e tipos de diterpenos e sesquiterpenos. Apenas essas classes de substâncias podem ser encontradas na constituição do óleo na sua forma *in natura* (REVILLA, 2001; VEIGA JUNIOR et al., 2005).

A forma mais utilizada para a extração do óleo de copaíba é por meio de duas perfurações no tronco, com auxílio de um trado (FRANCISCO, 2005;

OLIVEIRA et al., 2005; OLIVEIRA et al., 2006; RIGAMONTE AZEVEDO et al., 2006). Essa técnica de extração é descrito desde os primórdios da exploração desse produto e é considerada a única prática que não causa danos e nem agressão severa às árvores. No início das extrações desse óleo, foram utilizadas inúmeras técnicas que provocavam sérios danos às árvores ou até provocavam sua morte (MATTA, 1913, citado por PIERI; MUSSI; MOREIRA, 2009).

2.4.3 Óleo de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.)

O pinhão manso pertencente à família Euphorbiaceae, possui diversos nomes vulgares como pinhão, purgueira, pinhão do Paraguai, pinha-de-purga, pinhão-do-inferno, figo-do-inferno, pinhão-de-cerca, grão-de-maluco, pinhão-das-barbadas, pinhão bravo, purgante-de-cavalo, manduigaçu, mandubiguaçu, sassi, turba, tartago, medicineira, tapete, siclité, figo-do-inferno, pinhão-croá (ALVES et al., 2008).

É característica desta planta ter crescimento rápido, cuja altura normal é de dois a três metros, mas pode alcançar até cinco metros em condições especiais. O diâmetro do tronco é de aproximadamente 20 cm, possui raízes curtas e pouco ramificadas, caule liso, de lenho mole e medula desenvolvida, mas pouco resistente, o floema com longos canais que se estendem até as raízes, nos quais circula o látex (ARRUDA et al., 2004).

O pinhão pode ser cultivado em solos pouco férteis e clima desfavorável à maioria das culturas alimentares tradicionais. Essa oleaginosa se diferencia por ser resistente à seca e pouco suscetível a pragas e doenças (MELO et al., 2006).

É uma planta oleaginosa com diversas propriedades químicas que durante muito tempo foi utilizada na fabricação de sabão, estearina e na medicina popular, posteriormente, a sua utilização atingiu outras proporções, expandindo-se na indústria de fiação de lã, de tintas e vernizes, óleo de lustrar móveis e na produção de biodiesel (ARRUDA et al. 2004; LIMA et al., 2012). O óleo de pinhão manso também possui efeito inseticida à eclosão das lagartas de *Diatraea saccharalis* (OLIVEIRA; SANTANA; ANTIGO et al., 2013).

Seu fruto é classificado como capsular ovóide, deiscente, e contém 53 - 62% de sementes e 38 - 47% de casca; a semente é ovalada, endospermica,

com tegumento rígido e quebradiço, e pode apresentar 33 - 45% de casca e 55 - 66% de amêndoa, com rendimento em óleos de até 34% (ALVES et al., 2008). O óleo de pinhão manso possui propriedades químicas potenciais para a produção de produtos para proteção da madeira contra o ataque de fungos, insetos e moluscos (OLIVEIRA; SANTANA; ANTIGO, 2013; GUEDES, 2009).

Existem duas formas de coletar o óleo de pinhão manso, a extração química e mecânica. Pelo método químico, primeiro as sementes são descascadas e trituradas, após a este processo, utiliza-se um solvente (hexano), com uma obtenção de 50% de óleo. No processo de extração mecânica é utilizado uma prensa hidráulica, em que as sementes são esmagadas e a polpa é aquecida a 60°C. O rendimento pelo método mecânico é 35% de óleo (BICUDO et al., 2007).

Para extração do óleo, as sementes devem ser secas até atingirem no máximo 10% de umidade. Porém, deve-se ter o cuidado para a armazenagem das sementes, que devem ficar em ambiente limpo, arejado sem umidade, sem contato direto com o solo, baixa luminosidade e sem incidência direta da luz (DIAS et al., 2007).

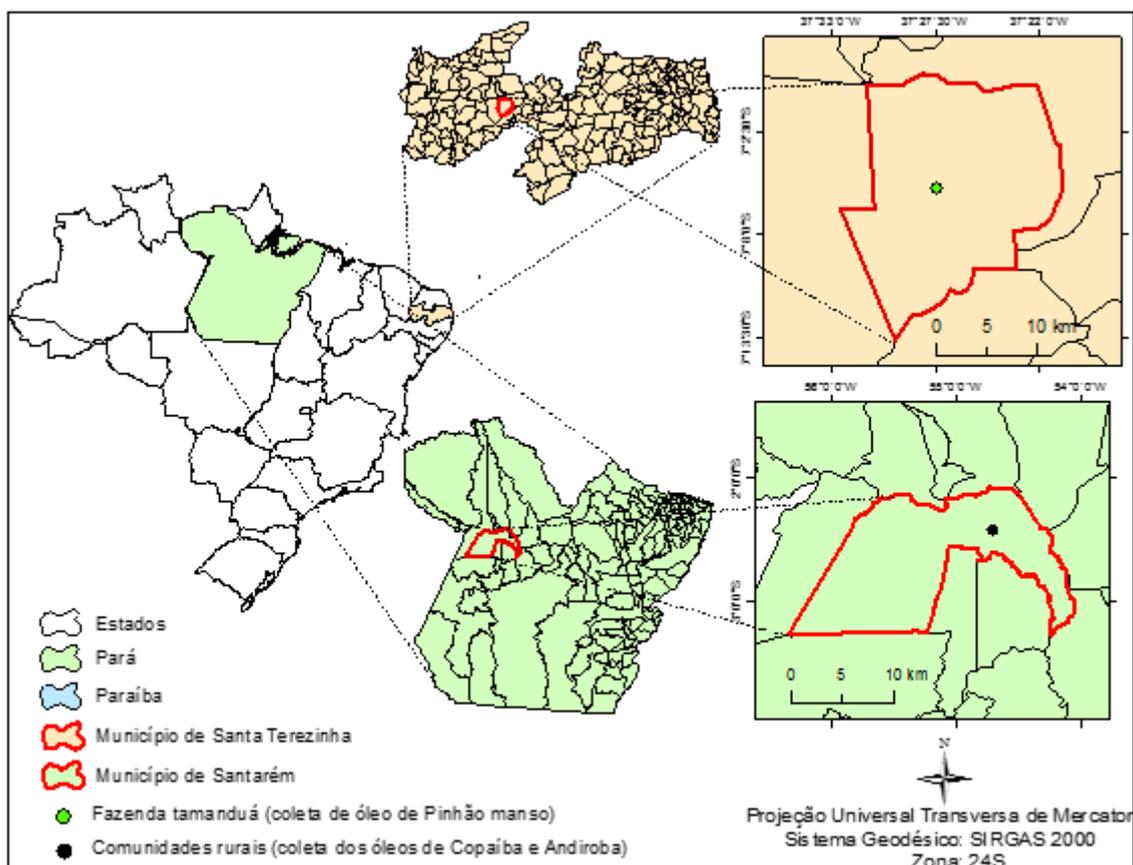
3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 ORIGEM DOS ÓLEOS VEGETAIS

Os óleos utilizados foram provenientes de regiões distintas, sendo obtidos dois litros de cada óleo, o suficiente para a realização da pesquisa. O óleo de andiroba e copaíba foram oriundos de comunidades do município de Santarém, estado do Pará (Figura 1), região com precipitação pluvial média anual de 1.920mm, clima dominante quente e úmido, característico das florestas tropicais. Esses óleos são extraídos e comercializados pelos próprios comunitários da região, que possuem demarcadas as árvores de coleta, sendo fonte de renda para as populações tradicionais.

O óleo de pinhão-manso foi cedido pela Fazenda Tamanduá, situada no município de Santa Terezinha, estado da Paraíba (Figura 1), clima característico das regiões tropicais semiáridas, com chuvas anuais médias de 800 mm. A fazenda trabalha com atividades tradicionais da região, aumentando a renda do agricultor, favorecendo o fortalecimento das atividades rurais, além de desenvolver várias linhas de pesquisa com enfoque na reprodução, nutrição, melhoramento, produção de óleo e desenvolvimento de produtos a partir do Pinhão Manso.

Figura 1 - Mapa de localização das regiões de coleta dos óleos.



Fonte: o autor.

3.2 ANÁLISE FÍSICA DOS ÓLEOS

Para verificar as propriedades dos óleos que foram utilizados neste trabalho, determinou-se o índice de acidez, pH, densidade e viscosidade dos mesmos.

Foi realizado o índice de acidez dos óleos conforme proposto por Castro et al. (2006), em que 5g de óleo foram dissolvidos em 50 mL de etanol 100%, e adicionado o indicador fenolftaleína. Sob agitação constante, realizou-se a titulação, ao empregar como padrão uma solução de KOH a $0,5 \text{ mol L}^{-1}$. Os resultados do índice de acidez foram obtidos pela Equação 1. O pH das soluções foi determinado por meio de pHmetro digital.

$$A = \frac{V \times f \times N \times 56,1}{m} \quad (1)$$

em que: A = Índice de acidez (mg KOH g⁻¹); N = Normalidade do titulante (mol l⁻¹); V = Volume gasto (mL); F= Fator de correção da solução de KOH (1,1606); e m = Massa da amostra (g).

A viscosidade dos óleos puros foi determinada em condições de laboratório. Os óleos de copaíba e andiroba enriquecidos com iodo sublimado (I₂) foram aquecidos à 40°C por 10 minutos. Foi utilizado um viscosímetro rotacional digital para leitura direta da análise.

Para a determinação da densidade das soluções foram utilizados picnômetros de 25 mL, conforme metodologia descrita por Paes (1997), ao dividir a massa de óleo pelo seu respectivo volume. As análises físicas foram realizadas em cinco repetições.

3.3 PREPARO E TRATAMENTO DA MADEIRA DE *Pinus elliottii*

A madeira de *Pinus elliottii* utilizada no experimento, foi obtida na forma de vigas de 10 x 10 x 300 cm (largura x espessura x comprimento), proveniente de plantios com idade de 21 anos, localizados no Complexo Agroindustrial Pindobas, município de Venda Nova do Imigrante, ES. As vigas foram desdobradas para a retirada das amostras nas dimensões apropriadas para cada teste biológico.

As amostras obtidas foram selecionadas ao descartar aquelas com defeitos (nós, bolsas de resina e rachaduras), lixadas e identificadas em função do tratamento a ser empregado, do ensaio biológico e das condições de cada ensaio. Antes de tratar a madeira, os corpos de prova foram secos a 0% de teor de umidade e verificaram-se as massas e volumes, para a determinação da densidade da madeira, conforme Norma Brasileira Regulamentadora - NBR 11941-02, Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT (2003).

Para o tratamento da madeira foi utilizado o método de imersão a frio, em que as amostras foram submersas nos óleos até atingirem uma retenção de 50

a 70 kg m⁻³. Os corpos de prova foram pesados antes e após o tratamento, para a determinação da retenção do produto na madeira.

Para o ensaio de volatilização das amostras foi utilizada a metodologia da *American Society for Testing and Materials - ASTM D - 1413 (2005)*, em que, as mesmas foram imersas em água destilada por 2 horas, seguida da exposição em estufa de circulação forçada a $48,9 \pm 1,1^{\circ}\text{C}$, durante 334 horas.

Para o ensaio de lixiviação foi utilizado a metodologia descrita por Freitas (1970), que consistiu em submeter os corpos de prova por 150 horas em um recipiente, em que ocorre a circulação de água, entrada e saída, regulada para 400 mL min⁻¹, sendo mensurado três vezes por dia este valor com auxílio de uma proveta. Após esse procedimento as amostras foram condicionadas por 15 dias (temperatura de $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ e $65 \pm 5\%$ de umidade relativa). Após tratadas e submetidas à volatilização e lixiviação, foram realizados os ensaios biológicos (apodrecimento acelerado, resistência a fungos de podridão mole e a térmitas xilófagos). Os tratamentos utilizados estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1- Descrição dos tratamentos utilizados nas amostras de *Pinus elliottii*.

Tratamento	Descrição do tratamento
1	Testemunha (madeira sem tratamento)
2	Andiroba Puro
3	Andiroba enriquecido com 1% de Iodo
4	Andiroba enriquecido com 3% de Iodo
5	Andiroba enriquecido com 5% de Iodo
6	Copaíba Puro
7	Copaíba enriquecido com 1% de Iodo
8	Copaíba enriquecido com 3% de Iodo
9	Copaíba enriquecido com 5% de Iodo
10	Pinhão Manso Puro
11	Pinhão Manso enriquecido com 1% de Iodo
12	Pinhão Manso enriquecido com 3% de Iodo
13	Pinhão Manso enriquecido com 5% de Iodo

Fonte: o autor.

3.4 ENSAIO DE TOXIDEZ EM MEIO DE CULTURA

Para o ensaio de toxidez em meio de cultura foi utilizado o método do poço (CAVALCANTE, 1981; JANKOWSKY, 1986, PAES, 1997). O teste consiste em perfurar o meio de cultura com poços de 0,6 cm de diâmetro no centro da

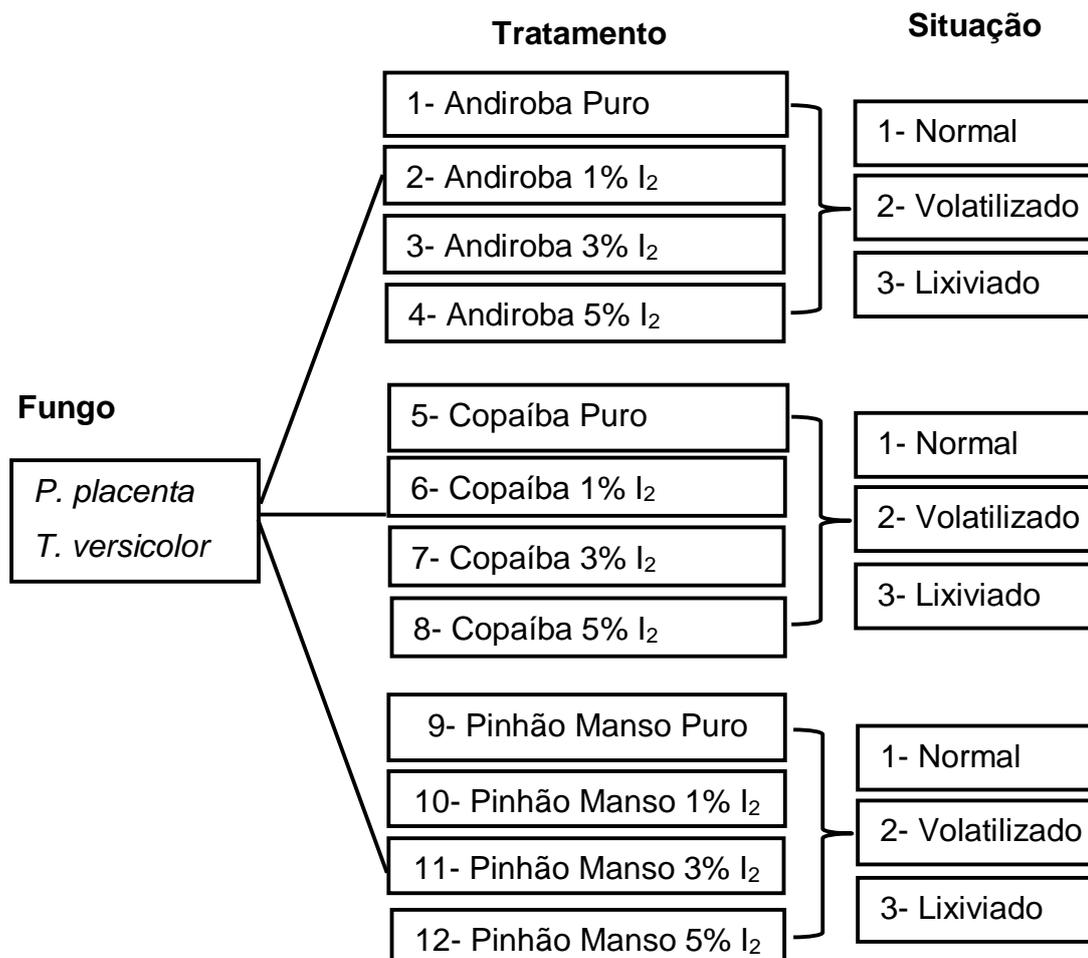
placa. Os fungos (inóculo de 1 x 1 cm) foram postos nas duas extremidades da placa. Foram adicionados 0,5% (massa:massa do óleo), em relação ao meio de cultura preparado pela dissolução de 15 g de ágar e 20 g de maltose em 1 litro de água destilada. Os óleos foram empregados puros ou enriquecidos com I₂ nas proporções de 1; 3 e 5% em relação ao volume de óleo, com uma retenção de 50-70 kg m⁻³. Foram avaliadas cinco repetições para cada fungo, óleo e enriquecimento testados.

Foram utilizadas culturas puras dos fungos *Postia placenta* (Fr. M.J. Larsen & Lombard), podridão parda e *Trametes versicolor* (L.: Fries Pilát), podridão branca. Para avaliar o crescimento dos fungos, foram obtidas fotos e analisadas no software *ImagePro® Plus, version 4.5.0.29 for Windows 98/NT/2000*, com a finalidade de definir a área colonizada pelo xilófago e a ação do produto testado.

3.5 ENSAIO DE APODRECIMENTO ACELERADO

Para realização deste ensaio, foram seguidas as recomendações da ASTM D - 1413 (2005), e para tanto foram utilizados os mesmos fungos empregados no ensaio de toxidez em meio de cultura. Foram ensaiadas seis amostras cúbicas de 1,9 cm de aresta, para cada tratamento e para a testemunha (madeira não tratada), a qual foi submetida às mesmas situações (Figura 2). Os ataques dos fungos não foram comparados entre si.

Figura 2 - Arranjo fatorial para análise dos fungos de podridão branca e parda.



Fonte: o autor.

Assim, foram preparados frascos de 600 mL, preenchidos com 300 g de solo de pH 7,1 e capacidade de retenção de água de 26%. O solo utilizado para o preenchimento dos recipientes teve sua umidade corrigida para 130 % da capacidade de retenção, pela adição de 93 mL de água destilada. Foram adicionados duas placas alimentadoras de madeira de *Pinus* sp. Os frascos foram esterilizados em autoclave a 103 kPa e 121 °C por 30 minutos.

Após resfriarem foram inoculados com fragmentos obtidos de culturas puras dos fungos empregados. Depois de aproximadamente um mês, quando foi perceptível a colonização completa do microrganismo nos alimentadores e no solo, foram adicionados os corpos de prova.

O ensaio permaneceu em sala climatizada (25 ± 2 °C e $65 \pm 5\%$ de umidade relativa) durante 12 semanas. Decorrido esse período as amostras dos frascos e removeram-se os micélios dos fungos sob água corrente, com uso de

escova de cerdas macias, para posterior análise da perda de massa causada na madeira, corrigida pela perda operacional, avaliada conforme ASTM D – 2017 (2005) (Tabela 2).

Tabela 2 - Classificação da perda de massa em ensaio de resistência a fungos xilófagos.

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

Fonte: ASTM D - 3345 (2005).

3.6 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A FUNGOS DE PODRIDÃO MOLE

Para este ensaio, foi utilizada a metodologia descrita pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica/Divisão de Madeira - IPT/DIMAD D - 5 (1980), que preconiza a utilização de corpos de prova de 3,0 x 1,5 x 0,5 cm (longitudinal x radial x tangencial). Este teste visa submeter o material à ação da microflora natural existente em solos orgânicos (solo de “jardins”). Os corpos de prova foram soterrados em solo orgânico (“terriço”), retirado em mata natural, no município de Jerônimo Monteiro, ES. Os corpos de prova foram tratados com os óleos de andiroba, copaíba e pinhão manso, sendo estes, puros e enriquecidos com 1; 3 e 5% de I₂. Além de serem submetidos as três situações (lixiviada, volatilizada e normal).

Neste ensaio, foram utilizados frascos de 600 mL, preenchidos com 300 g de solo, com pH de 5,3 e capacidade de retenção de água de 31,87%. O solo teve sua umidade ajustada para de 100% da capacidade de retenção de água, conforme recomendado pela metodologia citada, com a adição de 80 mL de água destilada. Os atributos químicos do solo utilizado no experimento constam na Tabela 3.

Tabela 3 - Atributos químicos do solo coletado para o ensaio de podridão mole.

Parâmetro Avaliado	Unidade	Valor	
Fósforo - P	mg dm ⁻³	12,0	
Potássio - K		70,0	
Sódio - Na		11,0	
Cálcio - Ca	cmol dm ⁻³	2,0	
Magnésio - Mg		1,5	
Alumínio - Al		0,2	
Acidez potencial - H+Al		5,2	
Capacidade de troca catiônica efetiva - t		3,93	
Capacidade de troca catiônica a pH 7,0 - T		8,93	
Saturação por base - SB		3,73	
Índice de saturação de bases - V		%	41,8
Índice de insaturação do alumínio - m			5,1

Fonte: o autor.

Após este procedimento, foram adicionados dois corpos de prova em cada frasco. O ensaio permaneceu em sala climatizada durante 120 dias, mantidas sob as mesmas condições citadas no item 3.5. Foram utilizadas 10 amostras por tratamento; seis destas foram soterradas em solo ao natural e quatro, em solo esterilizado (103 kPa e 121 °C por 30 minutos).

Passados os 120 dias, foram retirados os corpos de provas dos frascos, sendo removido o micélio dos fungos, e postos à estufa, mantidos até atingirem sua massa constante e, pesados para avaliação da perda de massa (ASTM D - 2017, 2005), sendo esta corrigida em função das amostras soterradas em solo esterilizado.

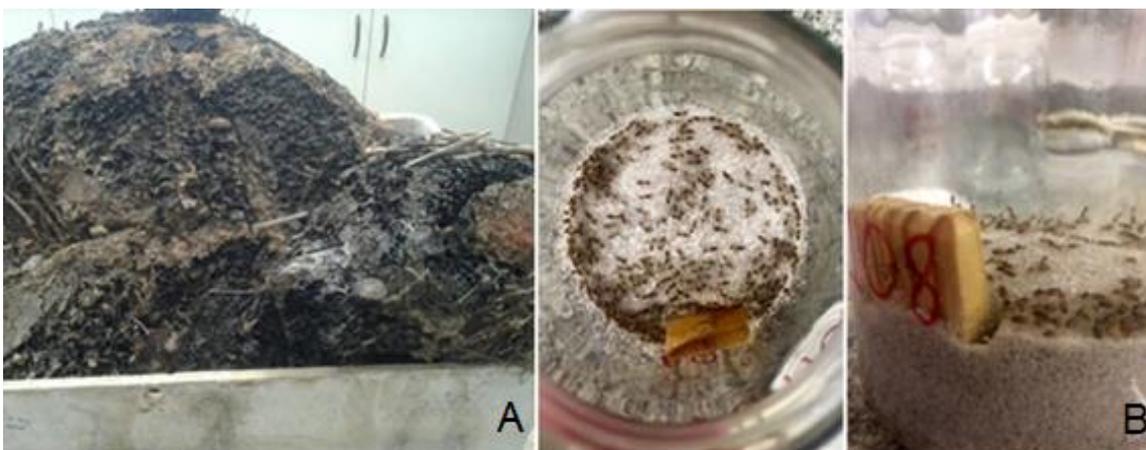
3.7 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A TÉRMITAS XILÓFAGOS

3.7.1 Ensaio de alimentação forçada a térmitas subterrâneos

O ensaio de alimentação forçada com o térmita subterrâneo (*Nasutitermes corniger* Motsch.) foi realizado conforme a ASTM D - 3345 (2005). Para tanto, foi coletada uma colônia de térmita nas proximidades do município de Jerônimo Monteiro, ES. Após a coleta da caixa com térmitas, a mesma foi posta em uma caixa de cimento amianto de 250 L de capacidade, com uma camada de areia úmida de aproximadamente 10 cm, contendo três camadas de papelão umedecido, facilitando assim, a captura dos cupins (Figura 3A).

Na montagem do experimento foram utilizados frascos de 600 mL, preenchidos com 200 g de areia esterilizada em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$, cuja umidade foi corrigida de acordo com a sua capacidade de retenção de água. Em cada frasco foi posto um corpo de prova, com dimensões de $2,54 \times 2,54 \times 0,64$ cm (longitudinal x radial x tangencial), e $1 \pm 0,05$ g do térmita, o que correspondeu a 330 térmitas, na proporção de 80% operários e 20% soldados, proporção existente na colônia (Figura 3B). Os corpos de prova foram tratados com os óleos de andiroba, copaíba e pinhão manso, sendo estes, puros e enriquecidos com 1; 3 e 5% de I_2 . Além de serem submetidos as três situações (lixiviada, volatilizada e normal). Foram utilizadas cinco repetições para cada tratamento e situação.

Figura 3 - Colônia de térmitas (A) ensaio de alimentação forçada (B).



Fonte: o autor.

O ensaio permaneceu em sala climatizada ($27 \pm 2^\circ\text{C}$ e $65 \pm 5\%$ de umidade relativa), durante 28 dias, e decorrido este período foi avaliada a eficiência dos óleos em função do desgaste (nota) das amostras, da mortalidade dos térmitas (%), (ASTM D - 3345, 2005) (Tabela 4), e da perda de massa (%), corrigida pela perda operacional).

Tabela 4 - Avaliação do desgaste da madeira e mortalidade dos cupins.

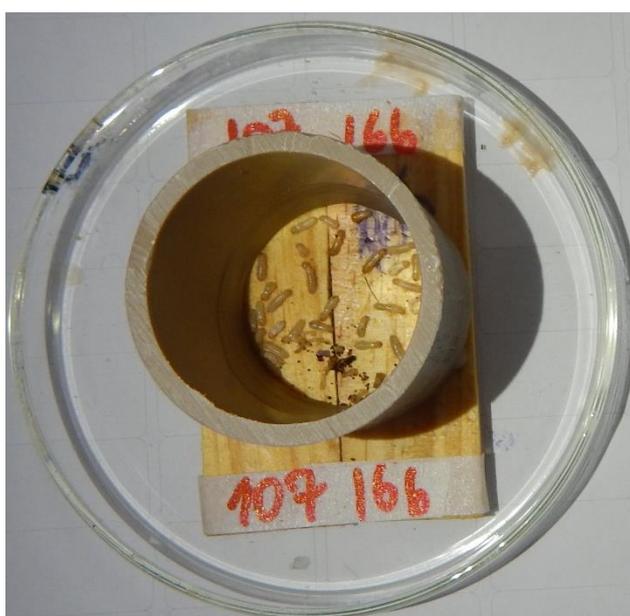
Tipo de Desgaste	Nota
Sadio, permitindo esscarificações superficiais	10
Ataque ligeiro	9
Ataque moderado, havendo penetração	7
Ataque intenso	4
Falha, havendo ruptura dos corpos de prova	0
Mortalidade	(%)
Baixa	0 – 33
Moderada	34 – 66
Alta	67-99
Total	100

Fonte: ASTM D - 3345 (2005).

3.7.2 Ensaio com térmitas de madeira seca

O ensaio foi realizado conforme metodologia proposta pelo IPT/DIMAD D - 2 (1980). As amostras com dimensões de 7,0 x 2,3 x 0,6 cm (longitudinal x radial x tangencial), foram tratadas com os óleos de andiroba, copaíba e pinhão manso, sendo estes, puros e enriquecidos com 1; 3 e 5% de I₂. Além de serem submetidos as três situações (lixiviada, volatilizada e normal). Após impregnada a madeira, esta foi submetida ao térmita de madeira seca *Cryptotermes brevis* Walker (Figura 4).

Figura 4 - Ensaio de resistência a térmitas de madeira seca



Fonte: o autor.

Foram utilizadas quatro repetições para cada tratamento e situação. Os corpos de prova foram agrupados dois a dois formando dois conjuntos. Cada conjunto foi fixado com parafina, um recipiente de vidro ou de policloreto de polivinila (PVC) de diâmetro de 3,5 cm e altura de 4,0 cm. Dentro do recipiente foram introduzidos 40 térmitas, sendo 39 operários e um soldado. Cada conjunto foi disposto em uma placa de Petri para evitar a fuga dos térmitas. O ensaio foi mantido em sala climatizada (27 ± 2 °C e $65 \pm 5\%$ de umidade relativa), durante 45 dias.

Ao término do experimento, os térmitas remanescentes foram retirados e novamente contados para avaliação da porcentagem de mortalidade e o desgaste causado nas amostras. O desgaste foi atribuído por meio de Notas, sendo nota 0 (nenhum desgaste), 1 (desgaste superficial), 2 (desgaste moderado), 3 (desgaste acentuado), 4 (desgaste profundo). Também foram avaliados os orifícios (IPT/DIMAD D - 2, 1980) e a perda de massa produzidos pelos cupins nos corpos de prova (ASTM D - 2017, 2005), corrigida pela perda de massa operacional.

3.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Os valores de índice de acidez, pH, densidade e viscosidade dos óleos, foram realizados em cinco repetições e avaliados por estatística descritiva, em função da média aritmética e coeficiente de variação.

Nos testes biológicos foram empregados o delineamento inteiramente casualizado, com arranjo fatorial. No ensaio de apodrecimento acelerado foram avaliados os efeitos dos tratamentos (13 níveis) e situação (três níveis), fatorial 13×3 , totalizando 39 tratamentos. Os fungos não foram comparados entre si. O mesmo delineamento foi utilizado para os demais ensaios.

Para todos os ensaios foi verificada a normalidade dos dados (teste de Lilliefors) e a homogeneidade das variâncias (teste de Cochran). Quando necessário, foram transformados os dados em porcentagem da perda de massa, mortalidade dos cupins e valores do desgaste (nota) dos térmitas.

Para possibilitar a análise estatística, os valores em porcentagem de perda de massa e mortalidade foram transformados em arcsen [raiz (perda de

massa ou mortalidade/100]) e os do desgaste em arcsen [raiz (nota + 0,5)]. Estas transformações sugeridas por Stell e Torrie (1980), foram necessárias para permitir a homogeneidade das variâncias. Na análise e avaliação dos ensaios foi empregado o teste de Scott-Knott a 5 % de significância, para os fatores e interação detectados como significativos pelo teste de F.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DENSIDADE DA MADEIRA DE *Pinus elliottii*

Constatou-se que a madeira de *Pinus elliottii* utilizada no experimento possui densidade de $0,552 \text{ g cm}^{-3}$, com desvio padrão de $0,09 \text{ g cm}^{-3}$, o que a classifica como de média densidade de acordo com a *Comissão Panamericana de Normas Técnicas* – COPANT (1974).

Sendo a densidade uma propriedade resultante da interação entre as propriedades químicas e anatômicas da madeira, supõe-se que as diferenças nas dimensões celulares e a quantidade de componentes químicos, ocasionam variações na mesma. A densidade possui tendências de aumento com a idade, sendo explicado pelo aumento da espessura da parede celular e diminuição da largura das células (PANSIN; DE ZEEUW, 1980). Foi encontrado média de $0,321 \text{ g cm}^{-3}$ para a densidade de *Pinus elliottii* var. *elliottii* para árvores com idade de 7 e 9 anos de idade (HIGA; KAGEYAMA; FERREIRA, 1973), sendo este valor 41% menor ao encontrado nesta pesquisa para a madeira de *Pinus elliottii* ($0,552 \text{ g cm}^{-3}$), com aproximadamente 21 anos de idade.

4.2 RETENÇÃO DOS ÓLEOS APÓS O TRATAMENTO

As médias das retenções dos ensaios realizados, encontram-se descritos na Tabela 5. Os valores obtidos encontram-se de acordo com a retenção estipulada inicialmente no trabalho que foi de $50\text{-}70 \text{ kg m}^{-3}$, tendo diferença máxima entre as mesmas de $10,43 \text{ kg m}^{-3}$.

Tabela 5 - Retenções atingidas para cada ensaio biológico.

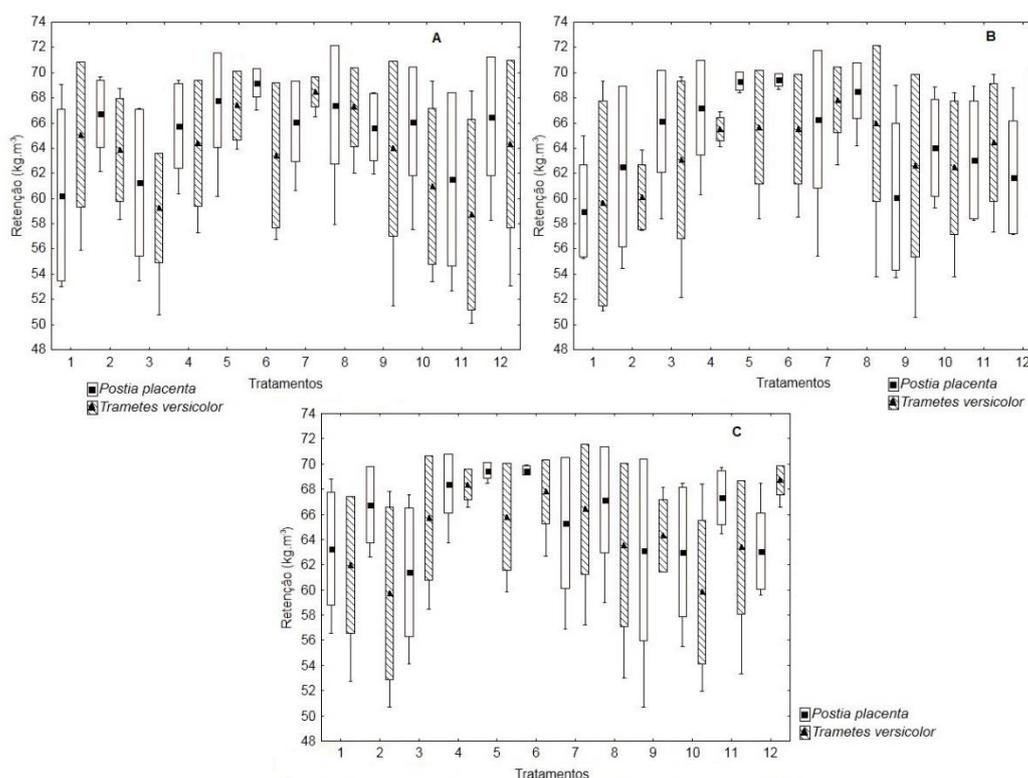
Ensaio	Retenção Média (kg m^{-3})
Apodrecimento acelerado	67,30
Resistência a Fungos de podridão mole	62,93
Alimentação forçada a térmitas subterrâneos	61,69
Cupim de madeira seca	56,87

Fonte: o autor.

A estrutura anatômica da madeira de conífera é relativamente simples quando comparada às folhosas. São constituídas basicamente por 5 a 10% de células de raio e 90 a 95% de traqueídeos axiais (GONZAGA, 2006). Essa constituição anatômica, contribui para maior facilidade de penetração e impregnação do produto na madeira.

No ensaio de apodrecimento acelerado, nas amostras de madeira submetidas ao fungo *Postia placenta*, a retenção mínima atingida foi de 59,02 kg m⁻³ e a máxima de 69,78 kg m⁻³. Já para as amostras tratadas, submetidas ao fungo *Trametes versicolor*, a menor média de retenção foi de 58,24 kg m⁻³, e a maior de 69,31 kg m⁻³ (Figura 5).

Figura 5 - Retenção (kg m⁻³) dos corpos de prova submetidos ao ensaio de apodrecimento acelerado, para os fungos e situações avaliadas.



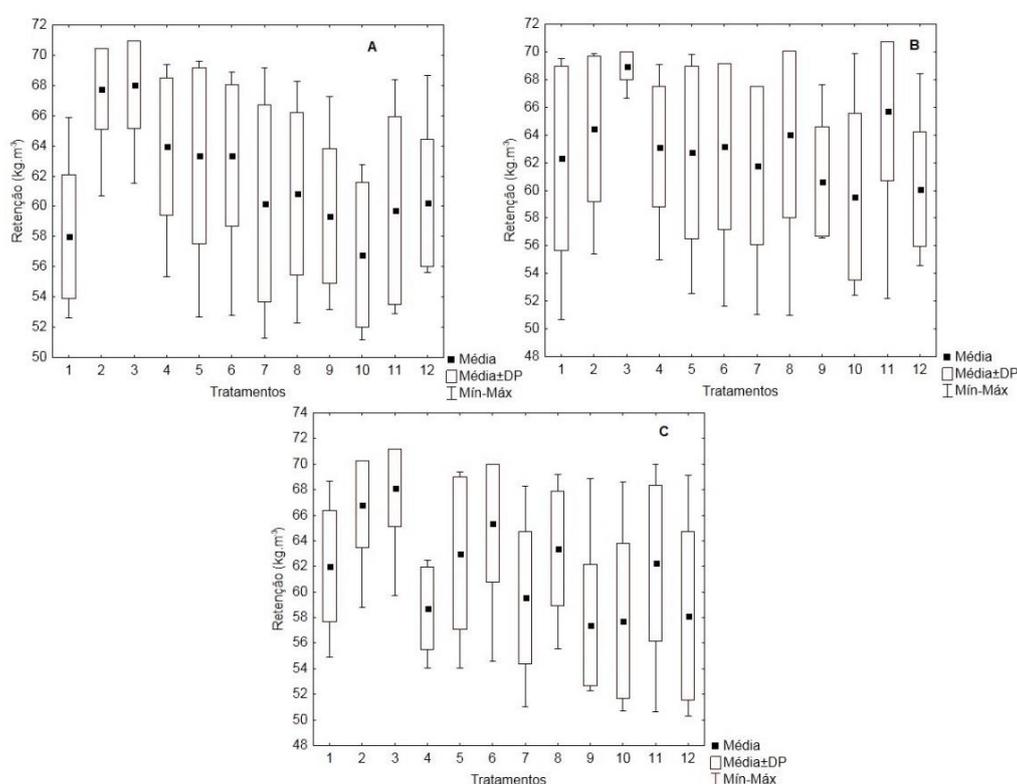
Em que: Tratamento 1: Madeira sem tratamento (Testemunha); Tratamento 2: óleo de andiroba puro; Tratamento 3: óleo de andiroba com 1% de I₂; Tratamento 4: óleo de andiroba com 3% de I₂; Tratamento 5: óleo de andiroba com 5% de I₂; Tratamento 6: óleo de copaíba puro; Tratamento 7: óleo de copaíba com 1% de I₂; Tratamento 8: óleo de copaíba com 3% de I₂; Tratamento 9: óleo de copaíba com 5% de I₂; Tratamento 10: óleo de pinhão manso puro; Tratamento 11: óleo de pinhão manso com 1% de I₂; Tratamento 12: óleo de pinhão manso com 3% de I₂; Tratamento 13: óleo de pinhão manso com 5% de I₂.

Situação lixiviada (A), volatilizada (B), normal (C).

Alguns fatores influenciam diretamente na quantidade de produto que a madeira absorve. Sendo a anatomia do lenho de fundamental importância para melhor compreensão da tratabilidade, contribuindo para a indicação de um tratamento adequado (SALES-CAMPOS; VIANEZ; MENDONÇA, 2003).

No ensaio de podridão mole a menor média de retenção por tratamento foi de 56,19 kg m⁻³, correspondente ao tratamento 10 (situação lixiviada) e a maior foi de 69,33 kg m⁻³ para o tratamento 3 (situação volatilizada), Figura 6.

Figura 6 - Retenção (kg m⁻³) dos corpos de prova submetidos ao ensaio de podridão mole, para as situações avaliadas.



Em que: Tratamento 1: Madeira sem tratamento (Testemunha); Tratamento 2: óleo de andiroba puro; Tratamento 3: óleo de andiroba com 1% de I₂; Tratamento 4: óleo de andiroba com 3% de I₂; Tratamento 5: óleo de andiroba com 5% de I₂; Tratamento 6: óleo de copaíba puro; Tratamento 7: óleo de copaíba com 1% de I₂; Tratamento 8: óleo de copaíba com 3% de I₂; Tratamento 9: óleo de copaíba com 5% de I₂; Tratamento 10: óleo de pinhão manso puro; Tratamento 11: óleo de pinhão manso com 1% de I₂; Tratamento 12: óleo de pinhão manso com 3% de I₂; Tratamento 13: óleo de pinhão manso com 5% de I₂.

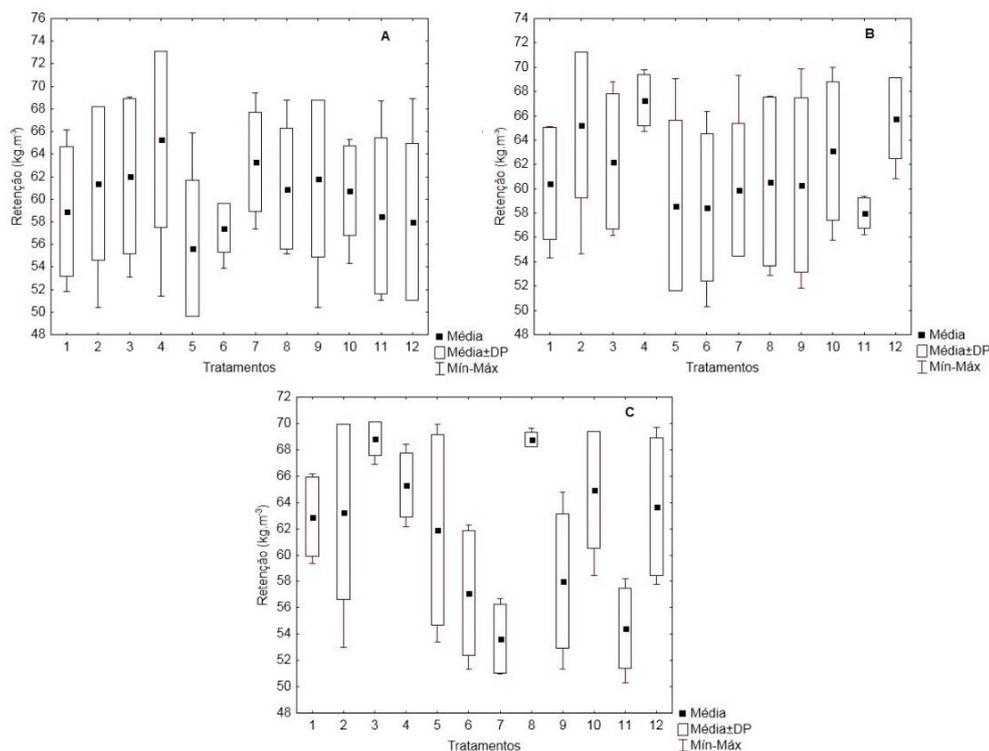
Situação lixiviada (A), volatilizada (B), normal (C).

A madeira de *Pinus* absorveu rápido os óleos utilizados (andiroba, copaíba e pinhão manso), pois os corpos de prova ficaram em contato com as soluções por alguns segundos. Observou-se que algumas amostras requeriam mais tempo que outras para absorver a quantidade de produto estabelecida, ou seja,

retenção ente $50-70 \text{ kg m}^{-3}$, sendo isto explicado pelas diferenças anatômicas do material, densidade de cada corpo de prova, e permeabilidade da madeira.

No ensaio com os térmitas subterrâneos foi possível verificar que a menor média de retenção encontrada foi para o tratamento 7 (situação normal) e a maior média foi para o tratamento 3 e 8 (situação normal), Figura 7.

Figura 7 - Retenção (kg m^{-3}) dos corpos de prova submetidos ao ensaio de alimentação forçada, para as situações avaliadas.



Em que: Tratamento 1: Madeira sem tratamento (Testemunha); Tratamento 2: óleo de andiroba puro; Tratamento 3: óleo de andiroba com 1% de I_2 ; Tratamento 4: óleo de andiroba com 3% de I_2 ; Tratamento 5: óleo de andiroba com 5% de I_2 ; Tratamento 6: óleo de copaíba puro; Tratamento 7: óleo de copaíba com 1% de I_2 ; Tratamento 8: óleo de copaíba com 3% de I_2 ; Tratamento 9: óleo de copaíba com 5% de I_2 ; Tratamento 10: óleo de pinhão manso puro; Tratamento 11: óleo de pinhão manso com 1% de I_2 ; Tratamento 12: óleo de pinhão manso com 3% de I_2 ; Tratamento 13: óleo de pinhão manso com 5% de I_2 .

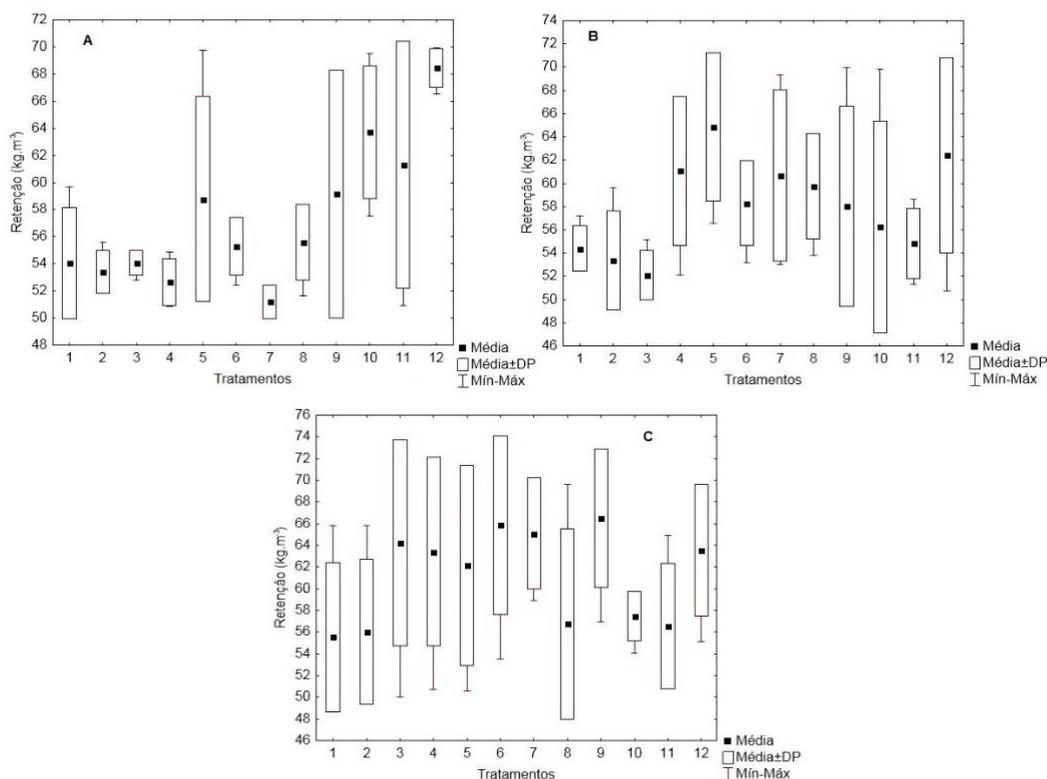
Situação lixiviada (A), volatilizada (B), normal (C).

Nota-se que, no ensaio de madeira seca, as retenções alcançadas, na maioria dos tratamentos foram menores quando comparados aos demais. Isto pode ser explicado pelas dimensões dos corpos de prova, principalmente quanto à relação lateral e topo das amostras, uma vez que se empregou o mesmo tempo de tratamento para todos os ensaios. Assim, por ter uma maior área lateral em relação aos demais, os mesmos deveriam permanecer por um maior período nas

soluções. Embora menores as médias das retenções, os valores estão na faixa estipulada para a pesquisa (50-70 kg m⁻³).

No ensaio de cupins de madeira seca, foi atingida a menor média de retenção no tratamento 7 de 51,17 kg m⁻³ e a maior no tratamento 12 de 68,69 kg m⁻³, ambos para a situação lixiviada. Neste ensaio, aproximadamente 1/3 dos valores encontrados ficaram no intervalo entre 50-60 kg m⁻³ (Figura 8).

Figura 8 - Retenção (kg m⁻³) dos corpos de prova submetidos ao ensaio de resistência a cupim de madeira seca, para as situações avaliadas.



Em que: Tratamento 1: Madeira sem tratamento (Testemunha); Tratamento 2: óleo de andiroba puro; Tratamento 3: óleo de andiroba com 1% de I₂; Tratamento 4: óleo de andiroba com 3% de I₂; Tratamento 5: óleo de andiroba com 5% de I₂; Tratamento 6: óleo de copaíba puro; Tratamento 7: óleo de copaíba com 1% de I₂; Tratamento 8: óleo de copaíba com 3% de I₂; Tratamento 9: óleo de copaíba com 5% de I₂; Tratamento 10: óleo de pinhão manso puro; Tratamento 11: óleo de pinhão manso com 1% de I₂; Tratamento 12: óleo de pinhão manso com 3% de I₂; Tratamento 13: óleo de pinhão manso com 5% de I₂.
Situação lixiviada (A), volatilizada (B), normal (C).

A permeabilidade da madeira deve ser também levado em consideração, pois, uma menor penetração provavelmente está relacionada a uma maior densidade e conseqüente menor permeabilidade (AMARAL, 2012). Maior densidade resulta em menor permeabilidade e conseqüentemente, maior dificuldade de secagem e impregnação com soluções preservativas, sendo

explicado pelo volume de espaços vazios mais reduzido (MARRA, 1992). Existem madeiras com densidades similares, porém com graus de impregnação diferenciado, não sendo muito esclarecido tal parâmetro, mas há autores que explicam isso pelas diferenças da anatomia entre espécies (SANTINI, 1988).

4.3 ANÁLISE FÍSICA DOS ÓLEOS

Ao caracterizar fisicamente os óleos, foi verificada menor densidade aos óleos puros de andiroba e copaíba, do que quando enriquecido com 5% de iodo (I_2). O oposto ocorreu para o óleo de pinhão manso que, com o aumento da concentração de I_2 ocasionou a diminuição da densidade, em que o menor valor encontrado de $0,957 \text{ g cm}^{-3}$, foi quando enriquecido com 3% (Tabela 6).

A densidade de um óleo está associada ao grau de ligações duplas ou triplas existente no mesmo, possibilitando relação inversamente proporcional, sendo assim, quanto menor o peso molecular do óleo, maior é o grau de insaturação (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004).

Tabela 6 - Análise física (densidade e viscosidade) das soluções empregadas.

Óleo	Densidade (g cm^{-3})			
	Puro	Proporções de Iodo (%)		
		1	3	5
Andiroba	1,022 (2,85)	0,971 (0,13)	0,973 (0,27)	1,075 (0,49)
Copaíba	1,044 (4,85)	1,110 (0,15)	1,025 (0,10)	1,062 (5,27)
Pinhão Manso	1,021 (3,56)	1,055 (0,29)	0,957 (0,29)	1,002 (0,27)
Óleo	Viscosidade (MPa s^{-1} ou cP)			
	Puro	Proporções de Iodo (%)		
		1	3	5
Andiroba	65,54 (5,65)	69,38 (1,83)	104,12 (4,63)	108,52 (7,15)
Copaíba	67,46 (9,54)	123,84 (1,06)	203,06 (2,73)	385,30 (3,61)
Pinhão Manso	67,60 (2,11)	79,02 (4,78)	94,53 (0,26)	97,26 (2,14)

Valores entre parênteses são os coeficientes de variação (%).

Nota-se que houve tendências de aumento da viscosidade dos óleos com o enriquecimento, sendo constatado valor de até 385,30 MPa s⁻¹ para o óleo de copaíba enriquecido com 5% de I₂.

Os valores de densidade dos óleos puros de andiroba e pinhão manso, encontrados nesta pesquisa, foram próximos. Ao estudarem as propriedades físicas dos óleos de pinhão manso, foram obtidos densidade de 0,91 g cm⁻³ a 27 °C (SOUZA, 2010) e viscosidade cinemática de 32,61 e 27,37 centistokes (cSt) para os óleos extraídos com solvente e por prensagem.

As características físico-química dos óleos, podem variar entre e dentre indivíduos, região e o período de frutificação das árvores (GUEDES, 2008). Para as propriedades físico-química do óleo-resina de copaíba de árvore de duas áreas distintas da Floresta Nacional do Tapajós-FLONA, foram constatadas densidade média de 0,96 g cm⁻³ e viscosidade de 82,27 MPa s⁻¹ (SILVA et al., 2012).

As variações físicas do óleo-resina de copaíba podem estar relacionadas aos atributos genéticos e ambientais. Tais características, podem variar em relação a alguns fatores, tais como, cobertura florestal, espécie, classes de produção, altura e diâmetro das árvores, além do tipo de ambiente que a mesma está inserida (RIGAMONTE AZEVEDO et al., 2006).

A viscosidade é variável nos óleos vegetais, sendo dependente do grau de insaturação e tamanho das cadeias graxas da sua composição, além de também ser influenciado pela presença de ramificações e posicionamento dessas insaturações (MELO, 2010).

Em um estudo, foram analisadas as características físico-química do óleo de copaíba e andiroba, e constatou-se valores de densidade de 0,94 e 0,87 g cm⁻³ e viscosidade de 45,0 e 18,3 MPa s⁻¹, respectivamente (ALVES et al., 2015). A viscosidade do óleo de andiroba (18,3 MPa s⁻¹) relatado, foi aproximadamente três vezes menor ao obtido pela presente pesquisa (65,54 MPa.s⁻¹). A viscosidade está relacionada com a penetração do líquido na madeira, pois quanto maior for seu valor, menor será a penetração, estando relacionada com a sua facilidade de impregnar a parede celular, em que soluções menos viscosas não necessitariam ser diluídas ou aquecidas para penetrarem e se difundirem no lenho (PAES, 1997).

Os valores obtidos para as medidas de potencial hidrogeniônico (pH) indicam que todos os óleos utilizados são ácidos ($\text{pH} < 7$), com variação de 3,3 a 4,8 para os óleos puros, em que o óleo de andiroba foi o mais ácido (Tabela 7). Com relação ao índice de acidez dos óleos puros, encontrou-se o menor valor para o óleo de andiroba ($68,36 \text{ mg KOH g}^{-1}$) e o maior para o de copaíba ($111,66 \text{ mg KOH g}^{-1}$).

Tabela 7 - Análise física (índice de acidez e pH) das soluções.

Óleo	Índice de Acidez (mg KOH g^{-1})			
	Puro	Proporções de Iodo (%)		
		1	3	5
Andiroba	68,36 (3,61)	76,50 (4,09)	86,27 (4,92)	120,45 (20,53)
Copaíba	111,66 (3,05)	117,19 (27,70)	115,57 (3,59)	111,01 (1,92)
Pinhão Manso	87,57 (1,55)	39,06 (16,49)	58,92 (6,19)	76,17 (6,74)

Óleo	pH			
	Puro	Proporções de Iodo (%)		
		1	3	5
Andiroba	3,3 (0,00)	2,2 (0,18)	2,1 (0,19)	1,6 (0,21)
Copaíba	4,8 (8,84)	2,8 (0,02)	3,1 (0,03)	3,1 (0,03)
Pinhão Manso	3,9 (7,25)	4,0 (0,00)	4,1 (0,01)	4,1 (0,01)

Valores entre parênteses são os coeficientes de variação (%).

Observa-se que para o óleo de andiroba, quanto maior a concentração de iodo, mais ácida a solução se tornou. A diminuição do pH das soluções enriquecidas pode ser explicada pelo valor do pH do óleo puro (ácido), assim como pela adição do I_2 utilizado para o enriquecimento, que também possui caráter ácido. O óleo de pinhão manso teve comportamento diferenciado, aumentando o pH irrisoriamente conforme o aumento das concentrações de iodo. Isto pode ter ocorrido, possivelmente por alguma característica tampão do produto.

Em um estudo, foi encontrado para o óleo de copaíba, pH de 3,72 a $25,5^\circ\text{C}$, sendo classificado como ácido (ALMEIDA, 2009). Em outro, obteve-se valores

de pH de 5,0 para o óleo da espécie de *Copaifera pubiflora* (NASCIMENTO et al., 2011), sendo este resultado, próximo ao encontrado neste trabalho (4,8).

Para o índice de acidez - IA (massa de hidróxido de potássio gasta na neutralização dos ácidos livres presentes em um grama de amostra de óleo) foi verificado que os maiores índices encontrados foram para o óleo de andiroba enriquecida com 5% de I_2 , com valor de 120,45 mg KOH g⁻¹.

Em um estudo buscando verificar métodos para comprovar a autenticidade do óleo de copaíba, foram encontrados valores acima de 80 mg KOH g⁻¹ para o índice de acidez deste óleo e de misturas do mesmo com álcool etílico. Produtos que possuem valores abaixo do citado, podem ser considerados adulterados (VASCONCELOS; GODINHO, 2002).

Por meio da análise do índice de acidez pode-se avaliar o estado de conservação do óleo. A concentração dos íons hidrogênio pode ser alterada pelo processo de decomposição, seja por hidrólise, oxidação ou fermentação do material. O aquecimento e luminosidade podem ocasionar a decomposição de glicerídeos, sendo a rancidez comumente encontrados nos óleos, acompanhada pela formação de ácidos graxos livres. Por este motivo, pode-se atestar que a acidez está estreitamente relacionada com a natureza e qualidade dos óleos, com o grau de pureza, processamento e condições de conservação (MENDONÇA et al., 2008).

Em uma pesquisa, ao estudarem o IA do óleo de andiroba, foi constatado valor de 60 mg KOH g⁻¹ (CASTRO, 2006), que foi próximo ao encontrado nesta pesquisa (68,36 mg KOH g⁻¹). Índice de 13,59 mg KOH g⁻¹ foram obtidos para óleos extraídos por meio do método artesanal praticado na Região Amazônica (CRUZ et al., 2011).

O processo de obtenção do óleo de andiroba pode interferir na qualidade do mesmo. Alguns fatores como condições de coleta, refrigeração, armazenamento, técnicas de extração, seja pelo método artesanal ou industrial, quando mal realizados, podem contribuir na degradação oxidativa e hidrólise dos triglicerídeos presentes neste óleo, alterando consideravelmente suas propriedades físico-químicas (SILVA, 2005).

O óleo de pinhão manso possuiu tendências diferentes para o índice de acidez quando comparado aos demais. Inicialmente, o produto puro teve IA de

87,57 mg KOH g⁻¹, e quando enriquecido com iodo a 5%, diminuiu para 76,17 mg KOH g⁻¹.

4.4 ENSAIO DE TOXIDEZ EM MEIO DE CULTURA

Os valores médios das áreas e inibição de crescimento fúngico (%) encontrados para os três óleos puros e enriquecidos com I₂ (1; 3; 5%) para os fungos *Trametes versicolor* e *Postia placenta* são discutidos para cada organismo separadamente.

4.4.1 *Trametes versicolor*

Verificou-se que quando o fungo foi submetido ao tratamento com o óleo de andiroba, ocorreu à diminuição da área de crescimento com a adição do iodo (10 dias). Após 20 dias, observou-se valor de 14,52 cm² para este óleo puro e 9,73 cm² quando enriquecido com 5% I₂ (tratamentos 2 e 5) (Tabela 8).

Tabela 8 - Inibição do crescimento do fungo *Trametes versicolor*.

Tratamento	Área de Crescimento (cm ²)		Inibição do Crescimento Fúngico (%)	
	10 dias	20 dias	10 dias	20 dias
1	16,54	63,58	-	0
2	**	14,52	**	53,41
3	4,26	5,11	74,23	83,62
4	3,30	7,19	80,05	76,94
5	2,69	9,73	83,76	68,78
6	2,84	17,28	82,87	44,58
7	9,08	15,07	45,13	51,66
8	**	12,13	**	61,09
9	8,14	11,52	50,79	63,04
10	6,61	63,58	60,08	0
11	12,50	63,58	24,44	0
12	9,51	11,40	42,52	63,43
13	4,49	9,68	72,89	68,96

** Crescimento não visível. Em que: Tratamento 1: Madeira sem tratamento (Testemunha); Tratamento 2: óleo de andiroba puro; Tratamento 3: óleo de andiroba com 1% de I₂; Tratamento 4: óleo de andiroba com 3% de I₂; Tratamento 5: óleo de andiroba com 5% de I₂; Tratamento 6: óleo de copaíba puro; Tratamento 7: óleo de copaíba com 1% de I₂; Tratamento 8: óleo de copaíba com 3% de I₂; Tratamento 9: óleo de copaíba com 5% de I₂; Tratamento 10: óleo de pinhão manso puro; Tratamento 11: óleo de pinhão manso com 1% de I₂; Tratamento 12: óleo de pinhão manso com 3% de I₂; Tratamento 13: óleo de pinhão manso com 5% de I₂.

Houve dificuldade na observação do micélio do fungo *Trametes versicolor* no início da colonização no meio de cultura, pois as hifas do mesmo são hialinas. Mesmo assim, na primeira observação do experimento,

O menor valor de área de crescimento foi encontrado para o óleo de andiroba enriquecido com 5% de iodo no décimo dia, sendo esse correspondente a 2,69 cm². Logo, a inibição do crescimento fúngico foi maior, 83,76%.

Constatou-se valor alto de inibição de crescimento (82,87%) para o óleo de copaíba puro (tratamento 6) aos 10 dias de observação, demonstrando também sua eficiência, porém na segunda verificação (20 dias) essa inibição diminuiu para 44,58%, pois o crescimento do fungo foi maior, o que normalmente ocorre, quando não há a morte do fungo ou a inibição total do crescimento.

Os tratamentos 10 e 11 que correspondem ao óleo de pinhão manso puro e enriquecido com 1% I₂, respectivamente, demonstraram pouca eficiência, pois na segunda observação (20 dias), a placa já estava completamente colonizada. Porém em concentrações maiores de iodo (3 e 5%) neste óleo (tratamentos 12 e 13), notou-se eficiência, pois houve inibição do crescimento fúngico. A área de crescimento da testemunha foi superior a todos os valores encontrados nos tratamentos. As placas controles (testemunha), encontravam-se completamente colonizadas no vigésimo dia.

Alguns trabalhos citam a potencialidade do iodo no controle de fungos xilófagos, com resultados promissores, além de enfatizarem que este produto é recomendado por ser caracterizado de baixa toxidez ao homem e a animais domésticos e com alto efeito inibitório (TAKAHASHI et. al., 1985). Produtos com iodo, utilizados no tratamento de madeira, além de controlar, devem também inibir o desenvolvimento de organismos xilófagos (COSTA; GONÇALEZ; VALE, 2002).

4.4.2 *Postia placenta*

Os valores registrados da área de crescimento do fungo submetido às soluções (óleo puro e enriquecidos com 1, 3 e 5% de I₂), foram inferiores à placa testemunha (controle). A placa controle estava completamente colonizada na última observação (20 dias), com área de 63,58 cm², sendo esta utilizada para avaliar a potencialidade de desenvolvimento dos fungos.

De modo geral, conforme o enriquecimento dos óleos com iodo observa-se que os valores das médias do crescimento para o *Postia placenta* foram diminuindo, logo, aumentou a inibição deste fungo, demonstrando assim, a eficácia e as propriedades fungicidas deste elemento (I₂), exceto óleo de copaíba aos 20 dias de leitura (Tratamentos 6; 7;8 e 9) (Tabela 9).

Tabela 9 - Inibição do crescimento do fungo *Postia placenta*.

Tratamento	Área de crescimento (cm ²)		Inibição do crescimento fúngico (%)	
	10 dias	20 dias	10 dias	20 dias
1	13,70	63,58	-	0
2	10,75	18,93	21,55	39,26
3	9,57	17,28	30,21	44,58
4	7,69	11,76	43,86	62,27
5	3,98	6,51	70,99	79,10
6	13,15	13,72	4,07	55,98
7	12,92	14,39	5,77	53,85
8	12,25	17,50	10,60	43,87
9	11,04	15,69	19,42	49,66
10	10,46	14,66	23,65	52,98
11	9,24	14,39	32,60	53,85
12	6,97	12,44	49,11	60,09
13	5,11	11,52	62,74	63,04

Em que: Tratamento 1: Madeira sem tratamento (Testemunha); Tratamento 2: óleo de andiroba puro; Tratamento 3: óleo de andiroba com 1% de I₂; Tratamento 4: óleo de andiroba com 3% de I₂; Tratamento 5: óleo de andiroba com 5% de I₂; Tratamento 6: óleo de copaíba puro; Tratamento 7: óleo de copaíba com 1% de I₂; Tratamento 8: óleo de copaíba com 3% de I₂; Tratamento 9: óleo de copaíba com 5% de I₂; Tratamento 10: óleo de pinhão manso puro; Tratamento 11: óleo de pinhão manso com 1% de I₂; Tratamento 12: óleo de pinhão manso com 3% de I₂; Tratamento 13: óleo de pinhão manso com 5% de I₂.

A maior área de crescimento no décimo dia, foi para a colônia submetida ao óleo de copaíba puro, logo o menos eficiente, por ter a menor inibição fúngica (4,07%). Porém, não persistiu essa tendência aos 20 dias do ensaio, sendo a maior colonização, neste período, para o óleo de andiroba puro (18,93 cm²) o que representa 39,26% inibição do crescimento fúngico.

O tratamento 5 (óleo de andiroba + 5% de I₂), proporcionou a menor área de crescimento nos dois períodos de leitura, e, na visualização da placas em 20 dias, a média de crescimento foi aproximadamente 10 vezes menor que a testemunha (63,58 cm²).

Notou-se que, com o passar dos dias, as colônias aumentaram o diâmetro ou persistiram com a mesma área colonizada, mesmo assim, não foram superiores quando comparada à testemunha.

Os valores encontrados de inibição do crescimento foram crescentes de 10 a 20 dias de leitura, explica-se isso, uma vez que para gerar estes valores, levou-se em consideração a área da placa testemunha, que em 10 dias teve valores de 13,70 cm² e na última leitura este foi maior, sendo a placa completamente colonizada (63,58 cm²).

O óleo de pinhão manso enriquecido com 5% de iodo (tratamento 13) também foi um bom inibidor do crescimento deste fungo, com valores de inibição de 62,74 e 63,04%, em 10 e 20 dias, respectivamente.

4.5 ENSAIO DE APODRECIMENTO ACELERADO

Uma vez que a linhagem do fungo *Gloeophyllum trabeum* utilizada teve crescimento insatisfatório, até mesmo nos frascos que continham as amostras-controle, confeccionadas de *Pinus* sp., seus resultados foram descartados.

A seguir, encontram-se os valores médios, em porcentagem, para a perda de massa dos corpos de prova no ensaio de apodrecimento acelerado dos fungos *Trametes versicolor* e *Postia placenta*, para as variáveis estudadas.

4.5.1 Fungo *Trametes versicolor*

No Apêndice A, Tabela 1A, pode ser visualizado o resumo das análises de variância da perda de massa do ensaio de apodrecimento acelerado de laboratório do fungo *Trametes versicolor*, que acusou resultados significativos pelo teste de F, para os tratamentos e situação.

Os valores da perda de massa das madeiras tratadas, diferiram estatisticamente da testemunha (18,42%), indicando que as soluções preparadas com os óleos contribuíram para o aumento da resistência da madeira ao apodrecimento causado pelo fungo testado (Tabela 10).

A análise permitiu verificar que o ataque do mesmo na madeira foi diferenciado, conforme as soluções empregadas. De modo geral, verificaram-se tendências de melhoria da proteção da mesma com a adição e aumento da

concentração de iodo para os óleos testados, quando a madeira de *Pinus* foi submetida ao fungo.

Observou-se que na madeira tratada com os óleos puros de andiroba (tratamento 2) e pinhão manso (tratamentos 10) foram obtidas as maiores médias de perda de massa, sendo 15,58% e 15,85%, respectivamente, mesmo assim, foram considerados como resistente pela ASTM – D 2017 (2005). O óleo de copaíba não teve diferenças significativas entre os tratamentos puro e enriquecidos (1; 3; e 5%) (Tabela 10). As médias obtidas para o mesmo permitiu inseri-los na classe de altamente resistente, ASTM 2017 (2005).

Tabela 10 - Comparação entre as médias de perda de massa e classificação da resistência da madeira para cada tratamento, para o fungo *Trametes versicolor*.

Tratamento	Perda de massa (%)	Classificação
1	18,42 a	R
2	15,58 b	R
3	8,83 c	AR
4	8,81 c	AR
5	8,71 c	AR
6	9,45 c	AR
7	9,34 c	AR
8	8,82 c	AR
9	10,23 c	AR
10	15,85 b	R
11	9,29 c	AR
12	8,88 c	AR
13	9,29 c	AR

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$). AR – Altamente resistente; R – Resistente (ASTM – D 2017, 2005). Em que: Tratamento 1: Madeira sem tratamento (Testemunha); Tratamento 2: óleo de andiroba puro; Tratamento 3: óleo de andiroba com 1% de I_2 ; Tratamento 4: óleo de andiroba com 3% de I_2 ; Tratamento 5: óleo de andiroba com 5% de I_2 ; Tratamento 6: óleo de copaíba puro; Tratamento 7: óleo de copaíba com 1% de I_2 ; Tratamento 8: óleo de copaíba com 3% de I_2 ; Tratamento 9: óleo de copaíba com 5% de I_2 ; Tratamento 10: óleo de pinhão manso puro; Tratamento 11: óleo de pinhão manso com 1% de I_2 ; Tratamento 12: óleo de pinhão manso com 3% de I_2 ; Tratamento 13: óleo de pinhão manso com 5% de I_2 .

Zabel e Morrell (1992) enfatizaram que a baixa perda de massa ocasionada pelo *T. versicolor* na madeira de *Pinus*, pode ser explicada pela baixa aptidão dos fungos de podridão branca em atacar madeira de coníferas.

Observa-se, para os óleos puros, que a menor perda de massa foi para a madeira tratada com o óleo de copaíba (9,45%) (Tratamento 6), sendo altamente resistente (AR). Existem algumas substâncias que são encontradas neste óleo

que são específicas das diferentes espécies do gênero *Copaifera*, o que exclui a possibilidade de serem encontradas em outros óleos ou espécies. A atividade biológica do mesmo deve-se a composição química, que em sua maioria é composta por sesquiterpenos. Foi constatado que a porcentagem deste composto pode variar de 30 a 90% na composição total desse produto (REVILLA, 2001; LEITE; PASTORE JUNIOR, 2003).

A forma como os terpenos atuam no controle de microrganismos ainda não foi totalmente esclarecida, porém supõe-se que esta ação pode estar relacionada ao rompimento da membrana por meio de ligações com os compostos lipofílicos (COWAN, 1999). Esses compostos já foram descritos como possuindo diversas atividades biológicas como, por exemplo, anestésica, antibiótica, anti-helmíntica, anti-inflamatória e sedativa (CRAVEIRO; MACHADO, 1986).

Esperava-se que a situação normal (3) possuísse menores perdas de massa, porém nota-se que a situação volatilizada (2) foi estatisticamente igual a normal, e as duas diferiram da situação 1 (lixiviada) (Tabela 11). Diferenças de 12,88% foram notadas para os tratamentos da situação lixiviada quando comparadas a normal. Isto pode ter ocorrido por causa da existência de compostos como cloro na água utilizada, a qual foi da rede pública.

Tabela 11 - Comparação entre as médias de perda de massa (%) para o fungo *Trametes versicolor* e situação.

Situação	Perda de massa (%)	Classificação
1	9,80 b	AR
2	11,60 a	R
3	11,25 a	R

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$). AR– Altamente resistente; R- Resistente (ASTM – D 2017, 2005). Em que: Situação 1: lixiviada; Situação 2: volatilizada; Situação 3: normal.

Resultado semelhante ocorreu em trabalho realizado por Shimada (1998), que verificou que para a situação em que as amostras foram lixiviadas, os ganhos da resistência da madeira situaram-se no limite de 88 a 94%, para os tratamentos (taninos + sulfatos de cobre; taninos + CCA; taninos + trióxido de arsênio), em relação às amostras não tratadas. E quando a perda de massa das

lixiviadas foi comparada a não lixiviadas, notou-se um ganho de perda de massa de aproximadamente 50% para o tratamento com taninos + trióxido de arsênio.

4.5.2 Fungo *Postia placenta*

No Apêndice A, Tabela 1A, pode ser visualizado o resumo das análises de variância da perda de massa do ensaio de apodrecimento acelerado de laboratório do fungo *Postia placenta*, que acusou resultados significativos pelo teste de F, para os tratamentos, situação e interação entre tratamento e situação, as quais foram desdobradas e analisadas pelo teste de Scott-Knott (Tabela 12).

Tabela 12 - Comparação entre as médias de perda de massa dos tratamentos e situações para o fungo *Postia placenta*.

Tratamento	Situação / Perda de Massa (%)		
	Lixiviada (1)	Volatilizada (2)	Normal (3)
1	58,17 aA (NR)	57,76 aA (NR)	56,69 aA (NR)
2	49,07 bA (NR)	39,17 bB (MR)	35,63 bB (MR)
3	39,09 cA (MR)	28,71 cA (MR)	33,91 bA (MR)
4	29,20 cA (MR)	11,30 dB (R)	24,15 cA (R)
5	17,33 dA (R)	10,38 dA (AR)	20,73 cA (R)
6	11,42 dC (R)	32,93 cB (MR)	50,61 aA (NR)
7	9,51 dB (AR)	26,63 cA (MR)	18,31 cA (R)
8	8,70 dB (AR)	31,06 cA (MR)	39,66 bA (MR)
9	8,64 dB (AR)	15,79 dB (R)	29,00 cA (MR)
10	46,53 bA (NR)	42,24 bA (MR)	40,82 bA (MR)
11	34,24 cA (MR)	32,98 cA (MR)	24,68 cA (R)
12	30,49 cA (MR)	11,18 dB (R)	29,67 cA (MR)
13	14,81 dA (R)	10,33 dA (AR)	15,68 cA (R)

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna ou maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$). AR – Altamente resistente; R – Resistente; MR – Moderadamente resistente; NR – Não resistente (ASTM – D 2017, 2005). Em que: Tratamento 1: Madeira sem tratamento (Testemunha); Tratamento 2: óleo de andiroba puro; Tratamento 3: óleo de andiroba com 1% de I₂; Tratamento 4: óleo de andiroba com 3% de I₂; Tratamento 5: óleo de andiroba com 5% de I₂; Tratamento 6: óleo de copaíba puro; Tratamento 7: óleo de copaíba com 1% de I₂; Tratamento 8: óleo de copaíba com 3% de I₂; Tratamento 9: óleo de copaíba com 5% de I₂; Tratamento 10: óleo de pinhão manso puro; Tratamento 11: óleo de pinhão manso com 1% de I₂; Tratamento 12: óleo de pinhão manso com 3% de I₂; Tratamento 13: óleo de pinhão manso com 5% de I₂.

No tratamento 6, óleo de copaíba puro, situação 3 (50,61%), a madeira tratada não diferiu estatisticamente da testemunha, que atingiu valor de perda de massa de 56,69% nesta situação. Isto indicou que as linhagens dos fungos utilizados eram vigorosas e capazes de degradar as amostras, caso não fossem

tratadas. De modo geral, conforme o enriquecimento nota-se que ocorreu diminuição da média de perda de massa nas três situações estudadas (lixiviada, volatilizada e normal), demonstrando a ação fungicida das soluções enriquecidas com I_2 .

Foi constatado que as madeiras tratadas com os óleos enriquecidos com 5% de I_2 obtiveram as menores médias de perdas de massa nas três situações, exceto o tratamento com o óleo de copaíba, que foi encontrado média de 18,31% quando enriquecido com 1% de iodo (tratamento 7, situação 3), porém não diferiu estatisticamente da perda de massa da madeira tratada com este óleo enriquecido com 5% de I_2 (Tratamento 9). Observa-se que na situação 2, a menor média de perda de massa foi para a madeira tratada com o óleo de pinhão manso 5% de I_2 (10,33%), o que não diferiu dos tratamentos 4, 5, 9 e 12, desta situação.

Para a madeira tratada com o óleo de pinhão manso (situação 3), verifica-se que para o óleo puro, foi obtido a maior perda de massa, com média de 40,82%, sendo considerado moderadamente resistente, diferindo estatisticamente dos tratamentos 11, 12 e 13, constatado perdas de massa de 24,68; 29,67 e 15,68%, respectivamente.

Verificou-se nas três situações, que nos tratamentos com os óleos puros, foram obtidos maiores médias de perdas de massa, sendo assim, o enriquecimento contribuiu para maior proteção da madeira. Conforme a ASTM 2017 (2005), foram considerados não resistente (NR) os tratamentos 1 (situações 1, 2 e 3), 2 (situação 1), 6 (situação 3) e 10 (situação 1). Os tratamentos 3, 5, 10, 11 e 13 tiveram comportamento semelhantes nas três situações estudadas (lixiviada, volatilizada e normal). Os tratamentos 7, 8 e 9 (situação 1), 5 e 13 (situação 2), foram considerados altamente resistente (AR).

Nota-se que a eficiência do óleo de andiroba puro foi afetada pela lixiviação, com perda de massa de 49,07% (tratamento 2, situação 1), sendo classificado como não resistente. Maiores perdas de massa observadas para esta situação devem-se provavelmente, ao arraste de compostos presentes no óleo, deixando as mesmas menos protegidas contra a ação do fungo. Shimada (1998) explicou que, madeiras tratadas com soluções afetadas pela lixiviação, provavelmente perderão eficiência, caso sejam utilizadas em contato com o solo ou submetidas a intempéries.

A madeira de *Pinus* após atacada pelo fungo mudou sua coloração para parda-escurecida. Explica-se esta situação, uma vez que, fungos de podridão parda digerem e assimilam a celulose e hemicelulose, deixando a lignina, a qual adquire coloração escurecida, pois é um componente pouco ou não assimilável por estes fungos (MENDES; ALVES, 1988).

Ao estudarem a eficiência de produtos naturais no tratamento da madeira de *Pinus caribaea* sob a ação do fungo *Postia placenta*, verificou-se que o óleo de neem proporcionou um efeito protetivo, porém significativamente inferiores aos demais produtos avaliados, ou seja, os resíduos naturais terpeno de candeia e resina de bisabolol. Embora esse óleo tenha apresentado a maior perda de massa, o mesmo foi considerado eficiente, pois as amostras tratadas perderam em média 16,94% de sua massa, o que corresponde a 59,72% menos quando comparada à madeira não tratada (42,05%) (TEIXEIRA et al., 2015). Portanto, existem produtos naturais que possuem eficiência a fungos xilófagos, podendo ser indicados para proteção da madeira.

Existem trabalhos que comprovam que as atividades antimicrobianas dos óleos vegetais são proporcionadas pela composição química e os grupos funcionais presentes nos mesmos, porém cada um destes possui sua peculiaridade e ação específica nos microrganismos, sejam esses, bactérias ou fungos (RESCHKE; MARQUES; MAYWORM, 2007; WEBER, 2013; VALERIANO et al., 2012).

4.6 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A FUNGOS PODRIDÃO MOLE

No Apêndice A, Tabela 2A, pode ser visualizado o resumo das análises de variância da perda de massa, que acusou resultados significativos pelo teste de F, para os tratamentos, situação e interação entre tratamento e situação, as quais foram desdobradas e analisadas pelo teste de Scott-Knott.

Verifica-se que as maiores perdas de massa foram encontradas para a madeira de *Pinus* não tratada (testemunha), na situação lixiviada (1), volatilizada (2) e normal (3), sendo constatados valores de 6,67; 13,28 e 14,25%, respectivamente (Tabela 13).

Com o enriquecimento de iodo (I_2), situação normal, houve tendências de melhoria da resistência da madeira, sendo isso constatado pela diminuição da

perda de massa. Os óleos puros nesta situação (3), obtiveram as maiores perdas de massa, com valores de 7,55; 4,49 e 6,15% para os óleos de andiroba, copaíba e pinhão manso (tratamentos 2; 6 e 10).

Na situação normal, a menor média (0,57%) de perda de massa foi constada para o tratamento 5, que corresponde ao óleo de andiroba enriquecido com 5% I₂. Este tratamento não diferiu estatisticamente do óleo de pinhão manso enriquecidos com 3 e 5% I₂, sendo estes dois últimos não influenciados pela lixiviação e volatilização.

Tabela 13 - Comparação entre as médias de perda de massa dos tratamentos e situações para fungo de podridão mole.

Tratamento	Situação / Perda de Massa (%)		
	Lixiviada (1)	Volatilizada (2)	Normal (3)
1	6,67 aB	13,28 aA	14,25 aA
2	4,48 aB	2,45 cC	7,55 bA
3	6,42 aA	2,89 cB	3,06 cB
4	3,04 bA	2,44 cA	2,79 cA
5	3,70 bA	2,21 cB	0,57 dC
6	1,95 cB	5,79 bA	4,49 bA
7	2,85 bA	1,88 cA	3,11 cA
8	1,88 cA	1,76 cA	2,24 cA
9	1,29 cB	1,23 dB	2,74 cA
10	3,61 bB	4,17 bB	6,15 bA
11	2,14 cB	4,79 bA	5,38 bA
12	2,50 cA	0,78 dA	1,63 dA
13	2,87 bA	2,24 cA	1,29 dA

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna ou maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$). Em que: Tratamento 1: Madeira sem tratamento (Testemunha); Tratamento 2: óleo de andiroba puro; Tratamento 3: óleo de andiroba com 1% de I₂; Tratamento 4: óleo de andiroba com 3% de I₂; Tratamento 5: óleo de andiroba com 5% de I₂; Tratamento 6: óleo de copaíba puro; Tratamento 7: óleo de copaíba com 1% de I₂; Tratamento 8: óleo de copaíba com 3% de I₂; Tratamento 9: óleo de copaíba com 5% de I₂; Tratamento 10: óleo de pinhão manso puro; Tratamento 11: óleo de pinhão manso com 1% de I₂; Tratamento 12: óleo de pinhão manso com 3% de I₂; Tratamento 13: óleo de pinhão manso com 5% de I₂.

As perdas de massa dos tratamentos 4; 7; 8; 12 e 13; nas situações 1, 2 e 3, apresentaram comportamento semelhantes. Observa-se que os tratamentos com o óleo de andiroba puro e enriquecido com 1% I₂, tratamentos 2 e 3, respetivamente, não diferiram estatisticamente da testemunha na situação lixiviada (1).

O óleo de andiroba, tanto puro como enriquecido com I₂, tratamentos 2; 3; 4 e 5 não diferiram entre si (situação volatilizada). Houve melhoria da resistência

da madeira tratada com o óleo de copaíba quando enriquecido com I_2 (situações 2 e 3), pois conforme o aumento da concentração deste elemento no óleo, houve a diminuição da perda de massa.

Em estudo, ao analisar o comportamento da madeira de *Pinus* submetida ao ensaio de podridão mole, foram encontradas perdas de massa, variando entre 2 e 5%, sendo possível observar que a degradação desta madeira foi inferior ao alburno da teca (*Tectona grandis*), deixando evidente a resistência de coníferas em relação à folhosas (BROCCO, 2014). Os resultados de perda de massa encontrado por este autor foi menor do que deste trabalho (14,25%), na situação normal (situação 3). O método proposto pelo IPT/DIMAD D-5 (1980), utilizado no experimento, apenas perdas de massa iguais ou superiores a 3% são consideradas ataque dos fungos de podridão mole.

Ao realizar o ensaio de podridão mole com a madeira de *Pinus*, foi encontrado valores de perda de massa de 24,32%. Em experimento em que foram utilizadas outras espécies, notou-se que as madeiras mais resistentes foram aroeira, braúna e pereiro, com perdas de massa aproximadamente oito vezes menores quando comparada a madeira de *Pinus*, sendo estes valores correspondendo a 2,48; 2,98; e 2,71%, respectivamente. Enquanto que as mais deterioradas foram craibeira e cumaru (24,26 e 22,78%,), com perdas de massa próximas a encontrada para a testemunha de *Pinus* sp. (PAES; MORAIS; LIMA, 2005).

A madeira utilizada nesse experimento apresentou coloração escurecida após submetida ao ensaio de apodrecimento (Figura 9B), sendo isto percebido após a comparação com uma amostra não atacada por fungos de podridão mole (Figura 9A). Oliveira (1986), reforça que a madeira atacadas por estes fungos apresentam a camada superficial mais escurecida e com pequenas fissuras paralelas e perpendicular a grã. Existem outras características que foram visualizadas por Savory em 1954, citada por Zabel (1992), que quando a madeira é atacada por estes fungos, macroscopicamente, a superfície é amolecida e microscopicamente o ataque é maior no interior da parede secundária da célula.

Figura 9 - Amostras de madeira não atacada (A) e escurecida depois do ataque dos fungos de podridão mole (B).



Fonte: o autor.

4.7 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A TÉRMITAS XILÓFAGOS

4.7.1 Ensaio de alimentação forçada a térmitas subterrâneos

A análise de variância dos dados de perda de massa dos corpos de prova para este ensaio, acusou resultados significativos pelo teste de F, apenas para os tratamentos; e para o desgaste, acusou resultados significativos os tratamentos e situações (Apêndice B, Tabela 1B).

Observa-se que a perda de massa da testemunha (9,48%) diferiu estatisticamente dos tratamentos 6; 7; 8; 9 e 10 e não diferiu dos tratamentos com óleo de andiroba (tratamentos 2; 3; 4 e 5) e também dos tratamentos 11; 12 e 13, que correspondem ao óleo de pinhão manso enriquecido com 1; 3 e 5%, respectivamente (Tabela 14).

Embora o tratamento 9 tenha a menor perda de massa (6,14%), este valor não diferiu estatisticamente dos tratamentos 6; 7; 8; e 10; que correspondem aos tratamentos com os óleos de copaíba (puro, enriquecido com 1% de I₂, 3% de I₂), e ao óleo de pinhão manso puro, respectivamente.

Tabela 14 - Comparação entre as médias de perda de massa e desgaste da madeira para cada tratamento e situação para o térmita *Nasutitermes corniger*.

Tratamento	Perda de Massa (%)	Desgastes (Nota)
1	9,48 a	9,23 b
2	8,74 a	9,48 b
3	8,62 a	9,25 b
4	8,93 a	9,19 b
5	8,49 a	9,51 b
6	6,76 b	9,89 a
7	7,51 b	9,84 a
8	6,83 b	9,77 a
9	6,14 b	9,84 a
10	6,62 b	9,52 b
11	7,78 a	9,36 b
12	8,18 a	9,59 a
13	8,15 a	9,66 a

Situação	Desgaste (Nota)
1	9,33 c
2	9,54 b
3	9,76 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$). Em que: Tratamento 1: Madeira sem tratamento (Testemunha); Tratamento 2: óleo de andiroba puro; Tratamento 3: óleo de andiroba com 1% de I₂; Tratamento 4: óleo de andiroba com 3% de I₂; Tratamento 5: óleo de andiroba com 5% de I₂; Tratamento 6: óleo de copaíba puro; Tratamento 7: óleo de copaíba com 1% de I₂; Tratamento 8: óleo de copaíba com 3% de I₂; Tratamento 9: óleo de copaíba com 5% de I₂; Tratamento 10: óleo de pinhão manso puro; Tratamento 11: óleo de pinhão manso com 1% de I₂; Tratamento 12: óleo de pinhão manso com 3% de I₂; Tratamento 13: óleo de pinhão manso com 5% de I₂.

Situação 1: lixiviada; Situação 2: volatilizada; Situação 3: normal.

O óleo de copaíba é composto por diterpenóides, substância comumente encontrada em algumas plantas, ou seja, metabólitos secundários que estão envolvidos na defesa contra pragas e doenças (VEIGA et al., 1997; BRAGA; REZENDE; ANTUNES, 1998). Observou-se neste trabalho, que o óleo de copaíba possui potencial contra os térmitas testados, pois constatou-se as menores médias de perdas de massa nas madeiras tratadas com este óleo, logo, o mesmo é eficiente e possui a capacidade de repelir os térmitas.

As madeiras tratadas com o óleo de pinhão manso (tratamentos 10; 11; 12 e 13) tiveram menores perdas de massa que a testemunha (9,48%), porém o que diferiu estatisticamente foi apenas o óleo puro (6,62%), sendo o mais eficiente. Maiores concentrações de iodo influenciaram no tratamento, podendo

ter interagido, de forma negativa, com componentes do óleo, o que diminuiu sua eficiência.

Com relação ao desgaste em função do ataque dos cupins, observou-se, de modo geral, que a madeira utilizada neste trabalho foi ligeiramente atacada pelos térmitas, sendo visíveis escarificações superficiais. As médias das notas atribuídas dos tratamentos foram próximas a da amostra controle (sem tratamento).

Foi observado nota média de 9,23 para o tratamento 1 (testemunha), porém este valor não diferiu estatisticamente da madeira tratada com o óleo de andiroba (tratamentos 2; 3; 4 e 5), além de também não diferir dos tratamentos 10 e 11, que correspondem às impregnações com o óleo de pinhão manso puro e enriquecido com 1%.

Menores desgastes foram observados para os tratamentos 6; 7; 8; 9, que correspondem às impregnações com o óleo de copaíba (puro, 1% de I₂; 3% de I₂ e 5% de I₂). Ressalta-se que as menores perdas de massa também foram encontradas para esses tratamentos. Esses resultados, não diferiram dos tratamentos 12 e 13.

Com relação às situações, nota-se que a situação lixiviada foi a mais desgastada, com nota de 9,33. Verifica-se o efeito da lixiviação e volatilização (9,54), que diferiu estatisticamente da situação normal, que registrou-se média de 9,76 (Tabela 14).

Diariamente foram realizadas observações nos frascos com os térmitas e, em alguns tratamentos não se observou ataque dos mesmos à madeira tratada. Verificou-se que os cupins estavam distantes dos corpos de prova, podendo isto ter ocorrido por causa da emissão de odores dos óleos ou pelas substâncias voláteis dos mesmos. Paes (1997) explicou que, as perdas de massa também podem ser em virtude da volatilização e da lixiviação de frações mais leves das soluções e, principalmente, da lixiviação de certos compostos.

Para a eficiência do óleo de candeia (*Eremanthus erythropappus*), na melhoria da resistência da madeira de sumaúma (*Ceiba pentandra*) ao térmita *Nasutitermes corniger* (Motsch.) verificou-se que nas retenções de 10,61 kg m⁻³ (ensaio de alimentação forçada) e de 38,35 kg m⁻³ (ensaio de preferência alimentar), o óleo de candeia conseguiu inibir o ataque dos cupins. Nas retenções de 16,73 kg m⁻³ (ensaio de alimentação forçada) e de 58,22 kg m⁻³

(ensaio de preferência alimentar) foi possível prevenir o ataque à madeira tratada (PAES et al., 2010).

Para a eficiência dos óleos de nim (*Azadirachta indica*) e de mamona (*Ricinus communis*) na melhoria da resistência da madeira de sumaúma (*Ceiba pentandra*) ao cupim *Nasutitermes corniger* em ensaio de preferência alimentar, Paes et al. (2011) verificaram que o óleo de nim não foi eficiente no tratamento da madeira, e ao analisarem o efeito da situação, observaram que a volatilizada foi a que apresentou menor perda de massa quando comparada às normal e lixiviada. Os óleos de nim e de mamona puros e as soluções preparadas com esses ingredientes (25% de mamona e 75% de nim; 50% de mamona e 50% de nim; 75% de mamona e 25% de nim) apresentaram algum efeito de repelência aos cupins, embora não tenha sido duradouro.

Quanto à mortalidade, notou-se que nenhum dos tratamentos apresentou térmitas vivos ao final do ensaio (28 dias), sendo constatado 100% de mortalidade. No vigésimo dia de ensaio, todos os cupins já estavam mortos. É válido mencionar que, foi possível observar que, em alguns frascos os cupins fizeram túneis na areia, deixando nítido o vigor dos insetos utilizados no ensaio.

O estudo com óleos de andiroba, copaíba e pinhão manso para tratamento da madeira contra a deterioração por térmitas, não é descrito na literatura, sendo o trabalho pioneiro. Alguns óleos vegetais já foram utilizados no tratamento de madeira, tais como; mamona, nim e candeia e seus subprodutos (PAES et al., 2010; PAES et al, 2015; TEIXEIRA et al., 2015).

O uso de óleos naturais na proteção da madeira contra térmitas é de importância para a área de tratamento de madeira. O desenvolvimento de novos produtos é relevante para o setor madeireiro, mas, ao contrário do que a prática tem mostrado, os benefícios de alguns produtos normalmente não são obtidos completamente. Os óleos vegetais utilizados são diferenciados e indicados para a impregnação de madeiras que devem permanecer em contato com seres humanos, pois, além de proporcionarem a proteção, é de baixa nocividade, o que é um fator positivo para a indústria moveleira.

4.7.2 Ensaio de cupim de madeira seca

A análise de variância dos dados de perda de massa dos corpos de prova para este ensaio, acusou resultados significativos pelo teste de F, para os tratamentos, situações e para a interação entre tratamento e situação (Apêndice B, Tabela 2B), as quais foram desdobradas e analisadas pelo teste de Scott-Knott (Tabela 15).

Observa-se que, quando a madeira de *Pinus* foi tratada com os óleos e soluções, houve melhoria na resistência da mesma. Ao analisar a interação entre os fatores tratamento e situação, nota-se que, de modo geral, as amostras não foram afetadas pela lixiviação e volatilização, exceto os tratamentos 6 e 7, que correspondem ao óleo de copaíba puro e enriquecido com 1% I₂.

Tabela 15 - Médias das perdas de massa causadas pelos térmitas de madeira seca em função dos tratamentos e situações testadas.

Tratamento	Situação / Perda de Massa (%)		
	Lixiviada (1)	Volatilizada (2)	Normal (3)
1	11,82 aA	12,17 aA	10,98 aA
2	7,05 bA	6,51 bA	5,66 bA
3	6,74 bA	5,86 bA	5,83 bA
4	6,30 bA	6,23 bA	6,23 bA
5	6,66 bA	6,25 bA	7,05 bA
6	7,86 bA	6,09 bB	4,08 cC
7	6,84 bA	7,07 bA	5,39 bB
8	6,82 bA	6,92 bA	6,74 bA
9	6,89 bA	7,60 bA	6,58 bA
10	5,33 cA	4,94 cA	4,04 cA
11	5,12 cA	4,42 cA	4,69 cA
12	4,91 cA	4,62 cA	5,39 bA
13	5,89 cA	5,05 cA	5,39 bA

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna ou maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$). Em que: Tratamento 1: Madeira sem tratamento (Testemunha); Tratamento 2: óleo de andiroba puro; Tratamento 3: óleo de andiroba com 1% de I₂; Tratamento 4: óleo de andiroba com 3% de I₂; Tratamento 5: óleo de andiroba com 5% de I₂; Tratamento 6: óleo de copaíba puro; Tratamento 7: óleo de copaíba com 1% de I₂; Tratamento 8: óleo de copaíba com 3% de I₂; Tratamento 9: óleo de copaíba com 5% de I₂; Tratamento 10: óleo de pinhão manso puro; Tratamento 11: óleo de pinhão manso com 1% de I₂; Tratamento 12: óleo de pinhão manso com 3% de I₂; Tratamento 13: óleo de pinhão manso com 5% de I₂.

Os tratamentos com o óleo de andiroba, tanto puro (tratamento 2), como enriquecido com 1; 3 e 5% I₂ (tratamentos 3, 4 e 5), não diferiram

estatisticamente entre si nas três situações. O mesmo ocorreu com o óleo de copaíba (tratamentos 6, 7 8 e 9), nas situações 1 e 2.

As perdas de massa da madeira tratada com óleo de pinhão manso foram menores, tanto na situação lixiviada como na volatilizada (tratamentos 10, 11, 12 e 13), diferindo estatisticamente dos outros tratamentos.

Verifica-se que a análise de variância dos dados de desgastes dos corpos de prova acusou resultados significativos pelo teste de F, para os tratamentos e situação (Apêndice B, Tabela 2B).

Pode-se verificar que houve efeito benéfico na madeira tratada, pela diminuição dos desgastes nos corpos de prova, quando comparado à testemunha. Quanto à atribuição de notas relacionadas ao desgaste causado pelos cupins de madeira seca, observa-se que o maior dano ocorreu na madeira sem tratamento de *Pinus elliotii*, sendo o desgaste considerado moderado (Tabela 16). De modo geral, a madeira de *Pinus* foi suscetível ao ataque desse térmita.

Tabela 16 - Médias de desgaste causadas pelos térmitas de madeira seca em função dos tratamentos testados.

Tratamento	Desgaste
1	2,45 a
2	0,33 c
3	0,25 c
4	0,31 c
5	0,52 c
6	1,66 a
7	1,18 b
8	1,06 b
9	1,27 b
10	1,22 b
11	0,70 c
12	1,12 b
13	0,89 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$). Em que: Tratamento 1: Madeira sem tratamento (Testemunha); Tratamento 2: óleo de andiroba puro; Tratamento 3: óleo de andiroba com 1% de I_2 ; Tratamento 4: óleo de andiroba com 3% de I_2 ; Tratamento 5: óleo de andiroba com 5% de I_2 ; Tratamento 6: óleo de copaíba puro; Tratamento 7: óleo de copaíba com 1% de I_2 ; Tratamento 8: óleo de copaíba com 3% de I_2 ; Tratamento 9: óleo de copaíba com 5% de I_2 ; Tratamento 10: óleo de pinhão manso puro; Tratamento 11: óleo de pinhão manso com 1% de I_2 ; Tratamento 12: óleo de pinhão manso com 3% de I_2 ; Tratamento 13: óleo de pinhão manso com 5% de I_2 .

Não houve diferença significativa entre o desgaste das amostras controle e do tratamento 6, correspondente ao óleo de copaíba puro. Os menores valores de desgastes foram atribuídos à madeira tratada com óleo de andiroba, tanto puro, como também enriquecido com 1; 3 e 5% (Tratamentos 2; 3; 4 e 5).

Verifica-se que o óleo de andiroba, tanto puro como enriquecido com iodo (I_2) não diferiu estatisticamente entre si. O mesmo ocorreu para o óleo de copaíba enriquecido.

Com relação à situação, verifica-se que o maior desgaste foi para as madeiras submetidas as situações lixiviadas e volatilizadas. A situação normal teve média de desgaste de 0,75 (Tabela 17).

Tabela 17 - Comparação entre as médias de desgaste para o ensaio de cupim de madeira seca e situação.

Situação	Desgaste
1	1,19 a
2	1,05 a
3	0,75 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$). Situação 1: lixiviada; Situação 2: volatilizada; Situação 3: normal.

Em um estudo com a madeira de *Pinus* sp., foi atribuída nota 4,0 (desgaste profundo) para o ataque de *Cryptotermes brevis*, além de serem observados dois orifícios nas amostras dessa madeira e, a mortalidade dos cupins foi de 17,50%, a qual diferiu de outras espécies como cedro australiano, cacunda, cupiúba, cedro-rosa e pequi (GONÇALVES; OLIVEIRA, 2006).

Analisou-se a resistência natural do lenho de *Eucalyptus grandis* de quatro diferentes idades (10, 14, 20 e 25 anos) ao ataque de cupins de madeira seca (*Cryptotermes brevis*), verificou-se que, independentemente da idade, a madeira foi altamente suscetível ao ataque, revelando a baixa resistência natural da espécie. Os danos verificados em todas as idades foram próximo aos encontrados na madeira de *Pinus elliottii*, sendo o valor de 4,0. Os danos ocasionados na madeira de *Eucalyptus grandis* foram de 3,0; 3,0; 3,2 e 4,0, para as idades de 20, 25,14 e 10 anos, respectivamente (SILVA; CARBALLEIRA LOPEZ; OLIVEIRA, 2004).

Para a madeira de *Pinus taeda* foi encontrada uma perda de massa de 18,13%, mortalidade de 12,50% e foi atribuída nota 3,0, o que indica um

desgaste acentuado (IPT/DIMAD D – 2, 1980) e baixa resistência da madeira (BRITO, 2015).

Com relação à mortalidade dos cupins, a análise de variância dos dados, acusou resultados significativos pelo teste de F, para os tratamentos, situações e para a interação entre tratamento e situação (Apêndice B, Tabela 2B), as quais foram desdobradas e analisadas pelo teste de Scott-Knott (Tabela 18).

Ao analisar a interação, verificou-se que a testemunha (tratamento 1) teve menor mortalidade, comprovando assim o efeito dos tratamentos com os óleos, pois a porcentagem de morte dos cupins submetidos à madeira tratada foi superior, podendo-se concluir que possivelmente os óleos e soluções com I₂ foram tóxicas aos térmitas.

Tabela 18 - Comparação entre a mortalidade dos térmitas de madeira seca para os tratamentos e situações empregadas.

Tratamento	Situação / Mortalidade (%)		
	Lixiviada (1)	Volatilizada (2)	Normal (3)
1	42,50dB	55,00cB	73,75dA
2	95,00aA	96,00aA	93,75bA
3	96,25aA	91,25aA	98,75aA
4	95,00aB	92,50aB	100,00aA
5	97,50aA	95,00aA	100,00aA
6	58,75dB	78,75bA	50,00 eB
7	60,00dA	63,75cA	72,50 dA
8	76,25cB	95,00aA	71,25 dB
9	83,75bA	83,75bA	87,50 cA
10	60,00dB	45,00cB	85,00 cA
11	82,50bA	90,00aA	88,75 cA
12	93,75aA	80,00aA	95,00 bA
13	93,75aA	76,25bC	100,00 aA

Médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna ou maiúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p > 0,05$). Em que: Tratamento 1: Madeira sem tratamento (Testemunha); Tratamento 2: óleo de andiroba puro; Tratamento 3: óleo de andiroba com 1% de I₂; Tratamento 4: óleo de andiroba com 3% de I₂; Tratamento 5: óleo de andiroba com 5% de I₂; Tratamento 6: óleo de copaíba puro; Tratamento 7: óleo de copaíba com 1% de I₂; Tratamento 8: óleo de copaíba com 3% de I₂; Tratamento 9: óleo de copaíba com 5% de I₂; Tratamento 10: óleo de pinhão manso puro; Tratamento 11: óleo de pinhão manso com 1% de I₂; Tratamento 12: óleo de pinhão manso com 3% de I₂; Tratamento 13: óleo de pinhão manso com 5% de I₂.

Foram verificados 100% de morte dos cupins quando o óleo de andiroba foi enriquecido com 3 e 5%I₂ (tratamentos 4 e 5, situação 3). Esses resultados não diferiram estatisticamente do tratamento 13, situação 3, demonstrando que o óleo de pinhão manso também foi letal a cupins quando enriquecido com 5%I₂.

Nota-se que com o aumento da concentração de iodo nos óleos, a mortalidade dos cupins aumentou, sendo notória a ação inseticida deste produto. Verifica-se que os tratamentos com o óleo de andiroba (tratamentos 2; 3 e 5), nas situações 1, 2 e 3, tiveram comportamento semelhante, assim como também os tratamentos 7; 9; 11 e 12. No geral, a mortalidade dos cupins na situação normal foi superior à lixiviada e volatilizada.

Para a resistência de 10 madeiras ao térmita *Cryptotermes brevis* em condições de laboratório, verificou-se as madeiras de *Dalbergia nigra*, *Hymenolobium petraeum*, *Caesalpinia echinata* e *Eucalyptus cloeziana* foram mais consumidas pelos térmitas. Para nenhuma das espécies estudadas foram verificados orifícios que transpassaram as amostras, exceção feita para a madeira de *Pinus* sp., utilizada como controle, denotando a baixa resistência de tal espécie florestal (GONÇALVES et al., 2013) e a necessidade de tratamentos a fim de melhorar a eficácia da mesma frente ao térmita testado.

Em um estudo com a madeira de *Pinus* sp., foram encontrados valores de 1,76% de perda de massa, além de desgaste (nota) de 2,28. A mortalidade dos térmitas foi classificada como moderada, média de 44,50%. Todas as amostras de *Pinus* sp. foram perfuradas, com o número de orifícios variando de 1 a 2 (BROCCO, 2014).

Nas amostras de madeira tratada com óleos ou soluções não foram constatados orifícios, exceto para uma amostra tratada com óleo de copaíba puro, situação lixiviada. A madeira de *Pinus elliottii* utilizada como testemunha (situação lixiviada) teve média de um orifício por amostra. Na situação normal e volatilizada não foram encontrados orifícios.

5 CONCLUSÕES

A madeira tratada para os ensaios atingiram faixas de retenções estipuladas no experimento (50-70%). As menores retenções ocorreram para o ensaio de cupim de madeira seca, tal fato pode ser explicado pelas dimensões das amostras.

De modo geral, o enriquecimento dos óleos com iodo (I_2) proporcionou aumento da viscosidade. Foi constatado menor densidade para o óleo puro de andiroba e copaíba do que quando enriquecido com 5% de I_2 . O incremento de iodo nas soluções, propiciou a diminuição do pH nos óleos de andiroba e copaíba, além do aumento do índice de acidez do óleo de andiroba.

No ensaio de toxidez em meio de cultura, para o fungo *Trametes versicolor*, a maior inibição em 20 dias foi para o tratamento 3 (andiroba 1% I_2). Já para o fungo *Postia placenta*, a maior inibição foi constatada para o tratamento com óleo de andiroba com 5% de I_2 .

No ensaio de apodrecimento acelerado, os óleos de andiroba e de pinhão manso puros foram os menos eficientes para o controle do fungo *Trametes versicolor*. Além disso, a situação lixiviada promoveu menor perda de massa. No controle do fungo *Postia placenta*, a madeira tratada com o óleo de copaíba puro (situação normal) foi classificada como não resistente.

No ensaio de fungos de podridão mole, observou-se que com o aumento da concentração de iodo (I_2), houve tendências de melhoria da resistência da madeira (situação normal).

No ensaio de térmitas subterrâneos, as menores perdas de massa e desgaste, foram encontrados para a madeira tratada com o óleo de copaíba, tanto puro, como enriquecido com I_2 . Os maiores desgastes foram para as amostras submetidas à situação lixiviada. A mortalidade dos térmitas foi 100% ao término do ensaio.

No ensaio de resistência a cupim de madeira seca, as menores perdas de massa foram encontradas para a madeira tratada com o óleo de copaíba puro, e para o óleo de pinhão manso puro e enriquecido com 1% de I_2 (situação normal). Os menores desgastes foram constatados para as madeiras impregnadas com o óleo de andiroba puro e enriquecidos, assim como também

para o óleo de pinhão manso 1% I₂. O tratamento com os óleos e soluções proporcionaram até 100% de mortalidade para cupins.

Na maioria dos ensaios testados, o enriquecimento com I₂ proporcionou melhorias na eficiência dos óleos. A volatilização e lixiviação teve efeito em alguns tratamentos.

Embora os ensaios de laboratórios tenham indicado as propriedades e eficiência dos produtos, para que se tenham conclusões exatas e provar a verdadeira eficácia dos óleos e das soluções, são necessários ensaios de campo ou de serviço, o que demanda de mais tempo e de maiores custos.

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. B. **Caracterização de fluido magnético à base de óleos vegetais de babaçu, copaíba e mamona**. 2009. 21 f. Monografia (Graduação em Licenciatura Plena em Física) – Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, 2009.

ALMEIDA, J. E. M. Avaliação de fungos entomopatógenos visando ao controle do cupim subterrâneo *Heterotermos tenuis* (Hagen, 1858). 1994. 131 f. Dissertação (Mestrado Entomologia Agrícola) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1994.

ALVES, W. F. et al. Características físico-químicas de óleos essenciais de plantas da região do vale do juruá. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v.11, n.22, p. 1-13, 2015.

ALVES, J. M. A. et al. Pinhão-manso: uma alternativa para produção de biodiesel na agricultura familiar da amazônia brasileira. **Agro@ambiente On-line**, Boa vista, v. 2, n. 1, p. 57–68, 2008. Disponível em: <<http://revista.ufr.br/index.php/agroambiente/article/view/160>>. Acesso em: 19 abr. 2015.

AMARAL, L. S. Penetração e retenção do preservante em *Eucalyptus* com diferentes diâmetros. 2012. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-2017**: standard method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia, 2005, 5p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-1413**: standard test method for wood preservatives by laboratory soil-block cultures. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia, 2005, 7 p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-3345**: standard method for laboratory evaluation of the wood and other cellulosic materials for resistance to termite. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia, 2005, 3p.

ANDRADE, A. S. **Qualidade da madeira, celulose e papel em *Pinus taeda* L.: Influência da idade e classe de produtividade**. 2006. 94 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

APPEL, J. S. L. et al. Aspectos toxicológicos do preservativo de madeira CCA (arseniato de cobre cromatado): revisão. **Revista Brasileira de Toxicologia**, São Paulo, v. 19, n. 1, p. 33-47, 2006.

ARRUDA, F. P. et al. Cultivo de pinhão manso (*Jatropha curca* L.) como alternativa para o semi-árido nordestino. **Revista Brasileira de Olericultura Fibrose**, Campina Grande, v. 8, n. 1, p. 789–799, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL - BRACELPA. Números do Setor. Disponível em: <
<http://bracelpa.org.br/bra2/sites/default/files/estatisticas/booklet.pdf>>. Acesso em: 24 mai. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 11941-02**: determinação da densidade básica em madeira. Rio de Janeiro, 2003. 6 p.

BAGGIO, A. J.; SCHREINER, H. G. Análise de um sistema silvipastoril com *Pinus elliottii* e gado de corte. **Boletim de Pesquisa Florestal**, Curitiba, n. 16, p. 19–29, 1988.

BARILLARI, C. T. **Durabilidade da madeira do gênero *Pinus* tratada com preservantes: avaliação em campo de apodrecimento**. 2002. 79f. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.

BARREAL, J. A. R. **Patologia de la madera**. Madrid: Fundación Conde Del Valle de Salazar, 1998. 349p.

BICUDO, T. C. et al. Estabilidade e tempo de indução oxidativa do óleo de pinhão manso para produção de biodiesel. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 2, 2007, Brasília. **Anais...** Brasília: ABIPTI/SETEC-MCT, 2007. Cd-Rom.

BRAGA, W. F.; REZENDE, C. M.; ANTUNES, O. A. C. Terpenoids from *Copaiba cearensis*. **Phytochemistry**, Great Britain, v. 38, n. 1, p. 263-264, 1998.

BRITO, J. P.; **Ação de cupins de madeira seca (*Cryptotermes brevis*) e de solo (*Nasutitermes corniger*) nas madeiras termorretrificadas de *Pinus taeda* e de *Corymbia citriodora***. 2015, 103 f. Tese (Doutorado Ciências Florestais) - Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, São Paulo, 2015.

BROCCO, V. F. **Potencialidades dos extrativos do cerne da madeira de teca como preservativo natural e sua influência na cor de madeiras claras**. 2014.86 f. Dissertação (Mestrado em Ciências florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2014.

CARBALLEIRA LOPEZ, G. A. C.; MILANO, S. Avaliação da durabilidade natural da madeira e de produtos usados na sua proteção. In: LEPAGE, E. S., (Coord.). **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, 1986, v. 2, p. 473-510.

CASTRO, L. H. et al. Extração e estudo de óleos essenciais da semente da andiroba. In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 10., ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO - UNIVERSIDADE DO VALE DO PARAÍBA, 6., 2006, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: UNIVAP, 2006. p. 201-204.

CAVALCANTE, M. S. **The role of Actinomycets in timber decay**. 1981. 233 f. Thesis (Philosophy Doctor) - Council for National Academic Awards, Portsmouth Polytechnic, Portsmouth, 1981.

CLAUSEN, C. A. Biodeterioration of wood. In: FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood Handbook: wood as an engineering material**. 100. ed. Madison: United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. p.1-16. (General Technical Report FPL–GTR–190).

COELHO, V. C. **Avaliação do manejo da produção econômica de madeira de *Pinus taeda* L. com características qualitativas superiores**. 2010. 121 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

COMISIÓN PANAMERICANA DE NORMAS TÉCNICAS - COPANT. **Descripción de características generales, macroscópicas de las maderas angiospermas dicotiledóneas**. Buenos Aires, v. 30, p. 1-19, 1974.

COSTA A F.; GONÇALEZ J. C.; VALE, A. T. Eficiência de um composto de iodo orgânico contra fungos apodrecedores de madeiras e térmitas. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 145-152, 2002.

COSTA, A. F. et al. Durabilidade de madeiras tratadas e não tratadas em campo de apodrecimento. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.12, n.1, p. 7, 2005.

COSTA-LEONARDO, A. M. **Cupins-praga: morfologia, biologia e controle**. Rio Claro: Divisa, 2002. 128 p.

CRAVEIRO, A. A.; MACHADO, M. I. L. De aromas, insetos e plantas. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 4, n. 23, p. 54-63, 1986.

COWAN, M. N. Plant products as antimicrobial agents. **Clinical Microbiology Reviews**, Washington, v. 12, n. 4, p. 564-582, Oct. 1999.

CRUZ, K. et al. Determinação do índice de acidez e peróxido de óleo de andiroba (*Carapa guianenses*) Aubl. Obtido através de adaptações do processo artesanal. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA EMBRAPA, 15, 2011, Belém. **Anais...** Belém: EMBRAPA, 2011, p. 1-4.

DEUS, R. J. A. et al. Avaliação do efeito antifúngico do óleo resina e do óleo essencial de copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 13, n. 1, p. 1-7, 2011.

- DIAS, L. A. S. et al. **Cultivo do pinhão manso *Jatropha curcas* L. para produção de biobiesel**. Viçosa: UFV, 2007. 40 p.
- DUQUE, J. G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. 4. ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004. 330 p.
- FARIAS, E. S.; MELO FILHO, A. A.; SOUSA; Rendimento da extração hexânica e etanólica do óleo da semente de andiroba (*Carapa guianensis* Aublet) via soxhlet. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA QUÍMICA, 5, 2012. **Anais**: ABQ, 2012. Cd-Rom.
- FERRAZ, I. D. K.; CAMARGO, J. L.C.; SAMPAIO, P.T. Sementes e plântulas de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl. e *Carapa procera* DC.): aspectos botânicos, ecológicos e tecnológicos. **Acta Amazônica**, Manaus, v. 32, n. 4, p. 647- 661, 2002.
- FRANCISCO, S.G. Uso do óleo de copaíba (*Copaifera officinalis*) em inflamação ginecológica. **Femina**, São Paulo, v. 33, n. 2, p.89-93, 2005.
- FREIRE, D. C. B.; BRITO-FILHA, C. R. C.; CARVALHO-ZILSE, G. A. Efeito dos óleos vegetais de andiroba (*Carapa* sp.) e Copaíba (*Copaifera* sp.) sobre forídeo, pragas de colméias, (Diptera: Phoridae) na Amazônia Central. **Acta Amazonica**, Manaus, v. 36, n. 3, p. 3-8, 2006.
- FREITAS, A.R. Métodos de avaliação de preservativos em laboratório. **Preservação de Madeiras**, São Paulo, v. 1, n. 3, p. 151-73, 1970.
- GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002, 920 p.
- GAMA, M. M. B.; **Importância de produtos florestais não-madeireiros (PFNM) para a economia regional**. Concórdia: Embrapa Rondônia, 2005. 5p. (Circular Técnica, 81).
- GONÇALVES, V. A. **Levantamento de mercado de produtos florestais não-madeireiros**: Floresta Nacional do Tapajós. Santarém: Promanejo-Ibama, 2001.
- GONÇALVES, F.G.; OLIVEIRA, J.T.S. Resistência ao ataque de cupim de madeira seca (*Cryptotermes brevis*) em seis espécies florestais. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 80-83, 2006.
- GONÇALVES, F. G. et al. Durabilidade natural de espécies florestais madeireiras ao ataque de cupim de madeira seca. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 20, n. 1, p. 110-116, 2013.
- GONZAGA, A. L. **Madeira**: uso e conservação. Brasília: IPHAN/MONUMENTA, 2006. 246 p. (Cadernos Técnicos, 6).
- GUEDES, F. F. S. **Controle do fungo *Aspergillus* sp. em sementes de *Bauhinia forficata* L. armazenadas com óleo de *Jatropha curcas* L.** 2009.

22 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Campina Grande, Patos, 2009.

GUEDES, M. C. Produção de sementes e óleo de andiroba *Carapa guianensis* Aubl. em área de várzea do Amapá. In: SEMINÁRIO DO PROJETO KAMUKAIA, 1., 2008, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco: EMBRAPA, 2008. Cd-Rom.

HIGA, A. R.; KAGEYAMA, P. Y.; FERREIRA, M. Variação da densidade básica da madeira de *P. ellioti* var. *ellioti* e *P. taeda*. **IPEF**, Piracicaba, v. 7, p. 79-89, 1973.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS / DIVISÃO DE MADEIRA. **IPT/DIMAD D – 2**: ensaio acelerado de laboratório da resistência natural ou madeira preservada ao ataque de térmitas do gênero *Cryptotermes*. São Paulo: IPT/DIMAD, 1980. 1p. (Publicação IPT, 1157).

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS/DIVISÃO DE MADEIRA. **IPT/DIMAD D – 5**: ensaio acelerado de laboratório para determinação de eficiência de preservativos contra fungos de podridão mole. São Paulo: IPT/DIMAD, 1980. 2p. (Publicação IPT, 1157).

JANKOWSKY, I. P. **Potencialidade do creosoto de *Eucalyptus* spp., como preservativos para madeiras**. 1986, 159 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade de São Paulo, Escola Politécnica, São Paulo, 1986.

JANKOWSKY, I.P. **Fundamentos de preservação de madeiras**. Piracicaba: ESALQ/USP, 1990. 12p. (Documentos Florestais, 11).

JESUS, M. A. et al. Durabilidade natural de 46 espécies de madeira amazônica em contato com o solo em ambiente florestal. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 54, n. 54, p. 81–92, 1998.

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**: ecossistemas florestais e respectivas espécies arbóreas. Rossdorf: TZ-Verlag-Ges, 1990. 343 p.

LEITE, F. H. F.; PASTORE JÚNIOR, F. **Projeto ITTO PD 31/99 Rev. 3 (I)**: produção não-madeireira e desenvolvimento sustentável na Amazônia. Análise e crítica tecnológica: copaíba. Brasília: ITTO, UnB, 2003, 22p.

LIMA, M. L. B. et al. Pinhão manso como alternativa para produção de biodiesel. **Agropecuária Científica no Semiárido**, Dourados, v. 8, n. 4, p. 01-07, 2012.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992, 368p.

MACHADO, G. O. et al. Preservante natural de madeira para uso na construção civil: óleo de neem. **Minerva**, São Paulo v. 3, n. 1, p. 1-8, 2006.

MARRA, A. A. Technology of wood bonding. Nova York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 453 p.

MATTA, A.A. **Flora medica brasiliense**. Manaus: Imprensa Oficial, 1913. 318 p.

MELO, J. C. et al. Avaliação preliminar do potencial do pinhão manso para a produção de biodiesel. In: CONGRESSO DA REDE BRASILEIRA DE TECNOLOGIA DE BIODIESEL, 1, 2006, Brasília. **Anais...** Brasília: MCT: ABIPTI, 2006. v. 2. p. 198-203.

MELO, M.A.M. **Avaliação das propriedades de óleos vegetais visando a produção de biodiesel**. 2010. 57 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 2010.

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

MENDONÇA, M. A. et al. Alterações físico-químicas em óleos de soja submetidos ao processo de fritura em unidades de produção de refeição no Distrito Federal. **Ciências Saúde**, Brasília, v. 19, n.2, p. 115-122, 2008.

MENEZZES, A. J. E. A. O histórico do sistema extrativo e a extração de óleo de andiroba cultivado no município de Tomé-Açu, estado do Pará. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL (SOBER), 42., 2005, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SOBER, 2005. p. 1-11.

NASCIMENTO, L. S. et al. Caracterização físico-química do óleo de *copaifera pubiflora* copaíba cultivada em Boa Vista - RR. In: REUNIÃO ANUAL SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA, 34, 2011, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: UNIVAP, 2006, p. 201-204.

NEWSTRON, L.E; FRANKIE, G.W. A new classification for plant phenology based on flowering patterns in lowland tropical rain forest trees at La Selva, Costa Rica. **Biotropica**, Gainesville, v. 26, n. 2, p. 141-159, 1994.

OLIVEIRA, A. M. F. et al. Agentes destruidores da madeira. In: LEPAGE, E. S. (Coord.). **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, 1986. v. 1, p. 99-279.

OLIVEIRA, E.C.P. et al. Identificação da época de coleta do óleo-resina de copaíba (*Copaifera* spp.) no município de Moju - PA. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v.8, n.3, p.14-23, 2006.

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

OLIVEIRA, U.D. et al. Avaliação do ciclo celular de *Aspergillus nidulans* exposto ao extrato da planta *Copaifera officinalis* L. **Revista Saúde e Biologia**, São Paulo, v.1, n. 2, p. 42-7, 2005.

OLIVEIRA, H. N.; SANTANA, A. G.; ANTIGO, M. R. Atividade inseticida dos óleos de pinhão-manso (*Jatropha curcas* L.) e neem (*Azadirachta indica* a. juss.) em ovos de *Diatraea saccharalis* (fabr., 1794) (lepidoptera: crambidae). **Embrapa Agropecuária Oeste**, São Paulo, v. 80, n. 2, p. 229-232, 2013.

PAES, J.B. **Efeitos da purificação e do enriquecimento do creosoto vegetal em suas propriedades preservativas**. 1997, 143 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.

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

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

PAES, J. B.; MORESCHI, J. C.; LELLES, J. G.; Avaliação do tratamento preservativo de moirões de *Eucalyptus viminalis* Lab. e de bracatinga (*Mimosa scabrella* Benth.) pelo método de substituição da seiva. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 1, p. 75-86, 2005.

PAES, J. B. et al. Eficiência do óleo de candeia na melhoria da resistência da madeira de sumaúma a cupins. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 2, p. 217, 2010.

PAES, J. B. et al. Eficiência dos óleos de nim (*Azadirachta indica*) e de mamona (*Ricinus communis*) na proteção da madeira de sumaúma (*Ceiba pentandra*) contra cupins xilófagos em ensaio de preferência alimentar. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 751-758, 2011.

PAES, J. B et al. Rendimento e características físicas dos óleos de nim (*Azadirachta indica*) e mamona (*Ricinus communis*). **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 22, n. 1, p. 134-139, 2015.

PANSHIN, A.J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology**. 8. ed. New York: Mc Graw Hill, 1980. 722p.

PENNINGTON, T.D.; STULES, B.T.; TAYLOR, D.A.H. Meliaceae. **Flora Neotropica**, New York, v. 28, p. 406-419, 1981.

PEREZ, D.D.; IANNACONE, J.O. Efectividad de extractos botánicos de diez plantas sobre la mortalidad y repelencia de larvas de *Rhynchophorus palmarum* L., insecto plaga del pijuayo *Bactrisga sipaes* Kunth. en la Amazonia del Perú. **Agricultura Técnica**, Lima, v. 66, p. 21-30, 2006.

PLOWDEN, C. The Ecology and harvest of andiroba seeds for oil production in the Brazilian Amazon. **Conservation & Society**, Bangalore, v. 2, n. 2, p. 251-270, 2004.

PIERI, F. A.; MUSSI, M.C.; MOREIRA, M.A.S. Óleo de copaíba (*Copaifera* sp.): histórico, extração, aplicações industriais e propriedades medicinais. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 11, n. 4, p. 465-472, 2009.

QUEIROGA, M. F. C. et al. Aplicação de óleo no controle de *Zabrotes subfasciatus* e na germinação de *Phaseolus vulgaris*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 7, p. 777-783, 2012.

RESCHKE, A.; MARQUES, L. M.; MAYWORM, M. A. S. Atividade antibacteriana de *Ficus benjamina* L. (Moraceae). **Revista Brasileira Plantas Mediciniais**, Botucatu, v. 9, p. 67-70, 2007.

REVILLA, J. **Plantas da Amazônia: oportunidades econômicas e sustentáveis**. 3. ed. Manaus: INPA/SEBRAE, 2001. 405p.

RIBEIRO, E. P., SERAVALLI, E. A. G. **Química de alimentos**. São Paulo: Edgard Blücher, Instituto Mauá de Tecnologia, 2004. 184 p.

RICHARDSON, B. A. **Wood preservation**. 2. ed. New York: E & FN Spon, 2009. 226p.

RIGAMONTE AZEVEDO, O.C. et al. Potencial de produção de óleo-resina de copaíba (*Copaifera* sp.) de populações naturais do sudoeste da Amazônia. **Revista Árvore**, Viçosa, v.30, n.4, p.583-91, 2006.

RIZZINI, C.T.; MORS, W.B. **Botânica econômica brasileira**. São Paulo: EPUSP, 1976. 207p.

ROOSMALEN, M. G. M. **Fruits of the Guianian flora**. Utrecht: Utrecht University, Institute of Systematic Botany, 1984. 230p.

SALES-CAMPOS, C.; VIANEZ, B. F.; MENDONÇA, M. S. Estudo da variabilidade da retenção do preservante CCA tipo A na madeira de *Brosimum rubescens* Taub. Moraceae - (pau-rainha) uma espécie madeireira da região Amazônica. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 27, n. 6, p. 845-853, 2003.

SANTINI, E. J. **Biodeterioração e preservação da madeira**. Santa Maria: UFSM/CEPEF/FATEC, 1988. 125 p.

SHIMADA, A. N.; **Avaliação dos taninos da casca de *Eucalyptus grandis* como preservativo de madeira**. 1998. 53 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 1998.

SILVA J. C.; CARBALLEIRA LOPEZ, A. G.; OLIVEIRA, S. J. T. 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, C. L. M. **Obtenção de ésteres etílicos a partir da transesterificação do óleo de andiroba com etanol**. 2005. 64 f. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2005.

SILVA, E. S. et al. Análise físico-química do óleo-resina e variabilidade genética de copaíba na Floresta Nacional do Tapajós. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 11, p. 1621-1628, 2012.

SOUZA, L. T. A. **Síntese enzimática do biodiesel de *Jatropha curcas* pela rota etílica**. 2010. 117 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade de São Paulo, São Paulo. 2010.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H. **Principles and procedures of statistic: a biometrical approach**. 2. ed. New York: McGraw-Hill, 1980. 633p.

TAKAHASHI, M. et al. Studies on the production of preservative-treated plywood. (1) Preservative effectiveness of glue-line treated plywood with low toxicity chemicals. **Mokuzai Hozon (Wood Preservation)**, Mokuzai, v. 11, n. 2, p. 11-24. 1985.

TRANCOSO, M. D. Projeto óleos essenciais: extração, importância e aplicações no cotidiano. **Práxis**, Rio de Janeiro, v. 5, n. 9, p. 89-96, 2013.

TEIXEIRA, J. G. **Efeito preservativo de produtos químicos naturais e do tratamento térmico na biodeterioração da madeira de *Pinus caribaea* Morelet**. 2012. 59 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica. 2012.

TEIXEIRA, J. G. et al. Eficiência do óleo de neem e dos resíduos de candeia sobre a inibição do desenvolvimento de fungos xilófagos. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 43, n. 106, p. 417-426, 2015.

TONINI, H.; COSTA, P.; KAMISKI, P. E. Estrutura, distribuição espacial e produção de sementes de andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) no sul do estado de Roraima. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 3, p. 247-255, 2009.

VALERIANO, C. et al. Atividade antimicrobiana de óleos essenciais em bactérias patogênicas de origem alimentar. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, Botucatu v.14 n.1, p. 57-67, 2012.

VASCONCELOS, A. F. F.; GODINHO, O. E S. Uso de métodos analíticos convencionados no estudo da autenticidade do óleo de copaíba. **Química Nova**, São Paulo, v. 25, n. 6, p. 1057-1060, 2002.

VASQUES, A. G. et al. Uma síntese da contribuição do gênero *Pinus* para o desenvolvimento sustentável no sul do Brasil. **Floresta**, Curitiba, v. 37, n. 3, p. 445-450, 2007.

VEIGA, V. F.; PATITUCCI, M. L.; PINTO, A. C. 1997. Authenticity control of commercial copaiba oils by high resolution gas chromatography. **Química Nova**, São Paulo, v. 20, n. 6, p. 612-615, 1997.

VEIGA JUNIOR, V. F.; PINTO, A. C. O gênero *Copaifera* L. **Química Nova**, São Paulo v. 25, n. 2, p. 273-286, 2002.

VEIGA JUNIOR, V.F. et al. Plantas medicinais: cura segura? **Química Nova**, São Paulo, v. 28, n. 3, p. 519-528, 2005.

ZABEL, R. A.; MORREAL, J. J. **Wood microbiology decay and its prevention**. New York: Academic Press, 1992. 432p.

WEBER, L.D. **Composição química, atividade antimicrobiana e antioxidante de óleo essencial e diferentes extratos vegetais de *Prunus myrtifolia* (L.) Urb.** 2013. 77 f. Dissertação (Mestrado em Conservação e Manejo de Recursos Naturais) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná Cascavel, 2013.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Resumo das análises de variância para os ensaios de apodrecimento acelerado e de fungo de podridão mole.

Tabela 1A - Resumo das análises de variância para resistência aos fungos *Trametes versicolor* e *Postia placenta*.

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrados Médios	
		<i>Trametes versicolor</i>	<i>Postia placenta</i>
Tratamento (T)	12	0,0418**	0,3689**
Situação (S)	2	0,0177**	0,1136**
T x S	24	0,0023 ^{ns}	0,0766**
Resíduo	195	0,0021	0,0112
Total	233		

** significativo ($p \leq 0,01$); ^{ns} não significativo ($p > 0,05$).

Tabela 2A - Resumo da análise de variância para resistência a fungos podridão mole.

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio
Tratamento (T)	12	0,0616**
Situação (S)	2	0,0074*
T x S	24	0,0119**
Resíduo	195	0,0022
Total	233	

** significativo ($p \leq 0,01$); * significativo ($0,01 \leq p < 0,05$); ^{ns} não significativo ($p > 0,05$).

APÊNDICE B - Resumo das análises de variância para a resistência a térmitas xilófagos.

Tabela 1B - Resumos das análises de variância para perda de massa e desgaste a cupins subterrâneos.

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado Médio	
		Perda de Massa	Desgaste
Tratamento (T)	12	0,0605**	0,0233**
Situação (S)	2	0,0016 ^{ns}	0,0794**
T x S	24	0,0016 ^{ns}	0,0093 ^{ns}
Resíduo	156	0,0011	0,0079
Total	194		

** significativo ($p \leq 0,01$); ^{ns} não significativo ($p > 0,05$).

Tabela 2B - Resumo das análises de variância para perda de massa, desgaste e mortalidade a cupins de madeira seca.

Fonte de Variação	Grau de Liberdade	Quadrado médio		
		Perda de Massa	Desgaste	Mortalidade
Tratamento (T)	12	0,0126**	4,55**	0,5447**
Situação (S)	2	0,0035**	2,54*	0,2098**
T x S	24	0,0007*	0,53 ^{ns}	0,6603**
Resíduo	117	0,0004	0,79	0,0169
Total	155			

** significativo ($p \leq 0,01$); * significativo ($0,01 \leq p < 0,05$); ^{ns} não significativo ($p > 0,05$).