



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

**VICTOR FASSINA BROCCO**

**POTENCIALIDADES DOS EXTRATIVOS DO CERNE DA MADEIRA DE TECA  
COMO PRESERVATIVO NATURAL E SUA INFLUÊNCIA  
NA COR DE MADEIRAS CLARAS**

JERÔNIMO MONTEIRO – ES

2014

VICTOR FASSINA BROCCO

**POTENCIALIDADES DOS EXTRATIVOS DO CERNE DA MADEIRA DE TECA  
COMO PRESERVATIVO NATURAL E SUA INFLUÊNCIA  
NA COR DE MADEIRAS CLARAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias 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: Juarez Benigno Paes  
Coorientador: José Tarcísio da Silva Oliveira

JERÔNIMO MONTEIRO - ES

2014

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

---

B863p Brocco, Victor Fassina, 1989-  
Potencialidades dos extrativos do cerne da madeira de teca como preservativo natural e sua influência na cor de madeiras claras / Victor Fassina Brocco. – 2014.  
86 f. : il.

Orientador: Juarez Benigno Paes.

Coorientador: José Tarcísio da Silva Oliveira.

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

1. Teca (Árvore). 2. Madeira - Proteção. 3. Indústria madeireira. 4. Extração (Química) 5. Fungos apodrecedores de madeira I. Paes, Juarez Benigno. II. Oliveira, José Tarcísio da Silva. III. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias. IV. Título.

CDU: 630

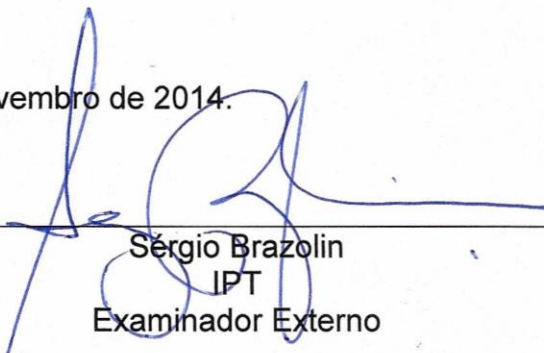
---

**POTENCIALIDADES DOS EXTRATIVOS DO CERNE DA MADEIRA DE  
TECA COMO PRESERVATIVO NATURAL E SUA INFLUÊNCIA NA COR DE  
MADEIRAS CLARAS**

**Victor Fassina Brocco**


Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias 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 28 de novembro de 2014.



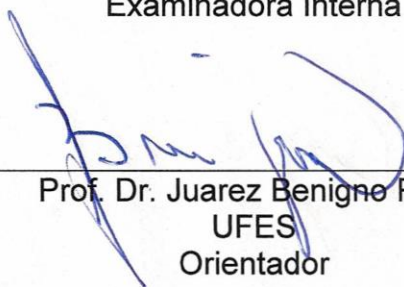
---

Sérgio Brazolin  
IPT  
Examinador Externo



---

Prof.ª. Dr.ª. Marina Donária Chaves Arantes  
UFES  
Examinadora Interna



---

Prof. Dr. Juarez Benigno Paes  
UFES  
Orientador

Dedico este trabalho aos meus pais, Zenobio e Marineti, meu irmão Vinicius e a minha namorada Lais, pela amizade, apoio, carinho e incentivos imprescindíveis em todos os momentos.

“É muito melhor lançar-se em busca de conquistas grandiosas, mesmo expondo-se ao fracasso, do que alinhar-se com os pobres de espírito, que nem gozam muito nem sofrem muito, porque vivem numa penumbra cinzenta, onde não conhecem nem vitória, nem derrota.”

Theodore Roosevelt.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, inteligência suprema e causa primária de todas as coisas, por todas as oportunidades concedidas.

A Universidade Federal do Espírito Santo, e ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, pela oportunidade e suporte necessário para a realização deste trabalho

A empresa Fibria Celulose S.A. e a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo – FAPES, pela concessão da bolsa de estudo.

A empresa Celulose Nipo Brasileira – CENIBRA S.A., em especial ao Everton de Souza, pela doação das madeiras de teca de 20 anos utilizadas neste estudo e pelo suporte prestado.

Ao pesquisador do Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural – INCAPER, Dr. Eduardo Sales e ao empresário Fabio Dall Orto Dalvi, pela doação das madeira de teca de 10 anos e pelo suporte prestado.

Ao Professor Dr. Juarez Benigno Paes, pela amizade, paciência, disponibilidade, orientação e conhecimentos transmitidos.

Ao Professor Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira, pela coorientação, disponibilidade e conselhos.

Aos membros da Banca Examinadora, Pesquisador Dr. Sérgio Brazolin e a Professora Dr<sup>a</sup>. Marina Donária Chaves Arantes, pelas sugestões e contribuições.

À Professora Dr<sup>a</sup>. Rosilei Aparecida Gárcia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, pela disponibilidade e instruções para a realização das leituras colorimétricas.

Aos professores do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, que de alguma forma, contribuíram para minha formação acadêmica e a realização desta Dissertação.

Aos técnicos José Geraldo, Gilson, Luciano, Elecy e Betinho, pela ajuda, conselhos e paciência, e aos funcionários do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira, por contribuir todos os dias ao menos com um “bom dia”, sorriso no rosto e pelas conversas jogadas fora.

Aos meus familiares e colegas, em especial: Vinicius Tinti, Dercílio, Pedro Nicó, Brunela, João Gabriel, Rogy, Vinicius Medeiros, Rafael de Oliveira, e a todos aqueles que de forma direta ou indireta colaboraram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

BROCCO, Victor Fassina. **Potencialidades dos extrativos do cerne da madeira de teca como preservativo natural e sua influência na cor de madeiras claras**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Orientador: Prof. Dr. Juarez Benigno Paes. Coorientador: Prof. Dr. José Tarcísio da Silva Oliveira.

Este estudo teve como objetivo avaliar o potencial preservativo dos extrativos do cerne da madeira de teca (*Tectona grandis*) e a capacidade dos mesmos na mudança de coloração de madeiras claras. Para tanto, os resíduos gerados no processamento mecânico do cerne da madeira de teca com 20 anos de idade foram coletados e utilizados para realização de extrações. Para avaliar a influência dos extrativos de teca na cor e resistência natural da madeira foi utilizado o alburno da madeira de teca com 10 anos, além da madeira de *Pinus* sp., em função de ser uma madeira de coloração clara e baixa resistência natural. Foram realizadas extrações em água quente e etanol absoluto. Para determinação da concentração das soluções de tratamento foi realizado um ensaio de toxidez ao fungo *Postia placenta*. Após definida a concentração, as soluções extraídas foram preparadas para a impregnação. Além disto, foi utilizada uma terceira solução, composta pela combinação das soluções extraídas em água quente e etanol absoluto. Para cada solução testada foi realizado o tratamento pelo método de célula-cheia (Bethell). Para testar a eficiência das soluções preparadas com extrativos de teca, foram realizadas leituras colorimétricas e ensaios biológicos com fungos e térmitas xilófagos. A combinação dos extrativos testados promoveu um escurecimento e reduziu a desuniformidade da cor, fazendo com que as madeiras tratadas se aproximassem mais da cor da madeira de cerne do que das amostras sem tratamento das respectivas espécies. A solução de extrativos obtida em etanol absoluto e a combinação dos extrativos obtidos em água quente e etanol absoluto promoveram os melhores resultados na resistência da madeira tratada contra fungos e térmitas xilófagos, alterando significativamente a classe de resistência das respectivas espécies tratadas.

**Palavras-chave:** Proteção da madeira, Extratos naturais, Sistema de cor CIE-L\*a\*b\*, Organismos xilófagos.

## ABSTRACT

BROCCO, Victor Fassina. **Potential of heartwood extractives from teak as a natural preservative and its influence on color of light woods**. 2014. 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. José Tarcísio da Silva Oliveira.

This study aimed to evaluate the preservative potential of the heartwood extractives from teak (*Tectona grandis*) and the capacity of the same in the color change of light woods. For both, the waste generated in mechanical processing of the teak heartwood with 20 years old were collected and used for performing extractions. To evaluate the influence of teak heartwood extractives in the color and natural resistance of timber, were used the sapwood of teak wood with 10 years and the wood of *Pinus* sp., due to being a light colored wood and with low natural resistance to wood-destroying organisms. Extractions were performed in hot water and absolute ethanol. To determine the concentration of treatment solutions, a toxicity test to fungus *Postia placenta* was performed. After set the concentration, the extracted solutions were prepared for impregnation. Furthermore, it was used a third solution, composed by mixing of extracted solutions in hot water and absolute ethanol. The treatment by the method of cell-full (Bethell) was performed for each treatment solution. To test the efficiency of the solutions prepared with teak heartwood extractives, colorimetric analyses and biological assays with fungi and termites were carried out. The combination of the tested extractives promoted a darkening and reduced the disparity of color, making the treated wood closer to the heartwood color than the untreated samples of the respective species. The extractive solution obtained in absolute ethanol and the combination of the extractives obtained in hot water and absolute ethanol provided the best results in the resistance of treated wood against fungi and termites, significantly changing the biological resistance class of the respective treated species.

**Keywords:** Wood protection, Natural extracts, CIE-L\*a\*b\* color system, Wood-destroying organisms.



## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	10
1.1 OBJETIVOS .....	12
1.1.1 Objetivo geral .....	12
1.1.2 Objetivos específicos.....	12
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....	13
2.1 TECA ( <i>Tectona grandis</i> L.f.).....	13
2.2 INFLUÊNCIA DOS EXTRATIVOS NA COR E DURABILIDADE DA MADEIRA..	15
2.3 COLORIMETRIA APLICADA A MADEIRA.....	17
2.4 POTENCIAL DOS EXTRATIVOS PARA TRATAMENTO DA MADEIRA .....	18
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	20
3.1 ESPÉCIES UTILIZADAS, PROCEDÊNCIA, COLETA E AMOSTRAGEM .....	20
3.2 QUANTIFICAÇÃO DOS EXTRATIVOS E OBTENÇÃO DAS SOLUÇÕES PRESERVATIVAS .....	22
3.2.1 Quantificação dos extrativos de teca .....	22
3.2.2 Obtenção das soluções de extrativos de teca para o tratamento da madeira.....	23
3.2.3 Definição da concentração das soluções de extrativos de teca para o tratamento da madeira.....	24
3.2.4 Concentrações finais das soluções de extrativos de teca para o tratamento da madeira.....	27
3.3 IMPREGNAÇÃO DOS EXTRATIVOS NAS MADEIRAS TESTADAS .....	27
3.4 INFLUÊNCIA DOS EXTRATIVOS NOS PADRÕES COLORIMÉTRICOS DAS MADEIRAS.....	30
3.5 ENSAIOS BIOLÓGICOS COM FUNGOS E TÉRMITAS XILÓFAGOS .....	32
3.5.1 Ensaio de resistência a fungos xilófagos .....	33
3.5.1.1 Resistência a fungos de podridão parda e branca .....	33
3.5.1.2 Resistência a fungos de podridão mole.....	34
3.5.2 Ensaio de resistência a térmitas xilófagos .....	35
3.5.2.1 Ensaio de alimentação forçada a térmitas subterrâneos.....	35
3.5.2.2 Ensaio de preferência alimentar com térmitas subterrâneos.....	37
3.5.2.3 Ensaio com térmitas de madeira seca.....	38
3.6 ANÁLISE E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS.....	39
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	41
4.1 QUANTIFICAÇÃO DOS EXTRATIVOS DE TECA.....	41
4.2 DEFINIÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DAS SOLUÇÕES DE EXTRATIVOS DE TECA PARA O TRATAMENTO DA MADEIRA .....	41
4.3 RETENÇÃO DE EXTRATIVOS APÓS O TRATAMENTO PRESERVATIVO.....	43
4.4 INFLUÊNCIA DOS EXTRATIVOS NOS PADRÕES COLORIMÉTRICOS DAS MADEIRAS.....	45
4.4.1 Sistema Munsell .....	45
4.4.2 Sistema de cor CIE-L*a*b* .....	48

4.5 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A FUNGOS XILÓFAGOS.....	54
<b>4.5.1 Resistência a fungos de podridão parda e branca.....</b>	<b>54</b>
<b>4.5.2 Resistência a fungos de podridão mole.....</b>	<b>60</b>
4.6 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A TÉRMITAS XILÓFAGOS .....	62
<b>4.6.1 Ensaio de alimentação forçada a térmitas subterrâneos .....</b>	<b>62</b>
<b>4.6.2 Ensaio de preferência alimentar a térmitas subterrâneos.....</b>	<b>66</b>
<b>4.6.3 Ensaio com térmitas de madeira seca.....</b>	<b>70</b>
<b>5 CONCLUSÕES .....</b>	<b>73</b>
<b>6 REFERÊNCIAS.....</b>	<b>75</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>82</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A madeira por ser um material biológico, está sujeita a variabilidade das suas propriedades físicas, mecânicas, químicas e resistência natural à deterioração por agentes bióticos e abióticos. A resistência natural ao ataque de xilófagos é uma das propriedades que determina o nível de suscetibilidade da madeira a estes organismos (fungos, térmitas, coleópteros e perfuradores marinhos), estando na maioria das vezes atribuída à presença, quantidade e tipo de extrativos.

A presença de extrativos não influencia somente a durabilidade da madeira, mas também sua cor (AMUSANT; FOURNIER; BEAUCHENE, 2008; PÂQUES; GARCÍA-CASAS; CHARPENTIER, 2012). Segundo Amusant et al. (2004), a relação entre resistência natural e a coloração da madeira está diretamente ligada à espécie, quantidade e tipo dos extrativos presentes na madeira.

O alburno, na maioria das vezes possui coloração e resistência biológica distinta do cerne, este último geralmente possui maior resistência ao ataque de xilófagos e coloração mais escura que o alburno, que por sua vez possui coloração clara e baixa resistência biológica (THULASIDAS; BHAT; OKUMA, 2006; MOYA e BERROCAL 2010). De acordo com Hillis (1971) e Moya, Bond e Quesada (2014), esta diferença pode ser explicada em função das mudanças químicas e fisiológicas que ocorrem durante a formação do cerne.

A qualidade da madeira quanto a cor é um dos fatores que vem sendo estudado, fator este que pode impactar no seu uso e comercialização (GOUVEIA, 2008; COSTA et al., 2011). De maneira geral, madeiras que possuem coloração clara estão relacionadas a uma menor durabilidade natural e possuem menor aceitação no mercado, necessitando de técnicas para o escurecimento da cor original, possibilitando assim agregar valor a estas madeiras (LOPES et al., 2014b).

Em razão deste fato, a madeira de árvores obtida de desbastes, ou em ciclos de corte de curta duração, é desvalorizada no mercado em função da grande quantidade de alburno, resultando em produtos de baixo valor agregado com qualidade inferior em relação às características de cor e resistência natural a organismos xilófagos (KELLEY; JELLISON; GOODELL, 2002; THULASIDAS; BHAT; OKUMA, 2006; MOYA; BERROCAL, 2010).

Moya, Bond e Quesada (2014) citaram que algumas técnicas para controlar e uniformizar a cor da madeira foram desenvolvidas, tais como, secagem controlada, modificação térmica da madeira e aplicação de substâncias químicas, porém nenhuma pesquisa que faz referência ao uso de extrativos da madeira para alteração da coloração é citada.

Espécies de elevada durabilidade natural têm uma gama de utilização e possuem maior valor agregado no mercado. A madeira de teca (*Tectona grandis* Linn. f.) é conhecida pela elevada resistência natural a organismos xilófagos em função da sua quantidade e tipo de extrativos (BHAT et al., 2005; THULASIDAS; BHAT, 2007; RUDI et al., 2012). Em função desta potencialidade, é uma madeira que possui alto valor comercial, pois atende aos requerimentos para o uso de madeiras naturalmente duráveis no mercado (RUDI et al., 2012).

No entanto, algumas espécies de madeira possuem baixa durabilidade natural e necessitam de tratamento preservativo para melhor desempenho e vida útil nos diversos meios de utilização. A maioria das madeiras de baixa durabilidade existentes no mercado são tratadas por métodos industriais sob vácuo e pressão com preservativos hidrossolúveis constituídos de sais metálicos que têm alta eficiência no processo de proteção da madeira a organismos xilófagos (LEBOW, 2010).

De acordo com Silva (2006), estes preservativos incluem na sua formulação várias substâncias químicas, como arsênio, cromo, cobre e boro. Estas substâncias tornam o processo caro além de serem danosas ao homem e ao ambiente, exigindo cuidados com manuseio, dosagem e vazamentos.

Em função disso, várias pesquisas vêm destacando o uso de substâncias naturais, extraídas da madeira de diversas espécies naturalmente duráveis, como potenciais preservativos naturais (NAKAYAMA et al., 2001; PAES et al., 2010; SYOFUNA; BANANA; NAKABONGE, 2012; TASCIOGLU et al., 2012).

Assim, visto a influência dos extrativos na coloração e resistência natural da madeira, o aproveitamento dos resíduos produzidos durante o processamento do cerne da madeira de *Tectona grandis*, bem como de outras madeiras de elevada durabilidade natural, poderia servir como alternativa para a obtenção de soluções preservativas para elevar a durabilidade natural e modificar a coloração de madeiras de cor clara e de baixa resistência biológica.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo geral

Avaliar o potencial preservativo dos extrativos do cerne da madeira de teca (*Tectona grandis*), e a capacidade dos mesmos na mudança de coloração de madeiras claras.

### 1.1.2 Objetivos específicos

- Extrair e quantificar os extrativos provenientes dos resíduos (maravalhas) produzidos no processamento mecânico do cerne da madeira de teca com 20 anos;
- Determinar as concentrações da solução de tratamento que inibem o crescimento fúngico, além de realizar o preparo das soluções preservativas obtidas dos extrativos presentes nas maravalhas;
- Com as soluções obtidas, realizar o tratamento preservativo no alburno da madeira jovem de teca e na madeira de pinus;
- Avaliar por meio da escala de cores de Munsell e da colorimetria quantitativa (sistema CIE-L\*a\*b\*), a influência dos extrativos nos padrões colorimétricos das madeiras tratadas; e
- Realizar ensaios biológicos com fungos e térmitas para verificar a influência dos extrativos na durabilidade natural da madeira.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 TECA (*Tectona grandis* L.f.)

Nativa do sudeste asiático e subcontinente índico, a espécie *Tectona grandis* L.f., popularmente conhecida como teca, pertence à família botânica Verbenaceae e é apreciada mundialmente pela qualidade de sua madeira, rusticidade e resistência natural à organismos xilófagos. De acordo com o Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais – IPEF (2003), a teca ocorre naturalmente em países como Índia, Burma, Tailândia, Laos, Camboja, Vietnã e Java, sendo uma espécie de alta adaptabilidade com dispersão vertical entre 0 e 1300 m acima do nível do mar, ocorrendo em áreas com precipitação anual de 800 a 2500 mm.

Em 2010, segundo Kollert e Cherubini (2012), no cenário global a Ásia liderava com 82,8% a área com florestas plantadas de teca, o que correspondia a aproximadamente 3,6 milhões de hectares. Em seguida África, América Central, América do Sul e Oceania apareciam com 10,8; 2,8; 3,0 e 0,2% da área mundial de floresta plantada de teca.

De acordo com a Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ (2014), a área ocupada com plantio florestal de *Tectona grandis* no Brasil em 2013 foi de 88.270 ha, o que equivalia a 1,16% da área de florestas plantadas no Brasil, sendo distribuída nos estados do Mato Grosso, Pará e Roraima. Ainda segundo a mesma fonte citada, a área plantada aumentou aproximadamente 31,10% quando comparado a 2012 (67.329 ha)

Em função de sua beleza, resistência e durabilidade, a madeira de teca é utilizada em diversas finalidades como construção civil (portas, janelas, lambris, painéis, forros, assoalhos e decks), embarcações, lâminas decorativas e móveis de alto padrão. (LIMA; FLORSHEIM; LONGUI, 2009; IBÁ, 2014). De acordo com IPEF (2003), a madeira de teca possui densidade média de 0,65 g cm<sup>-3</sup> e possui boa resistência a tração e flexão, além disso, contrai pouco durante a secagem.

A durabilidade natural é uma qualidade marcante dessa espécie. A durabilidade do cerne está atribuída principalmente a quinonas e seus derivados, que são compostos contidos nas células da madeira e que possuem efeitos notáveis contra organismos xilófagos (LUKMANDARU; TAKAHASHI, 2009). A Tabela 1 reúne valores sobre a resistência biológica da madeira de teca aos fungos e térmitas xilófagos em função da idade, origem e posição na madeira.

Tabela 1 – Resistência da madeira de teca a fungos xilófagos e térmitas subterrâneos em função da idade, origem e posição na madeira.

Idade (anos)	Origem	Perda de massa (%)		Fonte
		Fungos xilófagos		
		Cerne	Alburno	
15	Minas Gerais	3,47	24,71	Motta et al. (2013)
-----	Paraíba	0,98	25,51	Paes et al. (2007a)
13	Costa Rica	Menores que 11%	31,25	Moya et al. (2009)
-----	Myanmar	4,42		Nagaveni, Vijayalakshmi e Sundararaj (2011)
	Indonésia	3,47	-----	
	Gana	4,43		
33-70	Togo	0 - 4	-----	Kokutse, Stokes e Baillères (2006)
Idade (anos)	Origem	Perda de massa (%)		Fonte
		Térmitas subterrâneos		
		Cerne	Alburno	
-----	Paraíba	3,54	12,87	Paes et al. (2007a)
		6,41	24,50	Paes et al. (2007b)
-----	-----	12,08	17,96	Guerra (2010)
15	Minas Gerais	0,75	26,73	Motta et al. (2013)

A qualidade da madeira de teca é determinada por vários fatores tais como dimensões, forma do fuste, relação cerne:alburno, a regularidade dos anéis anuais de crescimento, número de nós, cor e textura. Muitos destes fatores estão relacionados com a idade e tamanho da árvore e influenciam diretamente no preço de

mercado da teca, que pode variar de US\$ 400,00 a US\$ 3.000,00 o metro cúbico, dependendo da origem, qualidade e dimensão da tora (IPEF, 2003; KOLLERT; CHERUBINI, 2012).

De acordo com Moya e Berrocal (2010), a madeira jovem de teca ou aquela produzida em ciclos de corte de curta rotação, geralmente menores do que 20 anos, possui grande variação nos padrões colorimétricos do cerne, podendo a coloração do cerne variar de marrom claro a marrom.

Além dos aspectos indesejáveis relacionados à cor, a madeira de árvores de crescimento rápido de teca tem sido reportada por ser menos durável biologicamente do que a madeira de árvores de teca de florestas naturais (BHAT; PRIYA; RUGMINI, 2001; THULASIDAS; BHAT; OKUMA, 2006).

## 2.2 INFLUÊNCIA DOS EXTRATIVOS NA COR E DURABILIDADE DA MADEIRA

Em determinadas espécies de elevada resistência biológica, o estudo da variação da cor da madeira vêm sendo relacionado com suas propriedades de resistência ao ataque de organismos xilófagos (MOYA; BERROCAL, 2010).

O alburno possui diferenças marcantes quanto à cor e resistência natural quando comparado ao cerne, o que implica na limitação de sua utilização comercial em função de possuir coloração irregular e baixa resistência natural aos xilófagos (KELLEY; JELLISON; GOODELL, 2002; MOYA et al. 2012).

Pesquisas têm revelado que a variação da cor da madeira é influenciada por aspectos silviculturais, condição do sítio, fatores genéticos, secagem e tratamentos térmicos (THULASIDAS; BHAT; OKUMA, 2006; LOPES et al., 2014a; 2014b). No entanto, as variações da qualidade da madeira quanto a cor também são influenciadas pela quantidade e tipo de extrativos (HILLIS, 1971; BJÖRKLUND; NILVEBRAND, 2009).

Moya et al. (2012) verificaram correlação significativa para diferença dos parâmetros colorimétricos ( $L^*$ : luminosidade,  $a^*$ : matizes do eixo vermelho - verde e  $b^*$ : matizes do eixo amarelo - azul) entre o cerne e alburno em função dos extrativos presentes nos mesmos. Para estes autores, a diferença de cor entre o cerne e alburno



das madeiras de *Acacia mangium* e *Vochysia guatemalensis* esteve principalmente ligada à baixa concentração dos extrativos presentes no alburno das duas espécies.

De acordo com Hillis (1971), o cerne é definido como as camadas interiores da madeira que, na árvore em crescimento, deixaram de conter células vivas, enquanto o alburno contém o parênquima vivo, e onde os materiais de reserva são removidos ou convertidos em substâncias do cerne. As diferenças na durabilidade natural da madeira estão relacionadas com mudanças químicas e fisiológicas que ocorrem durante a formação do cerne, que produzem substâncias tóxicas que conferem durabilidade a certas madeiras, além de modificar a coloração do cerne (LUKMANDARU; TAKAHASHI, 2009; MOYA; BOND; QUESADA, 2014).

A resistência natural das madeiras contra organismos xilófagos é atribuída principalmente em função da quantidade e tipo dos componentes secundários presentes na madeira. Estes constituintes secundários ou não estruturais são comumente chamados de extrativos e podem ser removidos da madeira principalmente com a utilização de água e diversos solventes orgânicos como etanol, tolueno, acetona e hexano (HILLIS, 1971; OLIVEIRA et al., 2005).

Oliveira et al. (2005) verificaram que a remoção dos extrativos da madeira tiveram influência marcante na durabilidade da mesma, em que as extrações em etanol:tolueno, diclorometano, metanol e a remoção total dos extrativos foram as responsáveis pelo aumento da perda de massa causada pelo fungo *Gloeophyllum trabeum* nas diversas espécies de madeiras testadas.

O teor de extrativo varia com alguns fatores como idade, posição da madeira, local e condições do sítio. Para Lukmandaru e Takahashi (2009), a quantidade de extrativos totais para a madeira de *Tectona grandis* aumentou significativamente com a idade e diferiu entre as posições no sentido medula casca, sendo maior na posição de transição entre cerne e alburno. Thulasidas e Bhat (2007) enfatizaram ainda que o local e as condições de plantio que favorecem um rápido crescimento podem reduzir a quantidade dos extrativos e afetar negativamente a resistência natural da madeira.

Paes et al. (2007a; 2009) ao testarem a resistência natural de várias espécies a fungos xilófagos observaram que a perda de massa variou amplamente no sentido radial, sendo a posição do cerne externo a que obteve maior resistência ao ataque, porém esta resistência não esteve associada à quantidade de substâncias extraídas em água quente, indicando baixo efeito desta classe de extrativos ao ataque dos fungos.

## 2.3 COLORIMETRIA APLICADA À MADEIRA

A classificação visual da cor de qualquer objeto está sujeita à percepção individual, além de outros fatores, resultando em uma classificação subjetiva da mesma. Fatores como diferenças na fonte de luz em que o material é observado, sensibilidade do olho do observador, tamanho das amostras em que se avalia a cor e diferenças de fundo criam condições que afetam a aparência da cor (KONICA MINOLTA, 1998).

De acordo com Camargos e Gonzalez (2001), a qualidade da madeira quanto à cor é uma importante característica e é utilizada para identificação e indicação de uso de diversas espécies de madeira. No entanto, em função da madeira ser um material de origem biológica, sua cor está sujeita a alteração por fatores bióticos e abióticos. Ainda de acordo com estes autores, o uso de metodologias não específicas para a determinação da cor da madeira dificulta a comunicação e gera equívocos para a classificação da cor.

O sistema de notação de cores de Munsell foi criado em 1905 e utiliza tabelas de cor para comparação visual das amostras, que são classificadas de acordo com sua tonalidade (“Matiz” - “Hue”), luminosidade (“Valor” - “Value”) e saturação (“Croma” - “Chroma”), no entanto, apesar da larga utilização, este sistema de classificação visual da cor produz uma interpretação pouco precisa para a avaliação da cor da madeira quando comparado a colorimetria quantitativa (KONICA MINOLTA, 1998; CAMARGOS; GONÇALEZ, 2001).

Dentro do sistema de Munsell, o valor de “Matiz” é representado pela abreviação da letra que denomina a cor (*Y* – *Yellow*; *R* – *Red*; e *YR* – *Yellow-Red*) precedido pelo número de 0 a 10 em função da contribuição de cada cor, em que 10Y é a presença de 100% da cor amarela; 10R representa a contribuição de 100% da cor vermelha e 5YR 50% amarelo e 50% vermelho. A notação de “Valor” indica luminosidade e varia de 0 para preto absoluto e 10 para o branco absoluto, em função desta escala quanto maior o “Valor” mais claro é o material. “Croma” representa a saturação/intensidade, pode variar de 0 a 10 ou mais, em que cores de croma baixa podem ser consideradas fracas, enquanto as de croma alta são altamente saturadas (MUNSELL COLOR, 2000).

O espaço de cores  $L^*a^*b^*$  foi desenvolvido em 1976 pela Commission International de L'Eclairage (CIE) para proporcionar maior uniformidade na leitura das cores dos materiais em relação às interpretações visuais. Consiste em um método de expressão numérica da cor, em que os valores de luminosidade ( $L^*$ ), a tonalidade (coordenadas cromáticas  $a^*$  e  $b^*$ ) e a saturação ( $C$ ) são medidos com a utilização de espectrofotômetros de forma simples e precisa (KONICA MINOLTA, 1998; CAMARGOS, 1999).

A coordenada  $L^*$  representa a luminosidade, a qual varia de zero (preto) à 100 (branco) enquanto as coordenadas cromáticas,  $a^*$  e  $b^*$  variam entre -60 e +60. Os sinais positivos e negativos significam:  $+a^*$  aumento na cor vermelha,  $-a^*$  aumento na cor verde,  $+b^*$  aumento na amarela e  $-b^*$  aumento na cor azul (KONICA MINOLTA, 1998).

Em função de sua facilidade de aplicação e informação precisa, o sistema CIE- $L^*a^*b^*$  vêm sendo utilizado em pesquisas para avaliar a alteração da cor da madeira sob influência de diversos fatores como qualidade do sítio, espaçamento, tratamentos silviculturais, ataque de organismos xilófagos, degradação por fatores abióticos, composição química e influência de tratamentos térmicos (MOYA; BERROCAL, 2010; COSTA et al., 2011; MOYA et al. 2012; LOPES et al., 2014a).

## 2.4 POTENCIAL DOS EXTRATIVOS PARA TRATAMENTO DA MADEIRA

Tascioglu et al. (2012) verificaram o potencial termiticida de extratos da madeira de acácia (*Acacia molíssima*), quebracho (*Schinopsis lorentzii*) e da casca da madeira de pinus (*Pinus brutia*). Os extratos das espécies citadas foram impregnados em madeiras de baixa durabilidade por meio de tratamento utilizando vácuo. De modo geral foi possível aumentar em mais de 50% a resistência das madeiras tratadas e os extratos obtidos se mostraram como um tratamento alternativo aos produtos convencionais utilizados.

No entanto o efeito de proteção da madeira tratada com extrativos citado anteriormente não foi observado nos trabalhos realizados por Hosseini Hashemi e Jahan Latibari (2011) e Feraydoni e Hosseini Hashemi (2012), em que a madeira de

*Juglans nigra*, conhecida por sua alta resistência biológica, foi utilizada para obtenção de extratos em diferentes solventes na concentração de 3,5% (m:v). Apesar da reconhecida durabilidade, os extratos obtidos da madeira de *Juglans nigra* e impregnados em outras madeiras não conferiram durabilidade aceitável, o que ressalta a complexidade da obtenção componentes secundários presentes na madeira e a sua formulação, sendo necessário a realização de testes biológicos para a determinação da concentração ideal para a inibição da atividade dos organismos xilófagos.

De acordo com Niamké et al. (2011; 2012), compostos derivados de quinonas obtiveram forte correlação com a durabilidade biológica da madeira de teca. Estes compostos, quando isolados garantiram elevada atividade antifúngica e foram atribuídos a estes compostos a grande parte da resistência biológica da madeira de teca.

Em função de sua reconhecida durabilidade, os extrativos do cerne da madeira de teca foram testados para o tratamento da madeira no trabalho de Adegeye, Ogunsanwo e Olajuyigbe, (2009). Em ambos os trabalhos as soluções de tratamento foram obtidas por meio da extração em etanol absoluto das partículas obtidas do cerne da madeira de teca. De acordo com estes autores, os extratos do cerne de teca na concentração de 4% (m/v) conferiram potencial para redução do ataque dos fungos xilófagos nas madeiras tratadas das espécies de *Triplochiton scleroxylon* e *Gmelina arbórea*, que são importantes espécies comerciais da Nigéria e necessitam de tratamentos preservativos.

De forma análoga aos autores citados anteriormente, Asamoah, Frimpong-Mensah e Antwi-Boasiako (2011) e Syofuna, Banana e Nakabonge (2012) destacaram o uso dos extrativos da madeira como potencial preservativo natural para madeiras de baixa durabilidade. Estes autores ressaltaram que o uso de extratos botânicos de espécies de elevada durabilidade é promissor e deve ser fonte de futuras pesquisas a fim de promover a utilização de produtos ecológicos na indústria de tratamento de madeira.

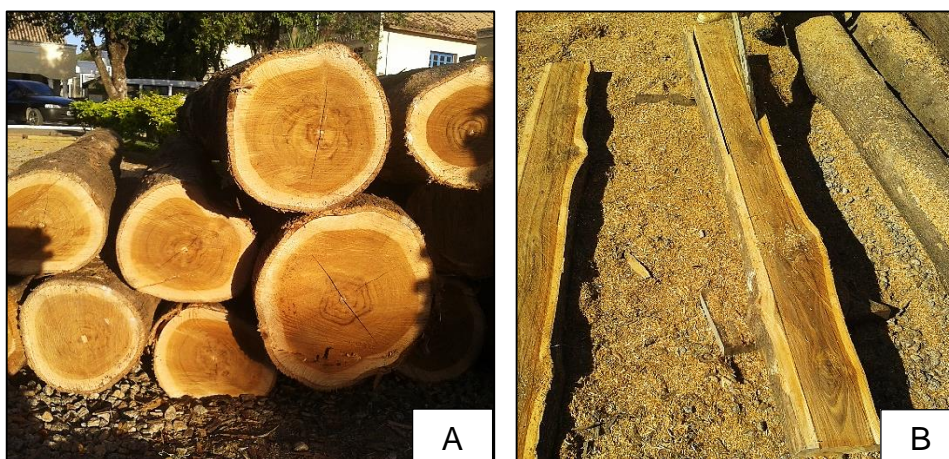
### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ESPÉCIES UTILIZADAS, PROCEDÊNCIA, COLETA E AMOSTRAGEM

O material utilizado na pesquisa foi obtido do processamento mecânico de quatro exemplares de teca (*Tectona grandis* L.f.), provenientes de um plantio da empresa florestal Celulose Nipo Brasileira – CENIBRA S.A., sediada em Belo Oriente, na região do Vale do Rio Doce, Estado de Minas Gerais, localizada à 19° 15' 00" de latitude Sul e 42° 22' 30" de longitude Oeste. A região é caracterizada por possuir altitudes variando de 200 a 1.000 m., precipitação anual de 1.163 mm. E solo do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo (LIMA et al., 2008). As árvores utilizadas possuíam idade aproximada de 20 anos.

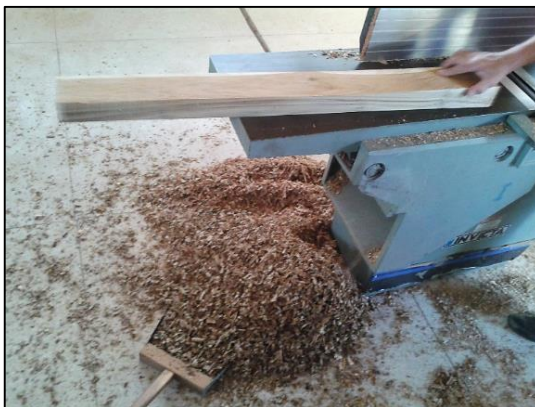
Foram obtidas árvores livres de defeitos, como tortuosidades, bifurcações, nodosidades, de povoamentos não desbastados, com diâmetro a altura do peito (DAP) médio de 30,10 cm e altura total média de 24,38 m. Foram coletadas as quatro primeiras toras de cada árvore, tendo cada tora aproximadamente 2,50 metros de comprimento. O material foi transportado para o Laboratório de Usinagem e Beneficiamento da Madeira (LUMber), Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Centro de Ciências Agrárias (CCA), Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), em Jerônimo Monteiro, ES, onde as toras foram desdobradas em pranchas de 7 cm de espessura, tendo o alborno sido removido (Figura 1).

Figura 1 – Toras de teca com aproximadamente 20 anos coletadas (A) e desdobradas, sendo retirado o alborno (B).



Depois de secas ao ar durante duas semanas, as pranchas foram aplainadas e os resíduos produzidos (maravalhas) coletados (Figura 2), secos ao ar livre por mais duas semanas e em seguida homogeneizados e armazenados em sacos plásticos para a realização das extrações.

Figura 2 Coleta dos resíduos gerados após o aplainamento das pranchas.



Para verificar a eficácia dos extrativos obtidos da madeira de cerne como preservativos naturais contra xilófagos, foram coletadas, no município de Sooretama, ES, em um plantio consorciado com café (Figura 3), localizado à 19° 08' 41" de latitude Sul e 40° 06' 17" de longitude Oeste, cinco árvores de teca, provenientes de segundo desbaste e idade de 10 anos, em função de possuírem uma grande quantidade de alburno, com baixa resistência ao ataque de organismos xilófagos, conforme relatado por Moya e Berrocal (2010) e Santos (2010) em árvores de teca obtida de plantios jovens. A região é caracterizada por ter altitude média em torno de 50 m, precipitação média anual de 1.200 mm e solo de tabuleiro do tipo Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico Arenoso (FERRÃO; FERRÃO; FONSECA, 2000; PAULA, 2006).

Figura 3 – Plantio de teca onde foram coletadas as árvores com 10 anos de idade.



Foram obtidas árvores livres de defeitos, com diâmetro a altura do peito (DAP) médio de 22,00 cm. Foram coletadas as duas primeiras toras de cada árvore, tendo cada tora aproximadamente 2,50 metros de comprimento. O material foi transportado para o LUMber do DCFM, em Jerônimo Monteiro, ES, onde as toras foram desdobradas e o alburno utilizado para a confecção dos corpos de prova para a impregnação com as soluções preservativas obtidas dos extrativos do cerne de teca de 20 anos.

Além disso, foram adquiridas no comércio local tábuas de *Pinus* sp., em função de ser uma madeira largamente empregada em serrarias, de coloração clara e baixa resistência natural, para avaliar a influência dos extrativos de teca na cor e resistência natural dessa madeira.

## 3.2 QUANTIFICAÇÃO DOS EXTRATIVOS E OBTENÇÃO DAS SOLUÇÕES PRESERVATIVAS

### 3.2.1 Quantificação dos extrativos de teca

Para facilitar as extrações, os resíduos gerados do processamento mecânico do cerne da madeira de teca de 20 anos foram transformados em serragem em moinho do tipo Willey com a utilização de uma peneira com abertura de 0,5 cm, em seguida a serragem foi classificada em um peneirador de partículas ao utilizar uma peneira com abertura de 0,30 mm (48 “mesh”) para retirada dos finos, sendo o material a ser utilizado o que ficou retido nesta última.

A serragem classificada ficou armazenada em sala climatizada ( $25 \pm 2$  °C e  $65 \pm 5\%$  de umidade relativa) atingindo teor de umidade médio de 10,16% e, em seguida foi utilizada para as extrações.

Foram realizadas extrações para a quantificação dos extrativos e para a produção de soluções de tratamento. A quantificação dos extrativos do cerne da madeira de teca foi realizada ao se empregar uma amostra representativa de toda a

serragem obtida, totalizando 500 g. O material foi novamente classificado e utilizada a serragem que passou pela peneira de 40 "mesh" e ficou retida na de 60 "mesh".

A determinação dos extrativos foi realizada em água quente conforme as recomendações da "American Society for Testing and Materials" - ASTM D - 1110 (2005) e em etanol absoluto conforme recomendações da "Technical Association of the Pulp and Paper Industry" - TAPPI T 264 om-88 (1992).

Para a extração em água quente, foram utilizados 2,0 g de serragem, absolutamente seca, a qual foi mantida sob extração em banho maria por 3 h na temperatura de ebulição da água. Após a extração, as amostras foram filtradas em cadinhos de porosidade 2, lavadas (cinco vezes) com água destilada quente e secas em estufa à temperatura de  $103 \pm 2$  °C, por 24 h, sendo a sua massa obtida em balança de 0,001 g de precisão.

A análise dos extrativos em etanol absoluto foi realizada a partir das amostras de 2,0 g de serragem livre de umidade alocadas em cadinhos de porosidade 2, em seguida foram inseridas em extrator "Soxhlet" para extração em etanol absoluto por 5 horas. Ao final da extração o material foi seco em estufa à temperatura de  $103 \pm 2$  °C, por 24 h. O teor de extrativo presente na madeira foi calculado com base na massa seca antes e após as extrações. Para cada extração foram utilizadas três repetições.

### **3.2.2 Obtenção das soluções de extrativos de teca para o tratamento da madeira**

Para a produção das soluções de tratamento a serem impregnadas na madeira, a serragem classificada em peneira com abertura de 0,30 mm (48 "mesh") foi submetida a extrações em água quente e extrações a frio em etanol absoluto.

Nas extrações em água quente, para cada 2 kg de serragem foram adicionados 10 litros de água (relação 5:1). As amostras foram submetidas à fervura, sem aplicação de pressão, em autoclave com capacidade de 48 litros, dentro de um recipiente cilíndrico, confeccionado em aço inox, com capacidade de, aproximadamente, 30 litros (diâmetro de 30,50 cm e altura de 40 cm), durante duas horas e 30 minutos (Figura 4). Cada amostra foi submetida a duas extrações, a fim de se retirar à máxima quantidade de extrativos presentes. Assim, a relação final



maravalha: extrator foi de 1:10. Após cada extração, o material foi passado em filtro, confeccionado em flanela branca, em seguida filtrado em peneira granulométrica de 270 mesh (abertura de 0,053 mm) para a retenção de partículas de serragem e armazenado em refrigerador ( $\pm 10$  °C) conforme recomendações de Syofuna, Banana e Nakabonge (2012).

Figura 4 – Recipiente cilíndrico e autoclave em que foram realizadas as extrações em água quente.



No caso do emprego de etanol absoluto, foram realizadas extrações a frio. Para tanto, a cada 2 kg de serragem foram adicionados 10 litros de etanol absoluto e da mesma forma que nas extrações em água quente, cada amostra foi submetida a duas extrações. A serragem ficou submetida à extração dentro de um recipiente de plástico (bombona) com capacidade de 50 litros devidamente vedado. O recipiente contendo o material a ser extraído foi agitado quatro vezes ao dia, permanecendo sob extração durante 24 horas. Após a extração o material foi filtrado e armazenado de forma semelhante ao obtido pela extração em água quente.

### **3.2.3 Definição da concentração das soluções de extrativos de teca para o tratamento da madeira**

Três alíquotas de 50 mL foram retiradas da solução de extrativos em água quente e levadas à estufa a  $103 \pm 2$ °C durante 24 horas, para a determinação do teor

de sólidos totais (TST) presente no extrato. Para as determinações do TST foi empregada a Equação 1.

$$\text{TST} = \left( \frac{M_2}{M_1} \right) * 100 \quad (1)$$

em que:

TST: Teor de sólidos totais (%);

M<sub>1</sub>: Massa inicial da alíquota (g); e

M<sub>2</sub>: Massa seca da alíquota (g).

Após a determinação da concentração inicial da solução de extrativos com base no TST, foram formuladas soluções com sete concentrações com os extrativos obtidos em água quente, por meio da adição de água destilada ou evaporação artificial, com base no teor de sólidos totais (0,125; 0,25; 0,50; 1; 2; 4 e 8%). Estas soluções foram utilizadas para o preparo de meio de cultura malte-ágar a fim de determinar a concentração de inibição de crescimento fúngico.

Para tanto, para 250 mL de cada solução foram adicionados malte e ágar na proporção de 2 e 1,5 %, respectivamente. Em seguida os meios de cultura preparados foram esterilizados em autoclave (103 kPa, 121 °C, 30 min). Em câmara de fluxo laminar, os meios com as concentrações testadas foram vertidos em placas de Petri, sendo utilizado quatro repetições para cada concentração.

Após a solidificação dos meios de cultura, fragmentos obtidos de culturas puras do fungo *Postia placenta* (podridão parda) foram inoculados em cada placa de Petri, em função de ser um fungo de rápido crescimento e elevada capacidade de deterioração (Figura 5).

Figura 5 – Câmara de fluxo laminar onde a cultura fúngica foi inoculada nas placas contendo as concentrações formuladas.



Para avaliar o crescimento do fungo em cada concentração de extrativo testada, foram utilizadas como controle, placas de Petri contendo meio de cultura preparado com água destilada e malte:ágar (2:1,5%) e inoculadas com fragmentos do fungo testado.

A avaliação do crescimento fúngico foi realizada assim que o crescimento micelial do fungo completou todo o diâmetro da placa considerada como tratamento controle. Em seguida, foram avaliadas as placas com as concentrações de extrativo. As medições foram realizadas com o auxílio de paquímetro digital, com precisão de 0,01 mm, ao medir o diâmetro das colônias fúngicas, em dois sentidos perpendiculares e em seguida foi calculada a inibição do crescimento (%).

Em função da inibição total do crescimento avaliado nas placas de Petri, em decorrência das concentrações testadas, foi definida a concentração final em que as soluções preservativas foram utilizadas para o tratamento da madeira.

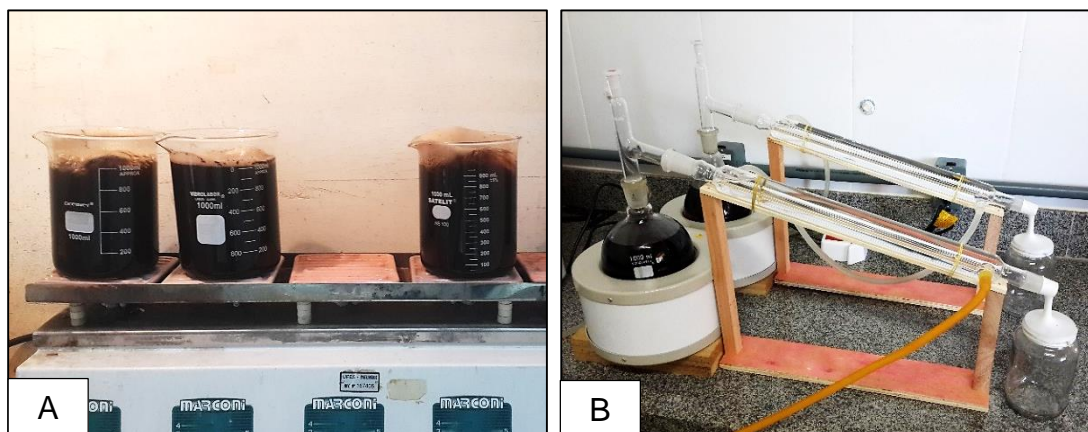
Em razão da extração em água quente abranger menor quantidade de compostos e substâncias que, de maneira geral, interferem pouco na resistência natural da madeira quando comparado aos compostos obtidos em etanol (OLIVEIRA et al., 2005), a concentração que proporcionou o não crescimento fúngico para os extratos obtidos em água quente, também foi utilizada para os extratos obtidos em etanol absoluto.

### 3.2.4 Concentrações finais das soluções de extrativos de teca para o tratamento da madeira

Em função do resultado obtido do crescimento fúngico nas concentrações testadas nas placas de Petri as soluções de extrativos em água quente e etanol absoluto foram ajustadas para a concentração final.

As soluções de extrativos obtidos em água quente foi concentrada por meio de evaporação artificial, para tanto, a solução foi colocada em béquer com capacidade de 1 L e aquecida (Figura 6A). Para a concentração da solução de extrativos obtidos em etanol absoluto a concentração foi realizada em mantas aquecedoras, em que se utilizou um balão de fundo chato com capacidade de 1 L conectado a um condensador do tipo “Liebig” (30 cm) para a recuperação do etanol (Figura 6B).

Figura 6 – Concentração das soluções extraídas em água quente (A) e etanol absoluto (B).



### 3.3 IMPREGNAÇÃO DOS EXTRATIVOS NAS MADEIRAS TESTADAS

Após as soluções extraídas em água quente e etanol absoluto serem ajustadas para a concentração final, as mesmas foram preparadas para a impregnação na madeira. Além disto, foi utilizada uma terceira solução de tratamento, composta pela combinação das soluções extraídas em água quente e etanol absoluto,

formando uma solução hidroalcoólica na razão de 1:1 com a mesma concentração das respectivas soluções utilizadas para a combinação.

As três soluções obtidas (extração em água quente, extração em etanol e combinação hidroalcoólica das soluções) foram utilizadas para o tratamento preservativo do alburno da madeira de teca de 10 anos de idade e da madeira de *Pinus* sp.

Para cada solução testada foi realizado o tratamento pelo método de célula-cheia (Bethell) em uma autoclave-piloto de 19,5 cm de diâmetro e 53,0 cm de comprimento (Figura 7), a fim de se impregnar na madeira quantidades de extrativos de acordo com a concentração estabelecida.

Figura 7 – Autoclave-piloto onde as amostras serão tratadas com extrativos.

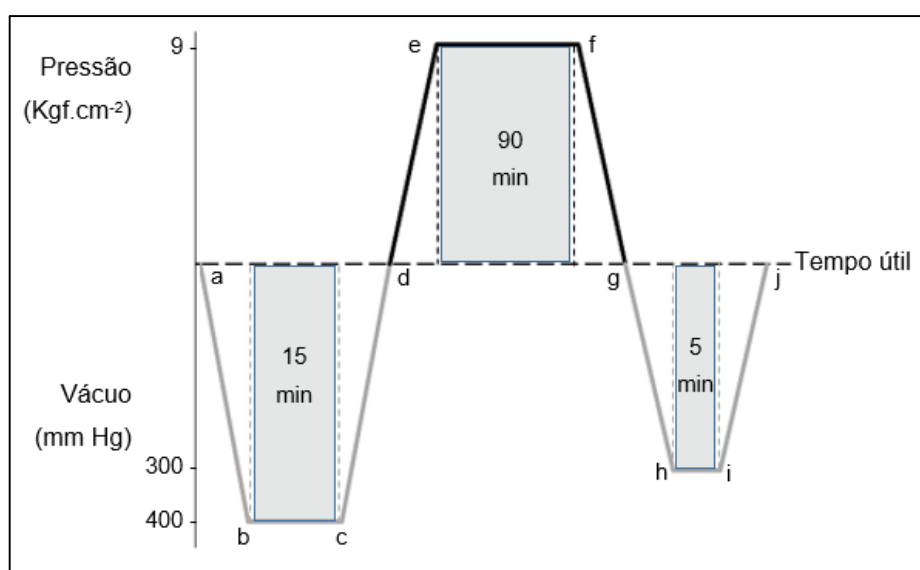


Para o tratamento preservativo foram confeccionados corpos de prova com a madeira de *Pinus* sp. e de alburno de teca de 10 anos de idade de acordo com as dimensões estabelecidas pelas normas para os ensaio biológicos preparados. Sendo de 1,9 x 1,9 x 1,9 cm (radial x longitudinal x tangencial) para o ensaio de resistência a fungos xilófagos (ASTM D – 1413, 2005), 2,54 x 2,54 x 0,64 cm para o ensaio de alimentação forçada com térmitas subterrâneos (ASTM D – 3345, 2005), 2,0 x 10,16 x 0,64 cm para o ensaio de preferência alimentar com térmitas subterrâneos (PAES et al., 2007b), 2,3 x 7,0 x 0,6 cm para o ensaio com térmitas de madeira seca e 1,5 x 3,0 x 0,5 cm para o ensaio de resistência a fungos de podridão mole conforme recomendado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - Divisão de Madeiras - IPT/DIMAD D-2 (1980) e IPT/DIMAD D-5 (1980).

As amostras foram submetidas a um vácuo inicial de 400 mmHg por 15 min, seguido da aplicação das soluções de extrativos e uma pressão de 9,0 kgf cm<sup>-2</sup> por 90 min e um vácuo final de 300 mmHg por 5 min, totalizando um tempo útil de tratamento de 110 minutos (Figura 8).

Estas situações de tratamento foram estabelecidas com base em trabalhos realizados por Nakayama et al. (2001) e Schneid, Gatto e Cademartori (2013) e adaptadas às condições da bomba de vácuo, compressor e autoclave utilizada.

Figura 8. Representação gráfica do tratamento preservativo com extrativos de teca.



Fonte: Adaptado de Paes (1997).

em que a-b = aplicação do vácuo inicial, b-c = manutenção do vácuo, c = aplicação da solução preservativa, c-d = liberação do vácuo, d-e = aplicação da pressão, e-f = manutenção da pressão, f-g = liberação da pressão, g-h = aplicação do vácuo final, h-i = manutenção do vácuo final, i-j = liberação do vácuo final e j = descarga e retirada das peças tratadas.

Antes do tratamento preservativo as peças foram secas a 0% de teor de umidade e tomadas suas massas e volumes, a massa seca após o tratamento também foi obtida e desta forma foi calculada a densidade anidra das amostras (g cm<sup>-3</sup>) e a retenção de extrativos (kg m<sup>-3</sup>) para cada solução.

### 3.4 INFLUÊNCIA DOS EXTRATIVOS NOS PADRÕES COLORIMÉTRICOS DAS MADEIRAS

A influência das soluções preservativas, preparadas com extrativos da madeira de teca, nos padrões colorimétricos das madeiras tratadas (item 3.2), foi analisada pela tabela de cores de Munsell “Munsell Color Soil Charts” (MUNSELL COLOR, 2000) e pelo espaço de cor CIE-L\*a\*b\* (“Commission Internationale de L’Éclairage” - CIE, 1976).

Desta forma, após o tratamento com cada solução de extrativos testada foram selecionados corpos de prova com as dimensões de 2,3 x 7,0 x 0,6 cm (radial x longitudinal x tangencial) e comparados com amostras controle (sem tratamento) de teca (alburno da madeira jovem) e madeira de pinus. Além disto, também foram realizadas comparações com a madeira do cerne de teca de 20 anos, do qual foram preparadas as soluções de extrativos, e a madeira do cerne da teca de 10 anos de idade.

Após os tratamentos as amostras ficaram armazenadas em sacolas plásticas de cor preta em sala climatizada ( $25 \pm 2$  °C e  $65 \pm 5$  % de umidade relativa) para evitar alterações de cor, causadas pela oxidação ou luz. Como realizado por Lopes et al. (2014a), antes das leituras da cor, as mesmas passaram por uma sequência de lixas de granulometria de 80 e 120 a fim de eliminar as irregularidades e obter uma superfície livre de oxidação.

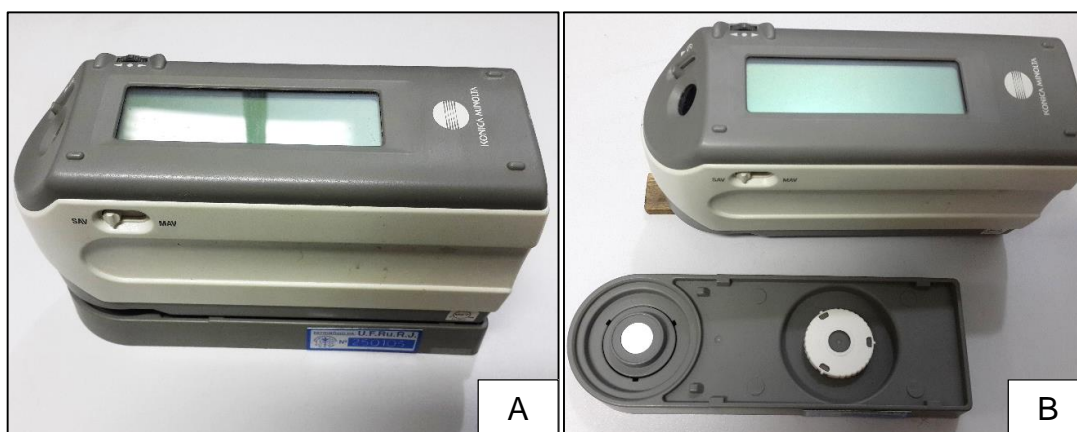
A leitura de cor utilizando como referência a tabela de cores de Munsell (2000) foi realizada por meio da percepção visual de três avaliadores em que foi escolhida a cor da madeira em função dos atributos matiz “hue” (tonalidade), o valor “value” (luminosidade) e o croma “chroma” (saturação).

O padrão de cor da madeira pela metodologia do sistema CIE-L\*a\*b\* (CIE, 1976) foi determinado com o auxílio de um espectrofotômetro portátil (Figura 9A) em que foram realizadas cinco leituras ao longo da face radial-longitudinal de cada amostra em que foram obtidos os valores das coordenadas L\* (claridade ou luminosidade), a\* (matizes do eixo vermelho – verde) e b\* (matizes do eixo amarelo – azul) para cada tratamento. As leituras dos parâmetros colorimétricos das amostras foram realizadas no Departamento de Produtos Florestais (DPF), Instituto de Florestas (IF), Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ).



O diâmetro de abertura utilizado para a área de iluminação do aparelho foi de 3 mm (“SAV – Small Area View”). Utilizou-se o “iluminante” padrão D65, ângulo de observação de 10° e luz especular incluída. Para as leituras, o aparelho foi calibrado com o padrão preto e branco, e para a calibração do padrão branco, utilizou-se uma placa de calibração do próprio aparelho (Figura 9B).

Figura 9 – Espectrofotômetro portátil utilizado para a leitura da cor (A). Placa de calibração para leitura das amostras (B).



A variação do padrão colorimétrico foi avaliada em função das alterações causadas pelas soluções de tratamento testadas. As três coordenadas de cor das madeiras tratadas foram comparadas com as amostras controle e com as madeiras de cerne de 10 e 20 anos, deste modo foram calculadas as variações de cada coordenada, sendo elas:  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  e  $\Delta b^*$ . A variação total da cor da madeira após os tratamentos preservativos também foi determinada pelo emprego da Equação 2 conforme Konica Minolta (1998).

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

em que:

$\Delta E^*$ : variação total da cor da madeira após os tratamentos; e

$\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  e  $\Delta b^*$ : variação das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  após os tratamentos, respectivamente.



Após os cálculos, as variações totais de cor das amostras tratadas em relação as amostras controle (sem tratamento) e de cerne (10 e 20 anos) foram classificadas utilizando-se a tabela proposta por Hikita, Toyoda e Azuma (2001), com base em níveis de percepção visual (Tabela 2).

Tabela 2 - Classificação da variação total da cor ( $\Delta E^*$ ) da madeira após os tratamentos.

<b>Varição Total da Cor (<math>\Delta E^*</math>)</b>	<b>Classificação</b>
Desprezível	0,0 – 0,5
Ligeiramente perceptível	0,5 – 1,5
Notável	1,5 – 3,0
Apreciável	3,0 – 6,0
Muito apreciável	6,0 – 12,0

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

### 3.5 ENSAIOS BIOLÓGICOS COM FUNGOS E TÉRMITAS XILÓFAGOS

Para testar a eficiência das soluções preparadas com extrativos de teca, foram realizados ensaios biológicos com fungos e térmitas xilófagos. Para os fungos foram empregadas as recomendações da ASTM D – 1413 (2005), do IPT/DIMAD D-5 (1980) e IPT/DIMAD D-2 (1980). Para os térmitas subterrâneos, foram empregadas as da ASTM D – 3345 (2005) e Paes et al. (2007b). Já para os térmitas de madeira seca, foi utilizada a metodologia desenvolvida pelo - IPT/DIMAD D - 2 (1980).

Para todos os ensaios as amostras tratadas foram comparadas com amostras controle, sem o tratamento preservativo. Além disso, a resistência foi comparada também com as amostras do cerne da madeira com 20 anos de idade, em que foram retirados os extrativos. Todos os ensaios biológicos foram realizados no Laboratório de Biodeterioração e Proteção da Madeira (LBPM), DCFM, CCA, UFES, em Jerônimo Monteiro, ES.

### 3.5.1 Ensaio de resistência a fungos xilófagos

#### 3.5.1.1 Resistência a fungos de podridão parda e branca

Para o ensaio, as amostras tratadas e controle com dimensões de 1,9 x 1,9 x 1,9 cm foram submetidas à ação dos fungos de podridão parda *Gloeophyllum trabeum*, *Neolentinus lepideus*, *Postia placenta* e ao fungo de podridão branca *Trametes versicolor* em condições de laboratório, conforme metodologia descrita pela ASTM D – 1413 (2005).

Assim, o ensaio foi preparado em frascos de 500 mL, preenchidos com 300 g de solo de pH 7,2 e capacidade de retenção de água de 25,71%, conforme recomendado pela norma. O solo de cada frasco foi umedecido para 130 % da capacidade de retenção, pela adição de 74 mL de água destilada e foram adicionados dois alimentadores de madeira de *Pinus* sp., em seguida, os frascos foram esterilizados em autoclave a 103 kPa e 121 °C por 30 minutos.

Depois do resfriamento dos frascos, fragmentos obtidos de culturas puras dos fungos empregados foram inoculados nos alimentadores. Após o desenvolvimento do fungo nos alimentadores e a colonização do mesmo no solo, foram adicionados os corpos de prova, à razão de duas amostras por frasco e 10 repetições para cada tratamento.

O ensaio foi mantido em sala climatizada ( $25 \pm 2$  °C e  $65 \pm 5$  % de umidade relativa) por 12 semanas (Figura 10A). Junto com o ensaio, foram mantidos frascos com corpos de prova esterilizados, preparados de forma idêntica aos anteriores, porém sem a presença de fungos, para avaliação da perda de massa operacional, que foi utilizada como fator de correção da perda de massa provocada pelos fungos testados nas madeiras. Dessa maneira, foi garantido que as perdas observadas foram atribuídas ao ataque dos fungos xilófagos, e não a outros fatores operacionais.

Decorrido tal período, o ensaio foi desativado, os corpos de prova foram retirados dos frascos e os micélios dos fungos removidos (Figura 10B e 10C). Em seguida, as amostras foram secas em estufa e a perda de massa avaliada ao comparar os valores obtidos com os apresentados pela Tabela 3 (ASTM D – 2017, 2005).

Figura 10 - Ensaio de resistência a fungos xilófagos mantido em sala climatizada (A). Desmontagem e remoção do micélio dos fungos (B e C)

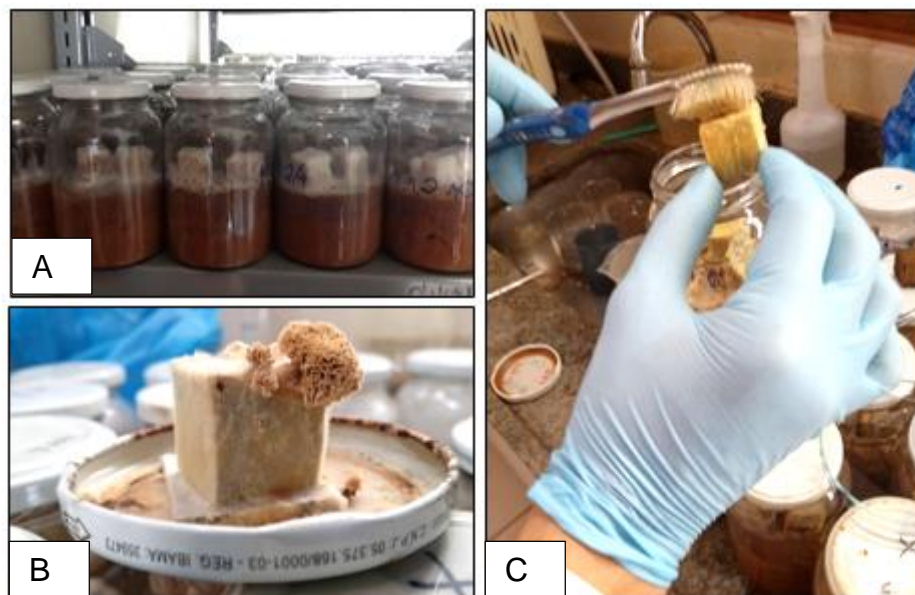


Tabela 3. Classificação da perda de massa em ensaio de resistência a fungos xilófagos.

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

Fonte: ASTM D - 2017 (2005).

### 3.5.1.2 Resistência a fungos de podridão mole

Para a avaliação da resistência das madeiras tratadas foram seguidas as recomendações do método IPT/DIMAD D-5 (1980). Para tanto, os corpos de prova foram submetidos à ação da microflora natural existente em solos orgânicos coletados em florestal natural. Conforme as recomendações, os corpos de prova foram soterrados em solo orgânico (pH de 6,8 e capacidade de retenção de água de 27%), retirado no município de Jerônimo Monteiro, ES.

Para a montagem do ensaio, utilizaram-se frascos de 600 mL, preenchidos com 300 g de solo. Para as amostras de teca o solo teve sua umidade ajustada para de 80% da capacidade de retenção de água pela adição 28,33 mL de água destilada, já para a madeira de pinus, conforme recomendado pela norma, o solo teve sua umidade ajustada para de 100% da capacidade de retenção de água pela adição 43 mL de água destilada. Em seguida, foram adicionados dois corpos de prova de cada tratamento por frasco, que permaneceram por 120 dias em sala climatizada ( $25 \pm 2$  °C e  $65 \pm 5\%$  de umidade relativa).

Ao término do ensaio, os frascos foram abertos e os corpos de prova limpos, ao remover o micélio dos fungos, e conduzidos à estufa, mantida nas mesmas condições anteriores até atingir massa constante e, posteriormente, pesados para avaliação da perda de massa. A avaliação do ensaio foi com base na perda de massa, sendo esta corrigida em função das perdas obtidas nos frascos com amostras e solo esterilizado.

### **3.5.2 Ensaio de resistência a térmitas xilófagos**

#### **3.5.2.1 Ensaio de alimentação forçada a térmitas subterrâneos**

O ensaio biológico de alimentação forçada com o térmita subterrâneo (*Nasutitermes corniger* Motsch.) foi realizado conforme o método descrito pela ASTM D - 3345 (2005), com algumas modificações sugeridas por Paes (1997). Para tanto, foram coletadas colônias nas proximidades do município de Jerônimo Monteiro, ES.

O experimento foi preparado em frascos de 600 mL, preenchidos com 200 g de areia cuja umidade foi corrigida de acordo com a sua capacidade de retenção de água. Foram adicionados em cada frasco um corpo de prova e  $1 \pm 0,05$  g do térmita *Nasutitermes corniger* (Figura 11), o que corresponde a  $\pm 350$  térmitas, na proporção de 80% de operários e 20% de soldados. O ensaio permaneceu em sala climatizada durante 28 dias, quando foi avaliada a eficiência do tratamento em função do desgaste

(nota) das amostras e da mortalidade dos térmitas (%) (Tabela 4), da perda de massa (%) corrigida pela perda operacional e do tempo (dias) para a morte dos térmitas.

Figura 11 – Frasco preparado para o ensaio de alimentação forçada com térmitas subterrâneos.



Tabela 4. Avaliação do desgaste da madeira e da mortalidade dos térmitas.

<b>Tipo de Desgaste</b>	<b>Nota</b>
Sadio, permitindo escarificações superficiais	10
Ataque leve, sem penetrações	9
Ataque moderado, havendo penetração	7
Ataque intenso	4
Falha, havendo ruptura dos corpos de prova	0
<b>Mortalidade</b>	<b>(%)</b>
Baixa	0 - 33
Moderada	34 - 66
Alta	67 - 99
Total	100

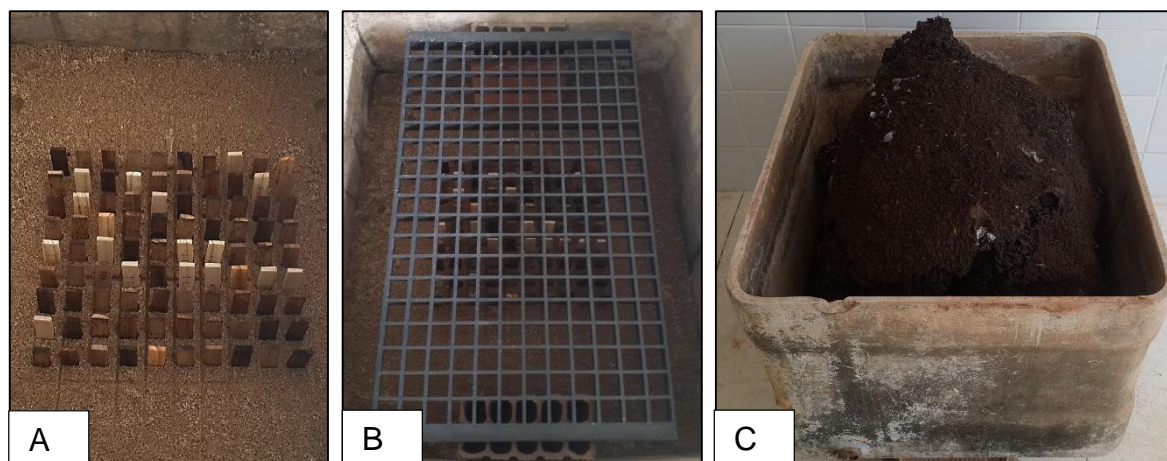
Fonte: Adaptado de ASTM D – 3345 (2005).

### 3.5.2.2 Ensaio de preferência alimentar com térmitas subterrâneos

O ensaio foi realizado conforme metodologia descrita por Paes et al. (2007b). Para a instalação do ensaio, os corpos de prova com dimensões nominais de 2,54 x 10,16 x 0,64 cm (radial x longitudinal x tangencial) foram distribuídos segundo um delineamento em blocos casualizado em uma caixa com capacidade de 250 L, contendo uma camada de areia de aproximadamente 10 cm.

As amostras foram dispostas lado a lado, tiveram metade do seu comprimento fixada na areia e foram espaçadas de forma igualitária no centro da caixa, descontando-se de forma proporcional as dimensões das bordas (Figura 12A). A colônia de térmitas (*Nasutitermes corniger* Motsch.) utilizada no experimento foi coletada nas proximidades do LBPM em Jerônimo Monteiro, ES e disposta em uma grade apoiada em dois tijolos postos sobre a camada de areia contida na caixa (Figura 12B e 12C).

Figura 12 – Distribuição dos corpos de prova no ensaio de preferência alimentar a térmitas subterrâneos (A) e grade de apoio e colônia de térmitas utilizada (B e C).



As amostras ficaram expostas à ação dos térmitas durante 45 dias e após o ensaio foi avaliada a resistência da madeira tratada com as soluções de extrativos de teca em função da perda de massa e do desgaste provocado pelos térmitas nos corpos de prova. A perda de massa foi avaliada com base na massa seca dos corpos de prova, tomada antes e após o ensaio, e corrigida por meio de amostras submetidas às mesmas condições de ensaio, porém sem a presença de térmitas.

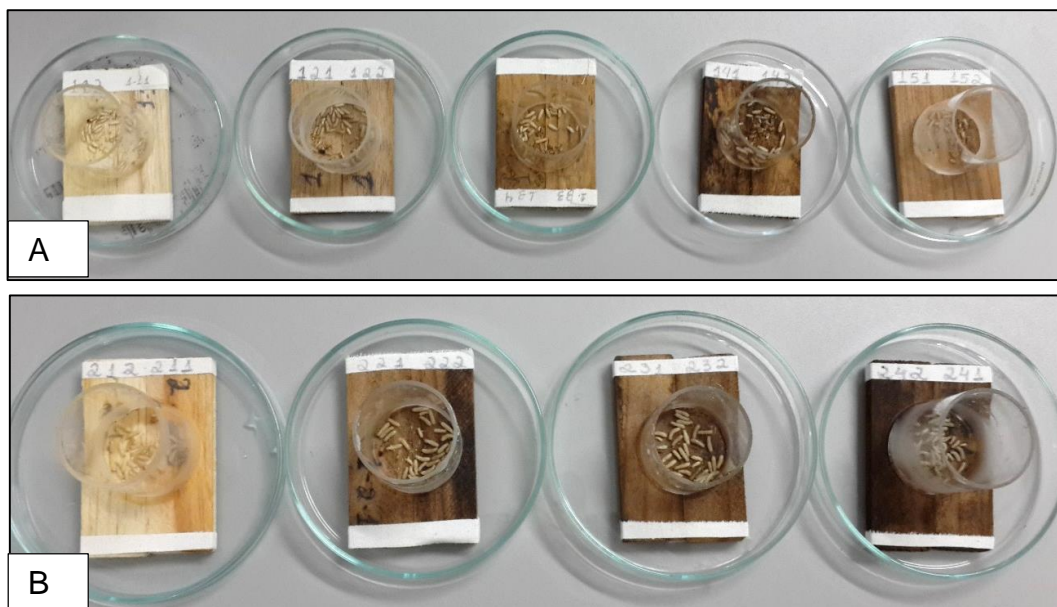


### 3.5.2.3 Ensaio com térmitas de madeira seca

O ensaio foi realizado conforme metodologia proposta pelo IPT/DIMAD D - 2 (1980). As amostras controle e as tratadas, com dimensões de 2,3 x 0,6 x 7,0 cm (radial x tangencial x longitudinal) foram submetidas a térmitas de madeira seca da Família Kalotermitidae, gênero *Cryptotermes* sp.

Foram utilizadas 10 repetições para cada tratamento e os corpos de prova foram agrupados dois a dois formando cinco conjuntos. Aos conjuntos foi fixado, com parafina, um recipiente de vidro de diâmetro de 3,5 cm e altura de 8,0 cm. Dentro do recipiente foram introduzidos 40 térmitas, sendo 39 operários e um soldado. Cada conjunto de dois corpos de prova, tanto os formados pelas amostras de teca (Figura 13A) ou de pinus (Figura 13B) foi introduzido em uma placa de Petri para evitar a fuga dos térmitas.

Figura 13 – Ensaio de resistência a térmitas de madeira seca formado pelos conjuntos de teca (A) e pinus (B)



Ao término de 45 dias, o ensaio foi desativado, os térmitas restantes foram retirados e novamente contados para avaliar a porcentagem de mortalidade. O desgaste foi avaliado conforme descrito na Tabela 5, proposta pelo método do IPT/DIMAD D – 2 (1980).

Foram avaliados os orifícios produzidos pelos térmitas nos corpos de prova, sendo contabilizados apenas aqueles que transpassaram os corpos de prova. Além disso, os corpos de prova foram secos em estufa, sob as condições descritas anteriormente, e pesados para avaliar a porcentagem de perda de massa, que foi também corrigida pela perda de massa operacional.

Tabela 5 – Notas atribuídas ao desgaste causado pelos térmitas de madeira seca.

<b>Nota</b>	<b>Classificação</b>
0	Nenhum desgaste
1	Desgaste superficial
2	Desgaste moderado
3	Desgaste acentuado
4	Desgaste profundo

FONTE: Adaptado do IPT/DIMAD D-2 (1980).

### 3.6 ANÁLISE E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

A quantificação dos extrativos e a retenção de solução preservativa foram avaliadas por meio de estatística descritiva ao serem empregadas as médias e desvios padrões. Para a definição da concentração de tratamento utilizada, também foram empregadas as médias e desvios padrões para as quatro repetições testadas, sendo escolhida a concentração das soluções em função da ausência do crescimento fúngico nas placas de Petri.

Para os ensaios biológicos e leituras colorimétricas foram testadas 10 repetições por tipo de solução de extrativos e situação de ensaio. Para o ensaio colorimétrico, ensaio biológico com fungos e alimentação forçada a térmitas foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, em que foram avaliados os efeitos das soluções de tratamento na alteração da cor da madeira, perda de massa para os fungos e térmitas testados, e desgaste provocado, tempo para morte e mortalidade (térmitas). Para o ensaio de preferência alimentar a térmitas foi utilizado um delineamento em blocos casualizados, em que serão avaliados os mesmos fatores



citados acima. Para os fatores e interação detectados como significativos pelo teste F ( $p \leq 0,05$ ), foi empregado o teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Para todos os casos foi verificada a normalidade dos dados pelo teste de Lilliefors e a homogeneidade das variâncias pelo teste de Cochran. Quando houve necessidade, dados colorimétricos ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  e  $\Delta E^*$ ); porcentagem de perda de massa (PM) e mortalidade (M); e desgaste (notas) e tempo (dias) para morte dos térmitas foram transformados em:  $\log_{10}(L^*, a^*, b^* \text{ ou } \Delta E^*)$ ;  $\arcsen \sqrt{(PM \text{ ou } M(\%) / 100)}$ ; e  $\arcsen \sqrt{(nota \text{ ou } dias + 0,5)}$ ; e, respectivamente.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 QUANTIFICAÇÃO DOS EXTRATIVOS DE TECA

O maior teor médio de extrativos (%) presente nos resíduos do cerne da madeira de teca com 20 anos foi encontrado para a extração em etanol absoluto (9,17%), enquanto o teor médio de extrativos solúveis em água quente foi de 6,56%. De acordo com a ASTM – D 1110 (2005), os extrativos da madeira solúveis em água quente incluem taninos, gomas, açúcares, corantes e amido. Já a extração com etanol, abrange compostos como ácidos resinosos, gorduras, ácidos graxos, terpenos, óleos e taninos (ASTM – D 1107, 2005; SARTO; SANSIGOLO, 2010).

Como observado por Oliveira et al. (2005), os compostos solúveis em água quente proporcionam pouca influência na resistência natural da madeira quando comparado aos compostos extraídos em etanol e outros solventes. Portanto, a madeira tratada com os extrativos em etanol absoluto pode produzir efeitos de resistência biológica superiores ao da madeira tratada somente com os extrativos em água quente, em função da maior quantidade de extrativos solúveis em etanol absoluto e por esta extração abranger mais compostos quando comparado aos solúveis em água quente.

### 4.2 DEFINIÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DAS SOLUÇÕES DE EXTRATIVOS DE TECA PARA O TRATAMENTO DA MADEIRA

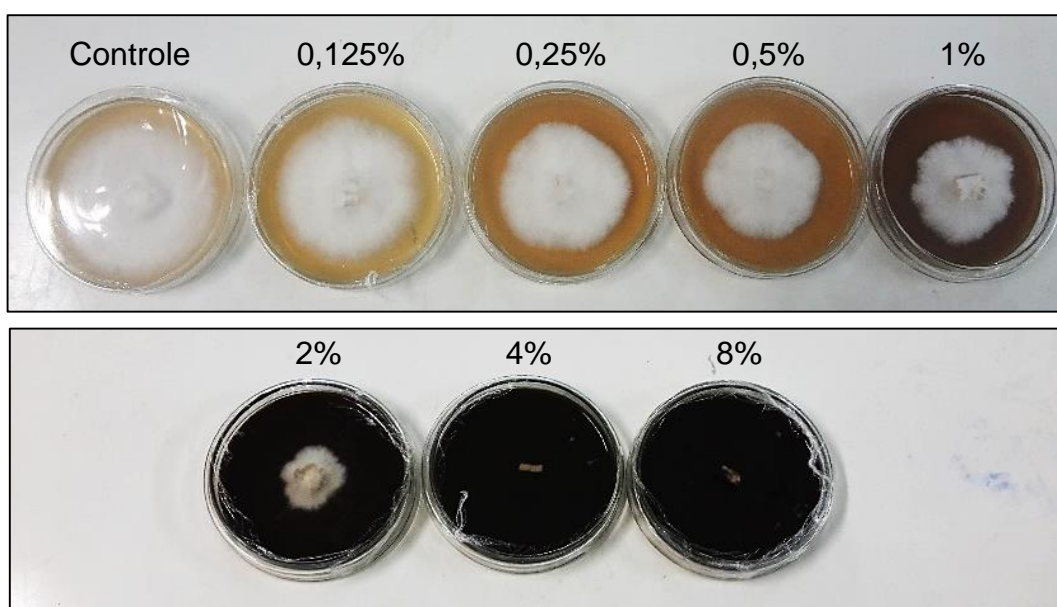
Na Tabela 6 constam os valores médios referentes às áreas de crescimento e à inibição de crescimento fúngico (%) para cada concentração de extrativo obtido em água quente testada nas placas de Petri inoculadas com fragmentos do fungo *Postia placenta*.

Tabela 6 – Inibição do crescimento do fungo *Postia placenta* para cada concentração de extrativo de teca obtido em água quente.

Concentração (%)	Área Crescimento (cm <sup>2</sup> )	Inibição do Crescimento Fúngico (%)
Controle	Total	0
0,125	31,05	31,92
0,25	28,40	37,74
0,5	23,19	49,17
1	18,82	58,73
2	6,32	86,13
4	0,00	100
8	0,00	100

Notou-se que todas as concentrações testadas reduziram gradativamente a área de crescimento do *Postia placenta* nas placas de Petri quando comparado à placa controle (sem a presença de extrativos). A inibição do crescimento do fungo foi superior a 50% a partir da concentração de 1%, chegando a atingir 86% na concentração de 2% e 100% de inibição do crescimento para as concentrações de 4 e 8% como pode ser observado na Figura 14. Para o preparo das soluções de extrativos para o tratamento da madeira foi escolhida a concentração de 4% em função de ser a primeira concentração que proporcionou total inibição do crescimento fúngico.

Figura 14 – Placas de Petri inoculadas com fragmentos do fungo *Postia placenta* para cada concentração da solução preservativa testada.



### 4.3 RETENÇÃO DE EXTRATIVOS APÓS O TRATAMENTO PRESERVATIVO

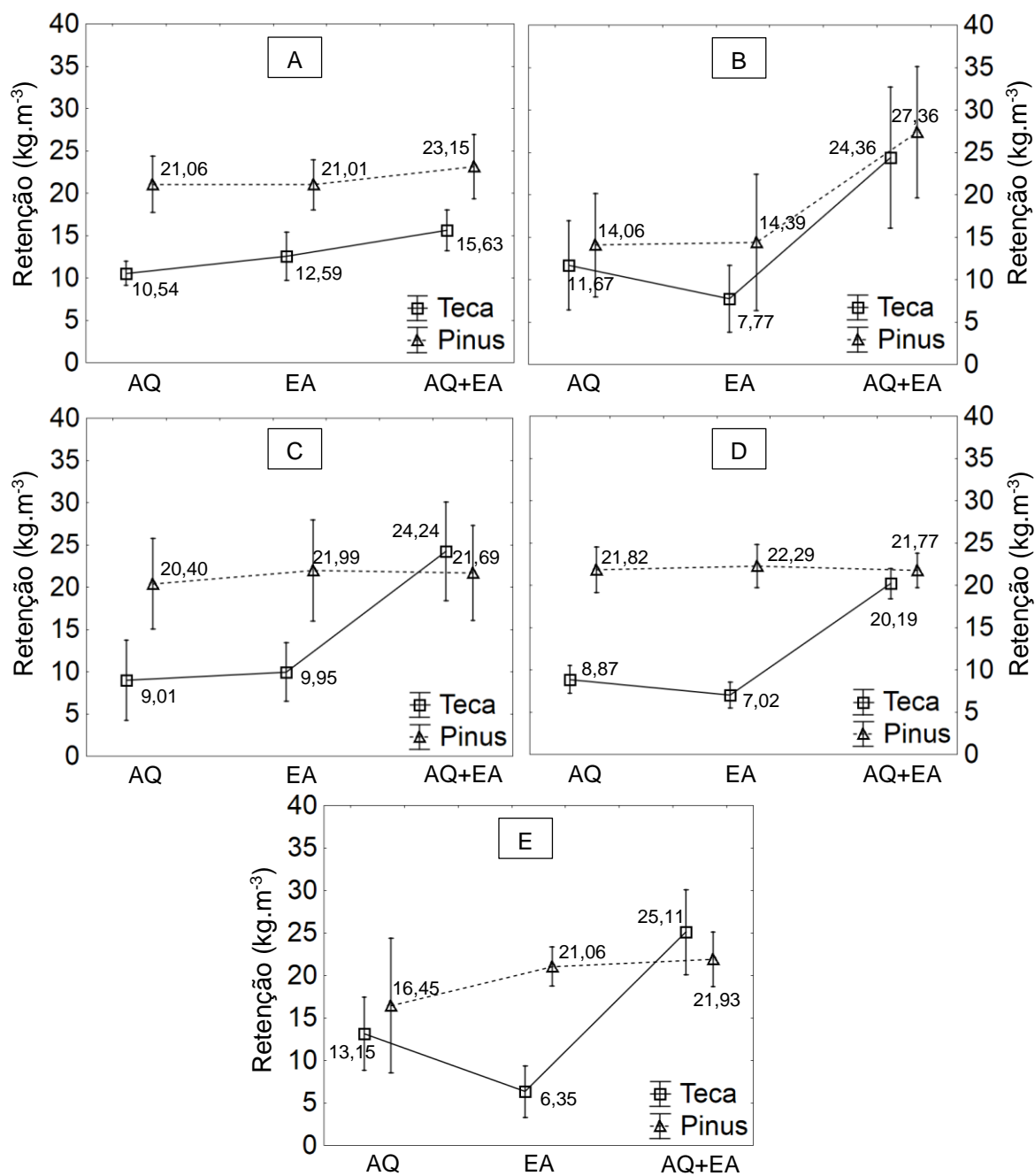
A densidade anidra ( $\text{g cm}^{-3}$ ) variou entre as duas espécies tratadas, com valores de 0,619 para o alburno de teca e 0,446 para a madeira de pinus com desvio padrão de 0,04 para as duas espécies. Paes et al. (2007a), encontraram valor semelhante para a madeira de alburno de teca, em que a densidade anidra foi de  $0,590 \text{ g cm}^{-3}$ .

O comportamento da retenção de extrativos em função da espécie, tipo de solução e dimensão das amostras tratadas pode ser observado na Figura 15. Notou-se que para o primeiro caso (Figura 15A), em que os corpos de prova foram tratados com a dimensão estabelecida para a realização do ensaio de resistência a fungos xilófagos (ASTM D – 1413, 2005) a madeira de *Pinus* sp. obteve retenção média de  $21 \text{ kg m}^{-3}$  para as soluções de extrativos de teca em água quente e etanol absoluto. Já para a solução com a combinação dos extrativos houve um ligeiro aumento, em que a retenção média foi de  $23,15 \text{ kg m}^{-3}$ . Para a madeira de alburno de teca as retenções foram menores, com médias de 10,54; 12,59; e  $15,63 \text{ kg m}^{-3}$  para as soluções com extrativos obtidos em água quente, etanol absoluto e a combinação dessas soluções respectivamente.

De forma geral, a retenção para a madeira de pinus foi superior à da madeira de teca quando se utilizaram as soluções de extrativos em água quente (AQ) e etanol absoluto (EA) testadas independente das dimensões das amostras tratadas. Isto pode ser explicado em função do *Pinus* sp. ser uma madeira de alta permeabilidade em função de suas características anatômicas (CHIMELO, 1986)

No entanto, foi possível observar que quando se utilizou a solução com a combinação destes dois extrativos, a retenção para a madeira de alburno de teca foi potencializada, alcançando valores próximos da retenção da madeira de pinus, e alcançou médias superiores nas amostras tratadas com as dimensões para os ensaios de alimentação forçada a térmitas (Figura 15C) e com térmitas de madeira seca (Figura 15E), com valores de 24,24 e  $25,11 \text{ kg m}^{-3}$  respectivamente. Desta forma, por ter alcançado valores semelhantes nas duas espécies e maiores quando comparado às outras soluções, a solução com a combinação dos extrativos pode vir a garantir melhores resultados de durabilidade natural nas madeiras tratadas.

Figura 15 – Retenção de extrativos nas amostras tratadas em função da espécie, tipo de extrativo e dimensão dos corpos de prova.



em que: AQ; EA; e AQ+EA: Tratamento com extrativos em água quente; etanol absoluto; e combinação dos extrativos (1:1). (A – Ensaio apodrecimento acelerado; B – Ensaio fungo podridão mole; C; D; e E – Ensaio térmitas alimentação forçada; preferência alimentar; e com térmitas madeira seca.)

## 4.4 INFLUÊNCIA DOS EXTRATIVOS NOS PADRÕES COLORIMÉTRICOS DAS MADEIRAS

### 4.4.1 Sistema Munsell

Na classificação de cor atribuída pelo sistema de Munsell para a madeira em função da espécie e dos tratamentos realizados, a madeira de alburno de teca sem o tratamento preservativo (controle) foi classificada pela cor amarelo pálido, com 5Y para o valor de “Matiz”, 8 para a escala de “Valor” e 3 para “Croma” (Tabela 7).

Tabela 7 – Comparação dos valores e classificação da cor da madeira pelo sistema de Munsell em função da espécie e tratamento atribuído.

Espécie	Tratamento	Sistema Munsell			
		Matiz	Valor	Croma	Classificação
Alburno teca	Controle	5Y	8	3	Amarelo pálido
	AQ	5Y	7	2	Cinza claro
	EA	2,5Y	7	4	Amarelo pálido
	AQ+EA	2,5Y	6	4	Marrom amarelado claro
Cerne teca 10 anos		7,5YR	6	6	Amarelo avermelhado
Cerne teca 20 anos		10YR	5	4	Marrom amarelado
<i>Pinus</i> sp.	Controle	2,5Y	8	3	Amarelo pálido
	AQ	10YR	6	3	Marrom pálido
	EA	10YR	6	6	Amarelo amarronzado
	AQ+EA	10YR	6	4	Marrom amarelado claro

em que: AQ; EA; e AQ+EA: Tratamento com extrativos em água quente; etanol absoluto; e combinação dos extrativos (1:1).

A madeira de alburno de teca tratada com extrativos do cerne de teca obtidos em água quente recebeu a classificação de cinza clara, notou-se que esta classificação foi atribuída em função da redução do “Valor” (7) e do “Croma” (2), que atingiu o valor mais baixo quando comparado aos outros tratamentos.

Os tratamentos com extrativos em etanol absoluto e combinação dos extrativos solúveis em água quente e etanol absoluto foram avaliados com 2,5Y para o atributo “Matiz”, para a atributo “Valor” o tratamento com a combinação de extrativos obteve o menor valor para a madeira de alburno tratada (6). Para estes dois últimos tratamentos o valor do “Croma” foi o mesmo (4), tendo a cor para o alburno de teca tratado com a combinação de extrativos sido classificada como marrom amarelado claro.

A madeira de cerne com 10 anos de idade, empregada também como padrão de comparação, foi classificada de cor amarelo avermelhado, obtendo “Matiz” de 7,5YR, que significa combinação de 75% de amarelo e 25% de vermelho. Para esta madeira a escala de “Valor” e “Croma” foi de 6. Para o atributo “Croma” que indica a saturação esta madeira recebeu a maior classificação.

A madeira de cerne de *Tectona grandis* com 20 anos de idade foi classificada como de cor marrom amarelada. Para o “Matiz” foi atribuído a esta madeira o valor 10YR, 5 para “Valor”, o que foi considerado o menor valor, indicando o menor valor de luminosidade entre todos os tratamentos e para o atributo “Croma” foi atribuído o valor 4.

Thulasidas, Bhat e Okuma (2006) analisaram, pelo sistema de Munsell, a cor do cerne da madeira de teca com 35 anos de idade para três localidades na Índia. A cor da madeira foi avaliada para os parâmetros “Matiz”, “Valor” e “Croma”, em que recebeu classificação média de 8,9YR, 5,26 e 3,73 para os três parâmetros, respectivamente. Estes valores estão próximos da classificação recebida pela madeira do cerne de teca de 20 anos utilizada neste estudo.

De acordo com a análise visual pela tabela de cores de Munsell, o tratamento com a combinação de extrativos (AQ+EA) foi o que proporcionou a maior alteração da cor da madeira do alburno de teca, atingindo a classificação “Marrom amarelado claro” sendo a que mais se aproximou da coloração do cerne de teca com 20 anos (Marrom amarelado).

Na Figura 16 podem ser visualizadas as alterações colorimétricas provocadas na madeira em função do tratamento com extrativos de teca, além das amostras controle (sem tratamento preservativo) e do cerne de teca.

Figura 16 – Aspecto visual das madeiras de alburno de teca e pinus em função do tratamento com extrativos, além das madeiras de cerne utilizadas como padrão de comparação.



em que: C - Controle (sem tratamento); AQ – Tratamento com extrativo em água quente; EA - Tratamento com extrativo em etanol absoluto; e AQ+EA - Tratamento com a combinação dos tratamentos anteriores. Para a madeira de cerne, C-10 e C-20: madeira de cerne de teca de 10 e 20 anos de idade, respectivamente.

A madeira de pinus sem o tratamento (controle) foi classificada de coloração amarelo pálido da mesma forma que o alburno de teca sem tratamento, porém, com 2,5Y para o valor de “Matiz”. Já a madeira de pinus tratada com extrativos do cerne



da teca em água quente recebeu a classificação de marrom pálido com um aumento da tonalidade para 10YR e redução da luminosidade para 6, e o valor do “Croma” não foi alterado.

Para os demais tratamentos (EA e AQ+EA), a madeira de pinus foi classificada como amarelo amarronzado e marrom amarelado claro, respectivamente, em que houve um aumento do parâmetro “Croma” para 6 e 4, respectivamente. Visualmente estes dois tratamentos foram os que mais proporcionaram um ganho de tonalidade amarronzada à madeira de pinus e permitiram que a cor da madeira de *Pinus* sp. se distinguisse mais das suas amostras controle (sem tratamento) do que das amostras do cerne da teca com 10 e 20 anos.

A avaliação da cor em função da escala de Munsell permitiu de forma visual a percepção notável da diferença de cor em função dos tratamentos realizados. Porém, é uma interpretação embasada na análise visual, em que sua avaliação que pode ser influenciada pelo julgamento pessoal da cor, necessitando de métodos com maior exatidão para integrar, e realizar classificações mais sensíveis da cor (CAMARGOS; GONÇALEZ, 2001). O sistema CIE-L\*a\*b\* é um método quantitativo de leitura da cor, preciso e objetivo, em que diferenças mais sensíveis podem ser detectadas, permitindo comparações em níveis dentro e entre espécies e a nível de local (THULASIDAS; BHAT; OKUMA, 2006).

#### **4.4.2 Sistema de cor CIE-L\*a\*b\***

As análises de variância (Apêndice A, Tabela 1A) indicaram diferença significativa para os valores das coordenadas L\*, a\* e b\*, e a variação total dos tratamentos e das madeiras de cerne em relação às amostras controle ( $\Delta E^*$ ). A comparação das médias para cada situação testada e as variações em relação a amostra controle ( $\Delta L^*$ ;  $\Delta a^*$ ;  $\Delta b^*$ ; e  $\Delta E^*$ ) pode ser observada na Tabela 8.

Notou-se, que para ambas espécies, houve uma redução significativa da coordenada L\* quando comparada com as amostras tratadas e as de cerne. Ainda para ambos os casos, não houve diferença desta coordenada entre os tratamentos e

o cerne de teca de 10 anos de idade, diferindo apenas com relação ao cerne de teca de 20 anos de idade.

Com relação à madeira de alburno de teca, Lopes et al. (2014a) encontraram uma redução média da luminosidade (coordenada  $L^*$ ) de 74,42 para 63,12 quando a madeira foi modificada termicamente a 180 °C. Esta redução provocada pela modificação térmica realizada por Lopes et al. (2014a) é semelhante aos efeitos obtidos para os tratamentos realizados com extrativos neste trabalho, em que os tratamentos em extrativo em água quente, etanol absoluto e combinação dos extrativos provocaram um escurecimento das amostras, reduzindo a coordenada  $L^*$  de 75,04 para 60,42; 62,82; e 60,72 ( $\Delta L^*$ : -14,59; -12,18; e -14,32) respectivamente, tornando-a estatisticamente igual para a luminosidade da madeira do cerne da teca de 10 anos de idade ( $\Delta L^*$ : -15,97).

Ao comparar a diferença da variável  $L^*$  entre o cerne e o alburno da madeira de teca de 12 anos de idade sem tratamento, Lopes et al. (2014b) encontraram variação semelhante ( $\Delta L^*$ : 14,70) as encontradas na variação entre o alburno de teca sem tratamento e o cerne de teca de 10 anos de idade (Tabela 8).

Tabela 8 – Valores das coordenadas colorimétricas e alterações provocadas pelos tratamentos em relação às amostras controle de cada espécie.

Espécie	Tratamento	$L^*$	$\Delta L^*$	$a^*$	$\Delta a^*$	$b^*$	$\Delta b^*$	$\Delta E^*$
Alburno teca	Controle	75,04 a	-----	3,97 d	-----	22,79 b	-----	-----
	AQ	60,46 b	-14,59	5,19 c	1,22	18,37 c	-4,42	15,68 b
	EA	62,86 b	-12,18	7,61 b	3,63	25,37 a	2,58	13,50 b
	AQ+EA	60,72 b	-14,32	7,14 b	3,16	23,44 ab	0,65	14,87 b
-----								
	Cerne teca 10 anos	59,07 b	-15,97	10,97 a	7,00	25,47 a	2,68	17,98 ab
	Cerne teca 20 anos	53,75 c	-21,29	10,78 a	6,81	22,47 b	0,32	22,49 a
<i>Pinus</i> sp.	Controle	83,87 a	-----	4,16 c	-----	22,19 b	-----	-----
	AQ	62,46 b	-21,41	7,94 b	3,78	22,49 b	0,30	21,84 c
	EA	60,41 b	-23,46	7,82 b	3,66	25,77 a	3,58	24,16 bc
	AQ+EA	60,66 b	-23,21	7,78 b	3,62	24,57 a	2,38	23,75 bc
-----								
	Cerne teca 10 anos	59,07 b	-24,80	10,97 a	6,82	25,47 a	3,28	26,08 b
	Cerne teca 20 anos	53,75 c	-30,12	10,78 a	6,62	22,47 b	0,29	30,88 a

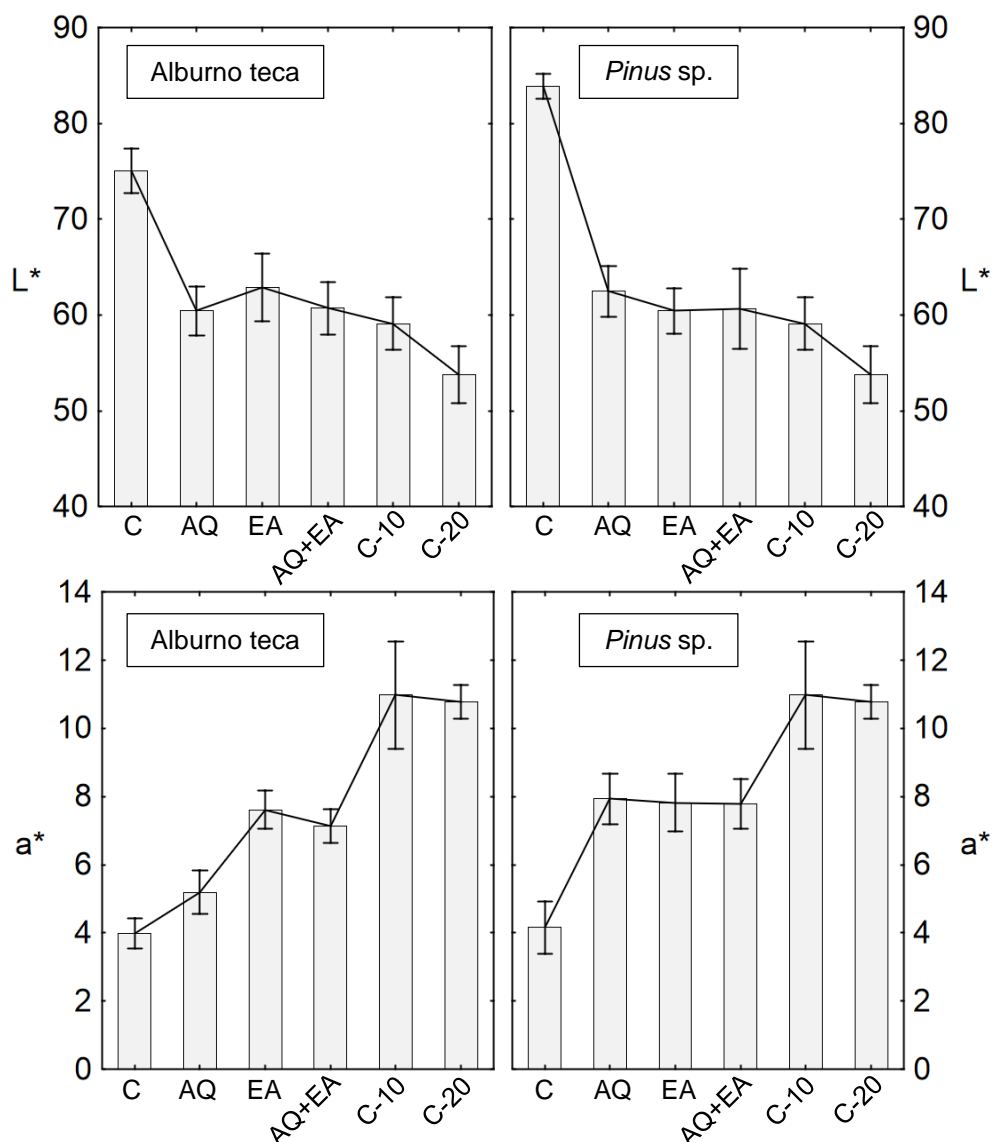
As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si (Tukey  $p > 0,05$ ). Em que: AQ; EA; e AQ+EA: Tratamento com extrativos em água quente; etanol absoluto; e combinação dos extrativos (1:1).

Para a madeira de pinus, a variação da luminosidade ( $\Delta L^*$ ) que os tratamentos provocaram em relação à amostra controle foram superiores quando comparado aos

das alterações provocadas no alburno de teca. Isto ocorreu em função dos tratamentos terem reduzido a luminosidade para valores semelhantes aos obtidos no alburno de teca e em razão da madeira de pinus ser mais clara ( $L^*$ : 83,87).

Como a coordenada  $L^*$  não diferiu entre os tratamentos, pode-se dizer que os mesmos provocaram uma redução média de 22,70. Efeitos semelhantes foram obtidos por Silva (2012) ao analisar no sentido radial a cor da madeira de *Pinus taeda* modificada termicamente, onde houve um escurecimento da cor com a redução média para a variável  $L^*$  de 5,82; 18,58; e 27,23 para as temperaturas de 160, 180 e 200 °C, respectivamente. Na Figura 17 é possível visualizar a redução de  $L^*$  para as amostras tratadas.

Figura 17 – Coordenada  $L^*$  e  $a^*$  das amostras de alburno de teca e pinus em função dos tratamentos.



Em que: AQ; EA; e AQ+EA - Tratamento com extrativos em água quente; etanol absoluto; e combinação dos extrativos; C-20 - Cerne de teca com 20 anos de idade

Para a coordenada  $a^*$  (tonalidade vermelha), de forma semelhante à coordenada  $L^*$ , as amostras controle diferiram quando comparadas às amostras tratadas e de cerne. Para o alburno de teca, os tratamentos que alcançaram o aumento mais expressivo dos valores de  $a^*$  (Figura 17) foram aqueles com extrativos em etanol absoluto (EA) ( $\Delta a^*$ : 3,63) e a combinação de extrativos em etanol absoluto e água quente (AQ+EA) ( $\Delta a^*$ : 3,16), porém os valores desta coordenada foi superior nas madeiras de cerne para as duas idades com variações ( $\Delta a^*$ ) de 7,00 e 6,81, respectivamente.

Lopes et al. (2014a) encontraram um aumento ( $\Delta a^*$ ) médio 3,61 para o alburno de teca modificado termicamente a 180 °C. Notou-se que os tratamentos EA e AQ+EA provocaram efeito semelhante ao observado por Lopes et al. (2014a) no aumento do  $\Delta a^*$  com a modificação térmica da madeira. Já para a termorretificação a 200 °C o aumento médio encontrado por Lopes et al. (2014a) para coordenada  $a^*$  ( $\Delta a^*$ ) foi de 4,88. Quando foi comparada a diferença média da tonalidade vermelha ( $\Delta a^*$ ) entre o cerne e alburno sem tratamentos térmicos, Lopes et al. (2014b) encontraram uma diferença de 5,23, próxima da variação obtida entre as amostras controle e do cerne de 20 anos (6,81).

Os tratamentos aumentaram significativamente os valores da coordenada  $a^*$  da madeira de pinus ( $a^*$ : 4,16), este aumento não diferiu entre os tratamentos. Analogamente aos tratamentos EA e AQ+EA para o alburno de teca, os tratamentos AQ; EA; e AQ+EA, produziram aumentos de 3,78; 3,66; e 3,62, respectivamente. Esses aumentos são valores intermediários aos encontrados por Silva (2012), quando comparada a mudança da cor da madeira de *Pinus taeda* provocada pela termorretificação nas temperaturas de 160 e 180 °C, em que os aumentos médios do pigmento vermelho ( $\Delta a^*$ ) foram na ordem de 2,62 e 4,82, respectivamente.

Quanto a tonalidade amarela ( $b^*$ ), houve uma redução de 19,4% para o alburno de teca comparado com o tratamento na solução de extrativos em água quente ( $\Delta b^*$ : -4,42). Notou-se que a madeira de cerne de 20 anos de idade obteve valores semelhantes ao alburno sem tratamento, não diferindo estatisticamente. Já a madeira de cerne com 10 anos proporcionou valores superiores de pigmento amarelo ( $b^*$ ), tendo o tratamento com extrativos em etanol absoluto (EA) conseguido equiparar-se com a madeira de cerne com 10 anos para esta coordenada colorimétrica. O tratamento com a combinação dos extrativos alcançou valor intermediário entre os dois cernes, não diferindo destes.

Na madeira de pinus, os valores para a coordenada  $b^*$  foram semelhantes ao alburno de teca e também não diferiu da madeira de cerne de 20 anos de idade. O tratamento com extrativos em água quente não alterou os valores para esta coordenada. Já os tratamentos EA e AQ+EA conseguiram equiparar-se ao valor de pigmento amarelo ( $b^*$ ) obtido na madeira de cerne de 10 anos de idade.

Considerando a variação total dos tratamentos e das amostras de cerne em relação às amostras controle, no caso do alburno de teca, as variações totais produzidas ( $\Delta E^*$ ) foram iguais entre os tratamentos diferindo apenas da variação de cor entre o cerne de 20, que foi superior ( $\Delta E^*$ : 22,49). O cerne de 10 anos de idade variou de forma intermediária em relação aos tratamentos e quando comparado ao de 20 anos. Já para a madeira de pinus, os tratamentos EA e AQ+EA variaram de forma intermediária, não diferindo da variação do tratamento com extrativos em água quente e do cerne de 10 anos de idade. O cerne de 20 anos obteve a maior variação total da cor para a madeira de pinus, diferindo estatisticamente dos demais.

Notou-se que os tratamentos atingiram valores semelhantes para as três coordenadas colorimétricas, tanto no alburno de teca quanto na madeira de pinus. Em função da madeira de pinus ser mais clara que o alburno de teca, as variações totais dos tratamentos foram maiores para a madeira de pinus, o que indica uma mudança mais expressiva da cor. Utilizando a comparação realizada por Hikita, Toyoda e Azuma (2001) na Tabela 2, todos os tratamentos proporcionaram uma classificação da variação total acima da categoria “Muito apreciável”, o que indica a expressiva mudança da cor, sendo maior para a madeira de pinus como já foi discutido no parágrafo anterior.

Foram avaliadas também as diferenças para as três coordenadas colorimétricas e a variação total utilizando como comparação o cerne de 10 e 20 anos de idade, a fim de verificar qual tratamento proporcionou a menor variação total da cor quando comparado a madeira de cerne. A análise de variância indicou diferença significativa da variação total da cor entre os tratamentos apenas para a comparação das amostras de alburno de teca em relação ao cerne de teca com 10 anos de idade (Apêndice A, Tabela 2A). A comparação entre as médias se encontra na Tabela 9.

Tabela 9 – Variações provocadas pelos tratamentos em comparação com as amostras de cerne de teca com 10 e 20 anos de idade.

Espécie	Tratamento	$\Delta$ - Cerne 10 anos				$\Delta$ - Cerne 20 anos			
		$\Delta L^*_{C10}$	$\Delta a^*_{C10}$	$\Delta b^*_{C10}$	$\Delta E^*_{C10}$	$\Delta L^*_{C20}$	$\Delta a^*_{C20}$	$\Delta b^*_{C20}$	$\Delta E^*_{C20}$
Alburno teca	AQ	1,38	-5,78	-7,10	10,12 a	6,70	-5,59	-4,11	10,37
	EA	3,78	-3,37	-0,10	6,28 b	9,10	-3,17	2,90	10,47
	AQ+EA	1,64	-3,84	-2,03	6,00 b	6,96	-3,64	0,96	8,44
<i>Pinus</i> sp.	AQ	3,39	-3,04	-2,99	6,94	8,71	-2,84	0,01	9,67
	EA	1,34	-3,15	0,30	5,30	6,66	-2,96	3,30	8,69
	AQ+EA	1,58	-3,19	-0,90	7,12	6,90	-3,00	2,09	8,34

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si (Tukey  $p > 0,05$ ). Em que: AQ; EA; e AQ+EA: Tratamento com extrativos em água quente; etanol absoluto; e combinação dos extrativos (1:1).

De acordo com a Tabela 9, é possível observar que, para ambas espécies, a variação total da cor ( $\Delta E^*$ ) foi menor quando comparada ao cerne de 10 anos de idade. Para este cerne, as alterações provocadas pelos tratamentos no alburno de teca diferiram entre si, tendo os tratamentos EA ( $\Delta E^*$ : 6,28) e AQ+EA ( $\Delta E^*$ : 6,00) proporcionado as menores variações, em que neste último a variação total da cor foi classificada como apreciável de acordo com a Tabela 2. Quando comparado ao cerne de 20 anos, não houve diferença estatística entre as variações provocadas pelos tratamentos no alburno de teca, tendo essas variações totais da cor variado entre 10,37; 10,47; e 8,44 para os tratamentos AQ; EA; e AQ+EA, respectivamente.

Para a madeira de pinus, não houve diferença estatística entre as variações totais da cor dos tratamentos, tanto para o cerne de 10 quanto para o de 20 anos de idade. O menor valor foi observado na comparação da madeira do cerne de 10 anos com a madeira de pinus tratada com os extrativos de teca em etanol absoluto ( $\Delta E^*$ : 5,30), em que a variação total da cor foi classificada como apreciável de acordo com a Tabela 2.

De forma geral, as madeiras tratadas, tanto o alburno de teca quanto a madeira de pinus alcançaram menores variações totais da cor quando comparadas ao cerne de 10 anos de idade, em que nos tratamentos AQ+EA para teca e EA para pinus a variação foi classificada como apreciável. Para os demais tratamentos e nas comparações com o cerne de 20 anos, as variações totais da cor foram maiores e classificadas como muito apreciável.

É possível afirmar, em função das variações causadas pelos tratamentos com extrativos, que as madeiras tratadas aproximaram-se mais da cor das madeiras de cerne do que das amostras controle das respectivas espécies, em que as variações dos tratamentos em comparação com as amostras controle foram maiores e bem mais expressivas, ficando fora da classificação limite disposta na Tabela 2.

Deste modo, o tratamento com a combinação dos extrativos obtidos em água quente e etanol absoluto produziu um escurecimento da cor original da madeiras de alburno de teca e *Pinus* sp. permitindo uma maior uniformidade da cor quando comparado as amostras de cerne, o que possivelmente agregaria valor a estas madeiras, já que a desuniformidade da cor entre cerne e alburno e coloração clara dessas madeiras são características indesejáveis no mercado.

## 4.5 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A FUNGOS XILÓFAGOS

### 4.5.1 Resistência a fungos de podridão parda e branca

Ao analisar os valores da perda de massa no ensaio de resistência a fungos, a análise de variância indicou diferença significativa em todas as situações testadas (Apêndice B, Tabela 3B). Na comparação dos valores médios da perda de massa (Tabela 10), notou-se que, de modo geral, para ambas as espécies, houve redução da perda de massa em função dos tratamentos testados. Quando submetido ao ataque do fungo *Postia placenta*, o alburno de teca sem tratamento (controle) obteve perda de massa de 13,44%. Quando tratada com extrativos obtidos em água quente houve uma redução da média de perda de massa em 11,23%, porém a perda de massa não diferiu da amostra controle. Já para o tratamento em que se empregou os extrativos obtidos em etanol absoluto (EA) houve um ganho significativo de resistência de 50,52%, quando comparado à amostra controle.

Tabela 10 – Perda de massa para cada fungo em função da espécie e tratamento.

Espécie	Tratamento	Perda de massa (%)			
		<i>P. placenta</i>	<i>G. trabeum</i>	<i>N. lepideus</i>	<i>T. versicolor</i>
Alburno teca	Controle	13,44 a	25,12 a	4,24 a	15,83 a
	AQ	11,93 a	21,12 a	2,39 b	10,82 b
	EA	6,65 b	7,93 b	2,51 b	12,10 b
	AQ+EA	5,32 b	5,51 b	3,20 ab	10,48 b
----- Cerne teca 20 anos		1,43 c	6,71 b	0,72 c	1,94 c
<i>Pinus</i> sp.	Controle	60,00 a	37,89 b	39,25 a	14,09 a
	AQ	55,82 a	43,49 b	37,50 a	11,43 a
	EA	37,99 b	59,79 a	17,49 b	5,89 b
	AQ+EA	41,25 b	57,43 a	20,98 b	10,92 a
----- Cerne teca 20 anos		1,43 c	6,71 c	0,72 c	1,94 b

As médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada espécie e fungos testados, não diferem estatisticamente entre si (Tukey  $p > 0,05$ ). Em que:

AQ; EA; e AQ+EA: Tratamento com extrativos em água quente; etanol absoluto; e combinação dos extrativos (1:1).

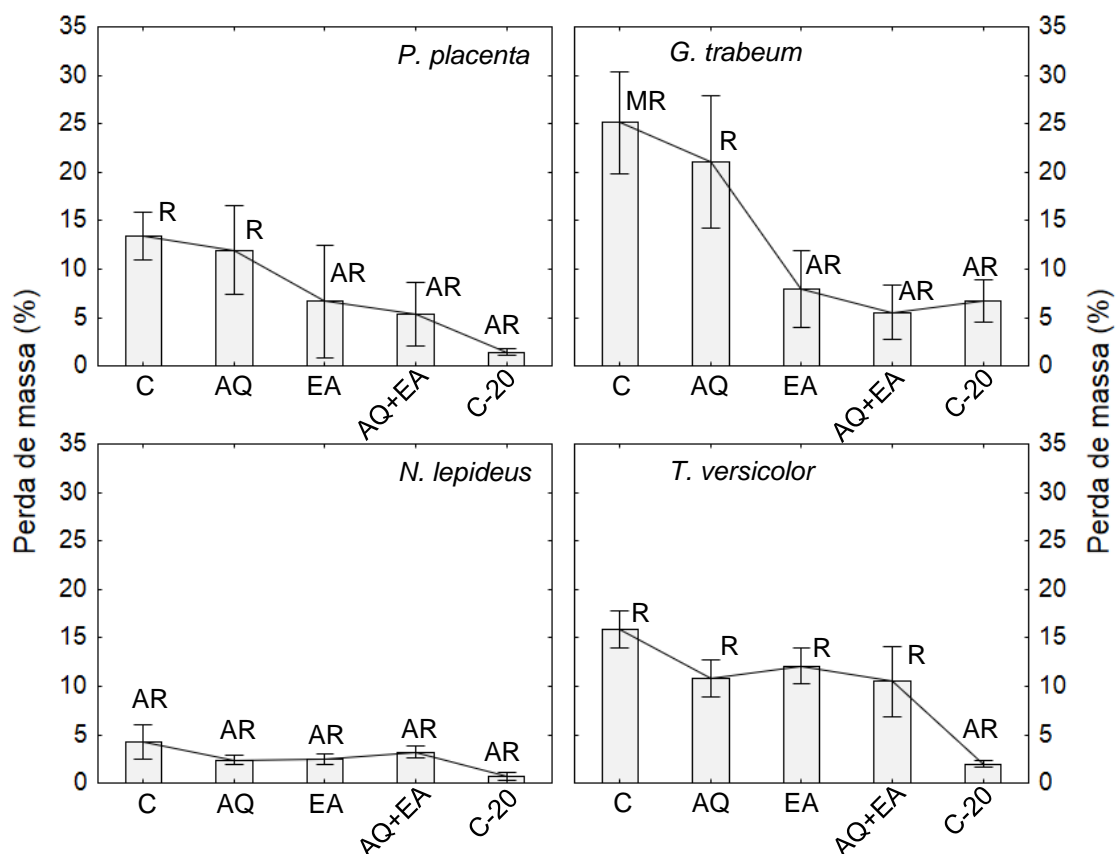
Ao utilizar a combinação dos dois extrativos (AQ+EA) é possível observar que neste caso o ganho de resistência foi de 60,41% quando comparado a perda de massa das amostras controle do alburno de teca, porém não houve diferença significativa em relação ao ganho de resistência das amostras tratadas com os extrativos obtidos em etanol absoluto (EA). Apesar da não significância, a menor perda de massa obtida com a combinação dos extratos (AQ+EA) sugere uma ação sinérgica entre os mesmos. Brand, Anzaldo e Moreschi (2006) citam o efeito sinérgico de substâncias utilizadas no tratamento alternativo da madeira, enfatizando que certos compostos quando utilizados isoladamente alteram pouco a resistência da madeira, porém, podem potencializar o ganho de resistência quando combinados com compostos mais eficazes.

O cerne de teca obteve a menor perda de massa (1,43%) e diferiu das amostras controle e tratadas para o ataque do fungo *P. placenta*. Apesar dos tratamentos não se compararem à perda de massa da madeira do cerne de teca com 20 anos, o alburno tratado com extrativos em etanol absoluto e a combinação dos extrativos entraram na classe de altamente resistentes ao ataque do fungo *P. placenta* de acordo com a Tabela 3 (Figura 18). Motta et al. (2013), ao trabalhar com a madeira de teca de 15 anos de idade, obtiveram resultados semelhantes aos encontrados



neste estudo para a resistência da posição externa do cerne da madeira de teca submetida ao ataque do fungo *P. placenta*. Valores similares também foram observados por Paes et al. (2007a).

Figura 18 – Perda de massa e classes de resistência do alburno de teca e seus respectivos tratamentos ao ataque de fungos xilófagos.



em que: AQ; EA; e AQ+EA - Tratamento com extrativos em água quente; etanol absoluto; e combinação dos extrativos; C-20 - Cerne de teca com 20 anos de idade.

AR; R; e MR – Altamente resistente; Resistente; e Moderadamente resistente (ASTM – D 2017, 2005).

O fungo *G. trabeum* proporcionou a maior perda de massa nas amostras controle de alburno de teca, que foi classificada como moderadamente resistente. Os tratamentos aumentaram a resistência ao ataque do fungo *G. trabeum* de forma similar ao fungo *P. placenta*, em que no tratamento com extrativos em água quente (AQ), a média de perda de massa representou um ganho numérico de resistência de 15,92%, porém não diferiu significativamente do controle.

Já nos tratamentos com EA e AQ+EA, a média da perda de massa representou um ganho de resistência de 68,43 e 78,06% ao ataque do fungo *G. trabeum*, respectivamente, quando comparado a amostra controle e os mesmos não diferiram entre si e da perda de massa do cerne de teca com 20 anos, sendo

classificados como de alta resistência de acordo com a ASTM D - 2017 (2005) (Figura 18). Apesar de não ser observada diferença significativa entre os tratamentos EA e AQ+EA, observa-se novamente a que a menor perda de massa foi obtida quando foram combinados os extrativos obtidos em água quente quando combinados com os extrativos em etanol absoluto, fazendo alusão ao efeito sinérgico citado para o fungo *P. placenta*.

Quanto ao ataque do fungo *N. lepideus*, é possível observar uma baixa perda de massa para o alburno de teca sem o tratamento (4,24%). Apesar disto, os tratamentos com extrativos em água quente e etanol absoluto diminuíram significativamente a perda de massa da madeira. Quando utilizada a solução de tratamento com a combinação dos extrativos, notou-se uma perda de massa intermediária entre os tratamentos anteriores e a amostra controle, não diferindo dos mesmos. A amostra de cerne com 20 anos diferiu dos demais tratamentos, alcançando perda de massa inferior a 1%. Em função da baixa perda de massa causada pelo *N. lepideus* todas as amostras foram classificadas como altamente resistentes (Figura 18).

A baixa perda de massa causada pelo fungo *N. lepideus* às amostras controle do alburno de teca, pode ser explicada pelo fato deste fungo ocorrer frequentemente em coníferas (SCHMIDT, 2006), sendo indicado para testar a resistência natural da madeira de coníferas pela ASTM D – 1413 (2005). No entanto, Motta et al. (2013) observaram perda de massa de 22,31% no alburno de teca com 15 anos para o fungo *N. lepideus*, o que contradiz os resultados encontrados.

Moya e Berrocal (2010) afirmaram que a resistência biológica do alburno de teca é variável e complexa, podendo ser influenciada entre a posição externa e interna do alburno, além disto, outros fatores como idade, local e condições de plantio afetam a resistência biológica (BHAT et al., 2005).

Os extrativos e componentes químicos variam entre o alburno até a zona de transição entre o cerne e alburno (LUKMANDARU; TAKAHASHI, 2008; MOYA; BERROCAL, 2010). De acordo com estes autores, a tectoquinona, um dos componentes que confere a durabilidade a madeira de teca, pode ser encontrada em níveis variáveis no alburno, podendo de alguma forma influenciar na sua resistência biológica.

O fungo *Trametes versicolor* causou perda de massa superior a 15% nas amostras controle do alburno de teca. Em relação a este fungo, os tratamentos com

extrativos não produziram efeitos semelhantes aos encontrados para os fungos *P. placenta* e *G. trabeum* que tornaram a madeira altamente resistente. Os tratamentos com extrativos em água quente, etanol absoluto e a combinação dos extrativos aumentaram significativamente o ganho da resistência em 31,65; 23,56; e 33,80%, respectivamente, permanecendo na mesma classe de resistência das amostras controle (Figura 18). Novamente o cerne de teca obteve alta resistência, diferindo das demais amostras.

Para a madeira de *Pinus* sp. submetida ao ataque do fungos *P. placenta* foi possível observar que as amostras controle obtiveram alta perda de massa, sendo classificada como não resistente. O tratamento com extrativos em água quente obteve menor média de perda de massa se comparado com as amostras controle, porém, não diferiu significativamente e não alterou a classe de resistência da madeira. Já os tratamentos com extrativos em etanol absoluto e a combinação dos extrativos proporcionaram um ganho significativo da resistência em 36,70 e 31,25%, respectivamente, quando comparados a amostra controle, classificando a madeira de *Pinus* sp. como moderadamente resistente (Figura 19). Os efeitos produzidos pelos extrativos foram diferentes com relação ao alburno de teca, indicando que a espécie utilizada teve grande influência na deterioração causada pelos fungos.

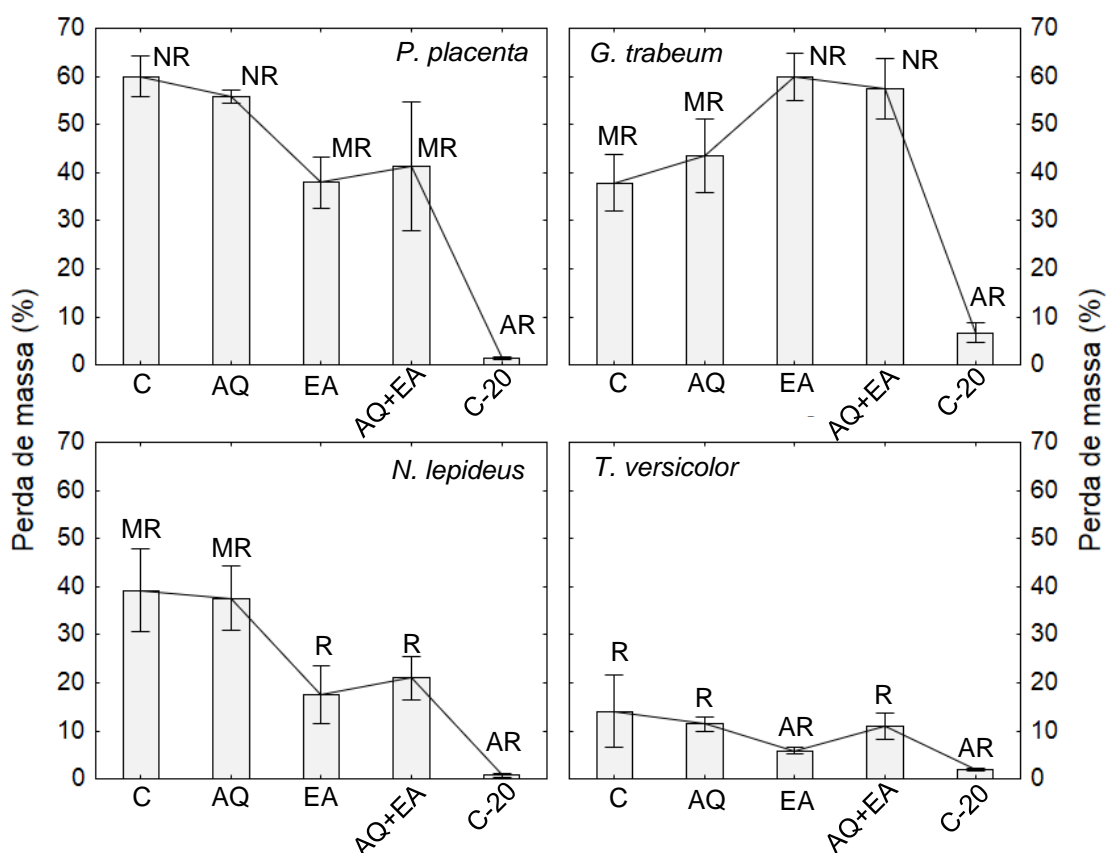
De forma geral, para a madeira de *Pinus* sp. não se observa a tendência de melhoria dos efeitos de proteção dos extrativos em água quente quando adicionados aos obtidos em etanol absoluto, tendo os extrativos em etanol absoluto apresentado os melhores resultados numéricos, com exceção para o fungo *G. trabeum*.

Em relação ao ataque do fungo *G. trabeum*, as amostras controle da madeira de *Pinus* sp. obtiveram resistência moderada (Figura 19) e o mesmo pôde ser observado para o tratamento com extrativos em água quente, em que não houve diferença significativa para a perda de massa. No entanto, no tratamentos subsequentes, com extrativos em etanol absoluto e a combinação de extrativos em água quente e etanol absoluto, a madeira de *Pinus* sp. alcançou perda significativa de resistência e foi classificada como não resistente.

De maneira oposta aos demais tratamentos e fungos testados, os extrativos em etanol absoluto e a combinação de extrativos em água quente e etanol absoluto não acrescentaram resistência à madeira de pinus frente ao ataque do fungo *G. trabeum*, além disto, foi observado uma perda de resistência.

Neste caso, isto pode ter ocorrido em função das soluções alcoólica e hidroalcoólica, além de não inibirem o ataque fúngico, terem solubilizado algum componente químico, por exemplo resinas (SARTO; SANSIGOLO, 2010), durante o tratamento das amostras, o que pode ter influenciado negativamente na sua resistência.

Figura 19 – Perda de massa e classes de resistência da madeira de pinus e seus respectivos tratamentos ao ataque de fungos xilófagos.



em que: C – Controle. AQ; EA; e AQ+EA - Tratamento com extrativos em água quente; etanol absoluto; e combinação dos extrativos; C-20 - Cerne de teca com 20 anos de idade. AR; R; MR; e NR – Altamente resistente; Resistente; Moderadamente resistente; e Não resistente (ASTM – D 2017, 2005).

Para o fungo *N. lepideus*, a perda de massa para a amostra controle foi classificada de moderada resistência (Figura 19). De forma semelhantes aos outros tratamentos, as amostras de *Pinus* sp. tratadas com extrativos em água quente não diferiram das amostras controle (Tabela 10). Já os tratamentos com extrativos em etanol absoluto e a combinação de extrativos promoveram ganhos significativos de resistência de 55,44 e 46,55%, respectivamente, e não diferiram entre si.

A resistência a fungos xilófagos da madeira de pinus tratada com os extrativos obtidos do cerne da madeira de teca não foi comparável à resistência da madeira do cerne de teca de 20 anos, com exceção para o ataque do fungo *T. versicolor*.

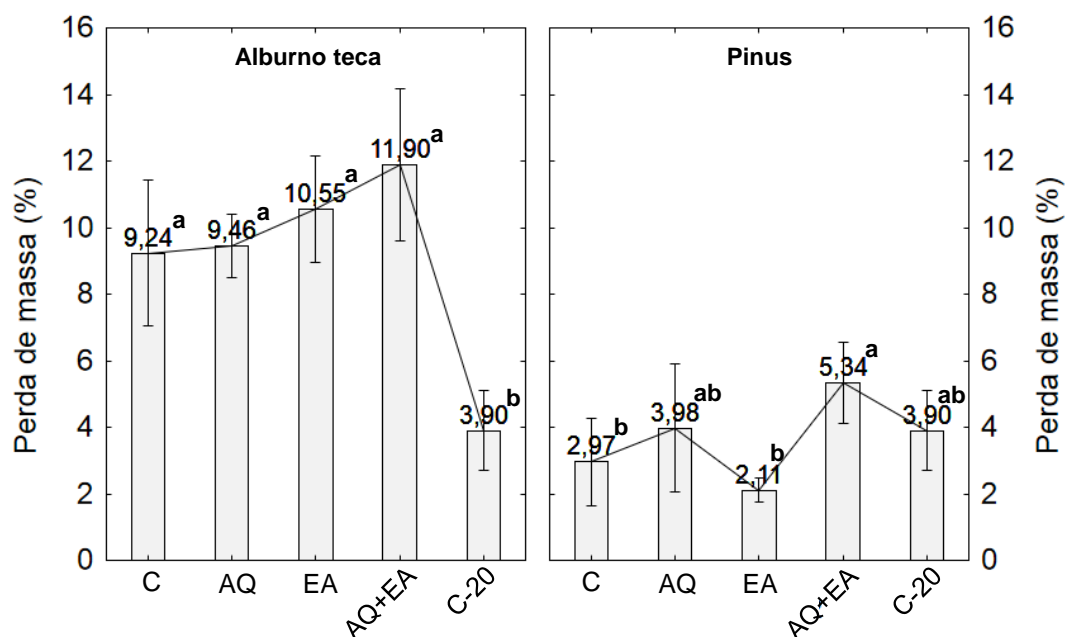
No ataque do *T. versicolor*, as perdas de massa da madeira de *Pinus* sp. foram menores quando comparada aos outros fungos testados, sendo classificada como resistente nas amostras controle (Figura 19). Neste caso, único ganho significativo de resistência foi para o tratamento com extrativos em etanol absoluto, que proporcionou um ganho de resistência de 58,20% quando comparado às amostras controle, sendo classificado como altamente resistente e não diferindo estatisticamente da perda de massa das amostras de cerne.

De acordo com Zabel e Morrell (1992) e Schmidt (2006), a baixa perda de massa causada pelo fungo *T. versicolor* nas amostras controle de pinus, comparado ao ataque dos outros fungos testados, é explicada em função do mesmo ser um fungo causador da podridão branca, que quando comparados aos de podridão parda, têm menor aptidão para atacar madeira de coníferas, sendo mais ávidos em madeira de folhosas.

#### **4.5.2 Resistência a fungos de podridão mole**

Ao avaliar a resistência das madeiras tratadas ao ataque dos fungos de podridão mole (Figura 20), foi observado que os tratamentos com as soluções de extrativos não inibiram o ataque desta classe de fungos, tendo a resistência do alburno de teca para os tratamentos com extrativos em água quente, etanol absoluto e a combinação de extrativos sido estatisticamente igual nas amostras controle. As amostras do cerne de teca com 20 alcançaram a menor perda de massa (3,90%) e diferiram significativamente das amostras controle do alburno de teca e dos tratamentos testados. O resumo das análises de variância está contido na Tabela 4B, Apêndice B.

Figura 20 – Perda de massa para as amostras de alburno de teca e pinus em função do tratamento e do ataque de fungos de podridão mole.



As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si (Tukey  $p > 0,05$ ).

Em que: AQ; EA; e AQ+EA: Tratamento com extrativos em água quente; etanol absoluto; e combinação dos extrativos (1:1). C-20 - Cerne de teca com 20 anos de idade

Para a madeira de *Pinus* sp., é possível observar que a degradação foi inferior ao alburno da teca, variando entre 2 e 5% de perda de massa, semelhante a perda de massa para as amostras de cerne da teca. Notou-se que os tratamentos não aumentaram a resistência da madeira, tendo a maior perda de massa sido alcançada para o tratamento com a combinação de extrativos. De acordo com o método proposto pelo IPT/DIMAD D-5 (1980), apenas perdas de massa iguais ou maiores que 3% devem ser consideradas evidência de ataque pelos fungos de podridão mole.

A baixa perda de massa da madeira de pinus comparado ao alburno da teca pode ser explicada em função das madeiras de coníferas serem mais resistentes ao ataque de fungos de podridão mole do que as folhosas. Segundo Oliveira et al. (1986), Schmidt (2006) e Singh et al. (2006), a deterioração por este tipo de fungo de podridão é afetada em função da quantidade e do tipo de lignina presente na madeira. Portanto, em razão da maior quantidade e por apresentar uma lignina mais rica em grupos guaiacil, a lignina da madeira de coníferas representa uma barreira física e química ao ataque deste tipo de fungo de podridão, quando comparada à madeira de folhosas, que possui menor teor e ligninas mais ricas em grupos siringil.

De acordo com Lukmandaru (2013), certos extrativos da madeira de teca têm se mostrados eficientes na inibição do crescimento de fungos de podridão parda e

branca, no entanto são escassas as pesquisas que estudam o efeito inibitório destes componentes químicos no crescimento de fungos manchadores e de podridão mole. Em função dos fatos expostos, Lukmandaru (2013) estudou, em meio de cultura BDA, o efeito inibitório dos extrativos da madeira de teca com 72 anos de idade ao fungo de podridão mole *Chaetomium globosum*. O referido autor obteve efeito inibitório considerável do crescimento fúngico apenas para os extrativos obtidos em hexano.

Lukmandaru (2013) também avaliou as atividades antifúngicas de componentes isolados dos extratos (tectoquinona, deoxylapachol e esqualeno) em função de serem atribuídas a estes compostos a elevada durabilidade da madeira de teca. Os componentes isolados foram capazes de inibir o crescimento em fungos de podridão branca e parda, porém nenhum dos compostos foi considerado inibitório para o crescimento do fungo de podridão mole *Chaetomium globosum*, o que corrobora com os resultados obtidos para esta pesquisa, indicando que os tratamentos com extrativos obtidos em água quente e etanol absoluto não influenciaram na resistência das madeiras.

A capacidade de adaptação dos fungos de podridão mole também foi observada por Oliveira et al. (1986), Kim et al. (2007) e Bridžiuvienė e Raudonienė (2013), em que foi notado o ataque em madeiras tratadas com preservativos convencionais como por exemplo o Arseniato de Cobre Cromatado (CCA), indicando a capacidade deste tipo de fungo em detoxificar alguns preservativos utilizados.

## 4.6 ENSAIO DE RESISTÊNCIA A TÉRMITAS XILÓFAGOS

### 4.6.1 Ensaio de alimentação forçada a térmitas subterrâneas

De acordo com o resumo da análise de variância, contida na Tabela 5C do Apêndice C, houve diferença significativa para a perda de massa, desgaste e tempo para morte dos térmitas entre os tratamentos e espécies testadas. Na análise da perda de massa, desgaste e tempo para a morte dos térmitas, a comparação entre as médias (Tabela 11) indicou que, tanto para o alburno de teca quanto para a madeira

de *Pinus* sp., houve um ganho significativo de resistência. Em nenhuma situação os térmitas sobreviveram até o término do ensaio, alcançando 100% de mortalidade de acordo com o tempo (dias) descrito na Tabela 11.

As amostras de alburno de teca tratadas com extrativos em água quente obtiveram resistência 13,45% maior quando comparado a média da amostras controle, porém não diferiram significativamente entre si. As amostras tratadas com extrativos em etanol absoluto e a combinação de extrativos diferiram significativamente do tratamento anterior, porém não diferiram entre si, apresentando ganhos de resistência de 42,48 e 37,02%, respectivamente, em comparação com amostras controle.

Tabela 11 – Perda de massa, desgaste e tempo para a morte dos térmitas em função da espécie e tratamento.

<b>Espécie</b>	<b>Tratamento</b>	<b>Perda de massa (%)</b>	<b>Desgaste (notas)</b>	<b>Tempo para morte (dias)</b>
Alburno teca	Controle	7,51 a	8,80 b	15,50 a
	AQ	6,50 a	8,80 b	13,00 ab
	EA	4,32 b	9,18 b	11,30 b
	AQ+EA	4,73 b	9,70 a	7,30 c
----- Cerne teca 20 anos		1,16 c	9,72 a	15,20 a
<i>Pinus</i> sp.	Controle	9,76 a	6,02 c	22,4 a
	AQ	6,90 b	7,62 b	19,10 b
	EA	3,35 c	9,52 a	8,50 d
	AQ+EA	4,01 c	9,50 a	9,40 d
----- Cerne teca 20 anos		1,16 d	9,72 a	15,20 c

As médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada espécie, não diferem estatisticamente entre si (Tukey  $p > 0,05$ ). Em que: AQ; EA; e AQ+EA: Tratamento com extrativos em água quente; etanol absoluto; e combinação dos extrativos (1:1). C-20 - Cerne de teca com 20 anos de idade

Com relação à classificação visual do desgaste provocado pelos térmitas, de acordo com a classificação da ASTM D – 3345 (2005) disposta na Tabela 4, as amostras controle do alburno de teca permitiram um ataque próximo do leve, em que não houve penetração dos térmitas nos corpos de prova. O mesmo nível de padrão foi observado para as amostras tratadas com extrativos em água quente. Para as amostras tratadas com extrativos em etanol absoluto houve um pequeno aumento da



nota atribuída ao desgaste, porém não diferiu significativamente da avaliação da amostra controle. O desgaste das amostras tratadas com a combinação de extrativos não diferiu das amostras do cerne de teca com 20 anos de idade, as quais foram atribuídas a maior nota, evidenciando um ataque próximo do sadio, em que são permitas apenas escarificações superficiais.

As amostras controle de alburno da teca foram as que permitiram o maior tempo de sobrevivência dos térmitas, não diferindo estatisticamente das amostras do cerne. No entanto, os tratamentos com extrativos, com exceção do tratamento com os extratos obtidos em água quente (AQ), reduziram significativamente o tempo de sobrevivência dos térmitas. Notou-se o tratamento com extrativos em etanol absoluto provocou uma redução de 27% no tempo para morte dos térmitas e o menor tempo foi obtido para o tratamento com a combinação dos extrativos em água quente e etanol absoluto, representando uma redução de aproximadamente 53% no tempo de sobrevivência dos térmitas.

Desta forma, pode-se afirmar que os extratos citados atuaram de forma acentuada na diminuição do tempo para a morte dos térmitas. Notou-se que nas amostras de cerne o tempo para morte dos térmitas não difere das amostras controle de alburno de teca, no entanto, quando os extratos são impregnados na madeira, possivelmente os mesmos estiveram mais disponíveis e expostos aos térmitas, ocasionando a diminuição acentuada do tempo de vida dos térmitas.

Para as amostras de *Pinus* sp., as perdas de massa alcançadas foram semelhantes às produzidas para as amostras do alburno de teca tratado. Em razão da perda de massa das amostras controle ter sido maior que as da amostra controle do alburno de teca, os ganhos de resistência para a madeira de *Pinus* sp. foram superiores.

O tratamento com extrativos em água quente diferiu das amostras controle proporcionando um ganho de resistência de 29,30%. Já os tratamentos com extrativos em etanol absoluto e a combinação dos extrativos diferiram dos tratamentos anteriores, proporcionando ganhos de resistência de 65,67 e 58,91% respectivamente, e de forma semelhante ao alburno da teca, não alcançaram a resistência exibida pelo cerne.

O maior desgaste foi avaliado para as amostras de *Pinus* sp. sem tratamento, em que o ataque foi classificado como intermediário entre o intenso e moderado. O desgaste das amostras de *Pinus* sp. tratadas com extrativos em água quente diferiu

das amostras controle reduzindo o desgaste para moderado. Nos tratamentos com extrativos em etanol absoluto e a combinação dos extrativos o desgaste foi reduzido significativamente em relação aos tratamentos anteriores e não diferiu das amostras do cerne da teca.

O menor tempo para morte dos térmitas nas amostras de *Pinus* sp. foi obtido para os tratamentos com extrativos em etanol absoluto e a combinação dos extrativos, promovendo uma redução de 62 e 58%, respectivamente, quando comparado ao tempo para a morte dos térmitas obtido nas amostras de *Pinus* sp. sem tratamento (controle), que representou 80% do tempo total de duração do ensaio (28 dias). Notou-se novamente a ação acentuada dos extrativos na diminuição do tempo para morte dos térmitas, alcançando valores semelhantes aos obtidos no alburno de teca tratado.

Rudi et al. (2012) testaram a eficácia de vários extrativos do cerne da madeira de teca, com idades variando de 30 a 79 anos, contra o ataque do térmita subterrâneo *Coptotermes curvignathus*. Estes autores utilizaram discos de papel filtro para a impregnação dos extrativos e testaram concentrações variando de 2 a 10% e obtiveram, de forma geral, os melhores resultados para as extrações em acetona:água (9:1).

De acordo com os autores citados anteriormente, para a concentração de 4%, houve uma inibição da perda de massa em 43,88% para os extrativos em acetona:água (9:1) obtidos da madeira com idade de 30 a 39 anos. Já para os extrativos em acetona:água (9:1) obtidos do cerne com 70 a 79 anos, esta inibição foi de 66,67%. Quanto utilizaram os extratos obtidos pela combinação etanol:água (8:2), a inibição da perda para idades citadas foi de 20,5 e 36,98%, respectivamente. Embora Rudi et al. (2012) não tenham utilizado estes extrativos para o tratamento da madeira, os resultados obtidos corroboram para os encontrados neste estudo, ressaltando a possibilidade de que extrativos obtidos em outros solventes orgânicos não utilizados neste trabalho podem vir a garantir melhores resultados de resistência ao ataque de xilófagos nas madeiras tratadas.

#### 4.6.2 Ensaio de preferência alimentar a térmitas subterrâneos

As análises estatísticas indicaram diferença significativa para a perda de massa e desgaste avaliado no ensaio de preferência alimentar (Apêndice C, Tabela 6C). Na comparação entre as médias de perda de massa (Figura 21A) e desgaste (Figura 21B), notou-se que, quando o conjunto de amostras (espécies e tratamentos) foram oferecidos aos térmitas, ocorreu preferência ao ataque da madeira de *Pinus* sp.

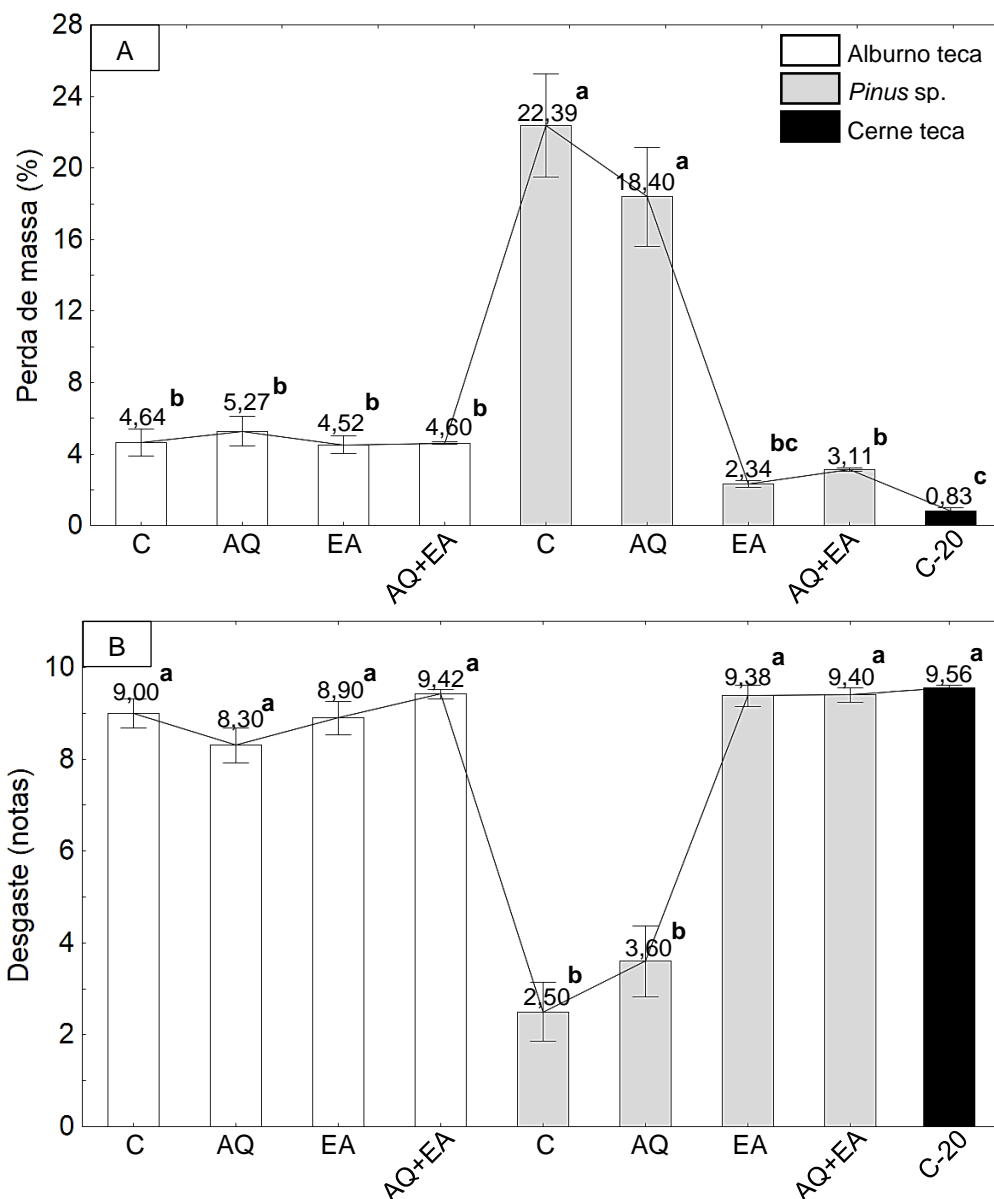
Com relação ao alburno de teca, não houve alteração significativa da perda de massa entre os tratamentos, variando de 4,52 a 5,27%. Já para as amostras de *Pinus* sp., o tratamento controle obteve a maior perda de massa, sendo 4,7 vezes maior que nas amostras de alburno de teca. As amostras de pinus tratadas com extrativos em água quente obtiveram em média uma resistência 17,82% superior, quando comparado às amostras de *Pinus* sp. sem tratamento (controle), porém a perda de massa não diferiu significativamente.

Notou-se que, para o tratamento com extrativos em etanol absoluto, as amostras de pinus obtiveram um ganho de resistência de 89,54% quando comparado às suas respectivas amostras controle (sem tratamento), alcançando perda de massa intermediária entre o cerne de teca e as amostras de *Pinus* sp. tratadas com a combinação de extrativos, não diferindo destes tratamentos.

De acordo com Paes et al. (2011; 2014), a resistência obtida em ensaio de preferência alimentar a térmitas subterrâneos condiz com resultados mais realísticos quando comparado aos que ocorreriam em condições reais de campo, pois ao contrário do método normalizado proposto pela ASTM D – 3345 (2005), no ensaio de preferência alimentar todas as amostras de madeiras de diferentes espécies e tratamentos empregados são oferecidas em conjunto aos térmitas.

Deste modo, o tratamento com os extratos obtidos em etanol absoluto (EA) e a combinação dos extrativos (AQ+EA) proporcionou uma ação expressiva no ganho de resistência ao ataque de térmitas subterrâneos na madeira de *Pinus* sp., a qual foi altamente consumida nas amostras sem tratamento (controle). Estes dois tratamentos citados se configuraram em métodos eficientes para tornar uma madeira de baixa durabilidade como a de *Pinus* sp., em níveis de resistência próximos ao da madeira do cerne de teca.

Figura 21 – Perda de massa (A) e desgaste (B) para o ensaio de preferência alimentar a térmitas subterrâneas em função dos tratamentos testados.



As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si (Tukey  $p > 0,05$ ). Em que: C – Amostras controle. AQ; EA; e AQ+EA: Tratamento com extrativos em água quente; etanol absoluto; e combinação dos extrativos (1:1). C-20 - Cerne de teca com 20 anos de idade

Com relação ao desgaste avaliado nas amostras (Figura 21B) é possível observar que apenas as amostras controle de pinus e as tratadas com extrativos obtidos em água quente diferiram das demais amostras testadas, apresentando notas entre 0 e 4, que representam um ataque intermediário entre aquele em que há a ruptura dos corpos de prova e o ataque severo. O desgaste não diferiu significativamente nas demais amostras, variando de 8,30 para o alburno de teca tratado com extrativos em água quente a 9,56 para as amostras do cerne da teca com 20 anos de idade.

Na Figura 22 é possível visualizar o desgaste provocado pelos térmitas nas amostras submetidas ao ensaio de preferência alimentar, em que é evidente a influência dos tratamentos nas amostras.

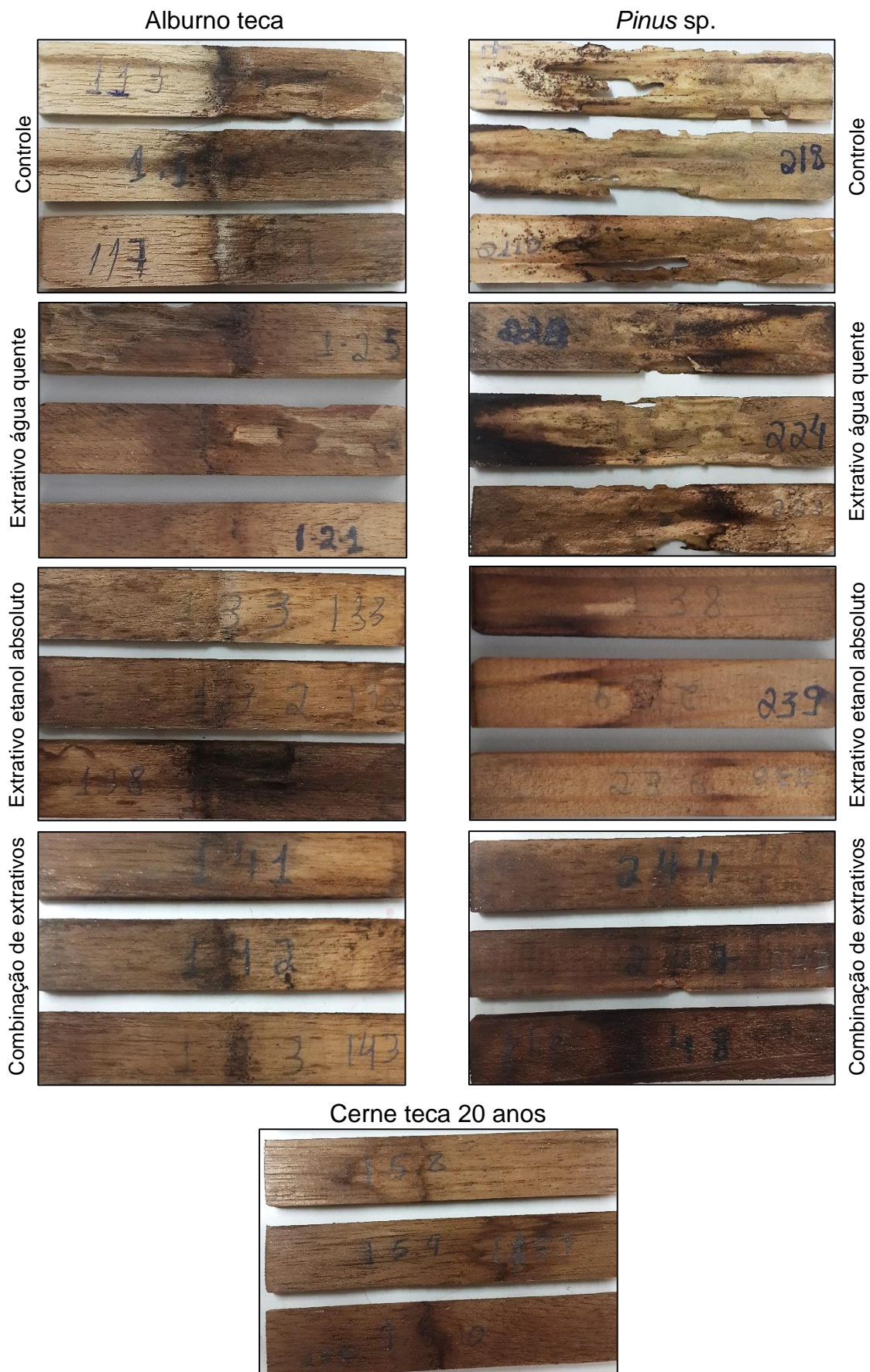
Motta et al. (2013) submeteram amostras do cerne e alburno da madeira de teca com 15 anos de idade ao ataque do térmita do gênero *Nasutitermes* sp. em preferência alimentar, porém não foram utilizadas amostras de *Pinus* sp. como padrão de comparação. As amostras de alburno obtiveram média de perda de massa de 22%, a nota atribuída ao desgaste foi de 0,78. Já para as amostras do cerne essas médias foram de 0,75% para perda de massa e 9,76 para a nota atribuída ao desgaste.

Paes et al. (2007b) também testaram a resistência da madeira de teca em ensaio de preferência alimentar, no entanto, ao contrário de Motta et al. (2013) utilizaram um conjunto de diversas espécies e posições da madeira para a exposição aos térmitas. Estes autores encontraram perda de massa de 24% para o alburno da teca e desgaste (nota) de 4,70, já para o cerne a média geral destes valores foram de 6,41% para perda de massa e 8,63 para o desgaste.

Esperava-se que, de forma semelhante a Paes et al. (2007b) e Motta et al. (2013), as amostras de alburno de teca utilizadas neste estudo obtivessem perdas de massa maiores do que as tratadas com os extrativos, como foi observado para a madeira de pinus. Além da preferência pelas amostras de pinus, a resistência encontrada na madeira de alburno de teca contribuiu para que não houvessem grandes perdas de massa nas amostras.

Como já citado para os fungos xilófagos, Lukmandaru e Takahashi, (2008) e Moya e Berrocal (2010) afirmaram que os extrativos do cerne da teca estão presentes e variam entre o alburno até a zona de transição entre o cerne e alburno podendo alterar a resistência a madeira nesta posição.

Figura 22 – Aspecto visual das amostras de teca e pinus após a exposição ao ensaio de preferência alimentar a térmitas em função da espécie e tratamento.



#### 4.6.3 Ensaio com térmitas de madeira seca

A análise de variância indicou diferença significativa para os parâmetros avaliados no ensaio de resistência a térmitas de madeira seca (Apêndice C, Tabela 7C). A comparação das médias da perda de massa, desgaste e mortalidade, além do número médio de orifícios causados pelos térmitas, está contida na Tabela 12.

Foi possível observar que houve diferença estatística entre os tratamentos na comparação para as perdas de massa, tanto para o alburno de teca como para o *Pinus* sp. No entanto, quando comparado aos demais ensaios realizados, as variações para a perda de massa foram pequenas, com valores menores que 2%. O cerne de teca com 20 anos de idade alcançou a menor perda de massa, diferindo dos demais tratamentos testados, o que indica um ataque pouco expressivo.

Em razão dos baixos valores alcançados, a perda de massa não se mostrou com um parâmetro adequado para avaliar a eficácia das soluções de extrativos testadas, podendo incluir erros sistemáticos durante a aferição da perda de massa obtida.

Tabela 12 – Médias de perda de massa, desgaste, mortalidade e número de orifícios causados pelos térmitas de madeira seca em função das espécies e tratamentos testados.

Espécie	Tratamento	Perda de massa (%)	Desgaste (notas)	Mortalidade (%)	Número de orifícios
Alburno teca	Controle	1,15 a	2,08 a	46,50 b	0
	AQ	0,62 b	2,20 a	49,50 ab	0
	EA	0,72 b	1,96 a	66,10 ab	0,6
	AQ+EA	1,44 a	1,80 a	71,00 a	0,2
Cerne teca 20 anos		0,08 c	0,32 b	72,00 a	0
<i>Pinus</i> sp.	Controle	1,76 a	2,28 a	44,50 b	1,8
	AQ	0,77 b	2,08 a	45,50 b	1,2
	EA	0,27 bc	1,80 a	38,50 b	1,2
	AQ+EA	0,72 b	1,80 a	39,00 b	1
Cerne teca 20 anos		0,08 c	0,32 b	72,00 a	0

As médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada espécie, não diferem estatisticamente entre si (Tukey  $p > 0,05$ ). Em que: C – Amostras controle. AQ; EA; e AQ+EA: Tratamento com extrativos em água quente; etanol absoluto; e combinação dos extrativos (1:1). C-20 - Cerne de teca com 20 anos de idade.



Não houve diferença significativa entre o desgaste das amostras controle e das tratadas do alburno de teca, sendo o desgaste classificado em ataque moderado, de acordo com a Tabela 5 (IPT/DIMAD D – 2, 1980). De forma semelhante a perda de massa, o desgaste provocado pelos térmitas no cerne foi pouco expressivo, com notas próxima de zero, o que indica quase nenhum desgaste.

De acordo com a classificação estabelecida pela ASTM D – 3345 (2005) na Tabela 4, as amostras controle do alburno de teca conferiram mortalidade moderada aos térmitas. Notou-se que o tratamento com a combinação de extrativos diferiu das amostras controle e não foi diferente das amostras do cerne, em que a mortalidade foi classificada como alta. Os tratamentos com extrativos em água quente e etanol absoluto apresentaram mortalidade intermediária entre a amostra controle do alburno de teca e o cerne, não diferindo entre estes e foi classificada de moderada mortalidade.

De maneira geral, houve um aumento da mortalidade de acordo com os tratamentos testados no alburno de teca, alcançando valores estatisticamente iguais ao cerne de teca para o tratamento com a combinação dos extrativos (AQ+EA). No entanto este aumento não esteve ligado à variação do desgaste e da perda de massa, uma vez que estes parâmetros forneceram valores pouco expressivos. Assim, a mortalidade se mostrou como um parâmetro recomendado para a avaliação da eficácia dos extrativos testados no alburno de teca.

Não houve grande variação entre o número de orifícios que transpassaram os corpos de prova do alburno de teca em relação ao cerne, predominando zero orifícios, com exceção aos tratamentos com extrativos em etanol absoluto e a combinação de extrativos, em que em algumas amostras foi observado a produção de um orifício.

Berrocal Jiménez e Rojas Acuña (2007) testaram a resistência da madeira de teca de várias localidades da Costa Rica ao ataque do térmita de madeira seca *Cryptotermes brevis* e obtiveram variações semelhantes as encontradas neste trabalho. De acordo com os autores, não houve diferença significativa para a perda de massa entre o cerne e o alburno, em que a média de perda de massa para o alburno e o cerne foi de 0,99 e 0,88%, respectivamente. A mortalidade foi classificada como alta tanto no alburno como no cerne da madeira de teca, tendo o desgaste sido classificado como moderado para o alburno e superficial para o cerne.



Santos (2010) testou a resistência da madeira de teca com 7 anos de idade a térmitas de madeira seca e encontrou diferenças significativas para a perda de massa, tendo o cerne alcançado perda de 0,24% e o alburno perda de 0,93%, indicando desgaste pouco expressivo no cerne e moderado para o alburno, no entanto estes resultados não refletiram na diferença significativa da mortalidade entre as amostras. Ainda de acordo com Santos (2010), tanto o cerne quanto o alburno da teca não foram completamente perfuradas.

De forma semelhante ao alburno de teca, o desgaste produzido nas madeiras de *Pinus* sp. foi classificado como moderado e não variou entre os tratamentos testados e as amostras controle, diferindo apenas do cerne de teca de 20 anos. O mesmo pôde ser observado para a mortalidade, que foi classificada como moderada independente do tratamento testado na madeira de *Pinus* sp.

Com relação ao número de orifícios, notou-se que de forma diferente da madeira de teca, todas as amostras de *Pinus* sp. foram perfuradas, variando de 1 a 2 o número de orifícios. As amostras controle apresentaram a maior média do número de orifícios, próximo de 2. Já para os tratamentos realizados esta média foi reduzida, variando entre 1 e 1,2.

Gonçalves et al. (2013) testaram a resistência de várias espécies florestais madeireiras ao ataque de térmitas de madeira seca, em que foi possível observar que a madeira de *Pinus* sp. obteve a menor mortalidade (43%) e foi a que única que apresentou dois orifícios que transpassaram as amostras. De acordo com os autores citados anteriormente, este fato pode estar associado a baixa densidade da madeira de pinus.

No entanto, os autores citados anteriormente encontraram para outras madeiras testadas de densidade semelhante à da madeira de pinus elevada mortalidade, o que indica que a resistência aos térmitas não está relacionada a uma única característica, e sim a conjunto de propriedades, incluindo quantidade e tipo de extrativos, densidade e teor de cinzas.

Este fato também foi confirmado por Paes et al. (2013), que ao testarem a resistência natural de quatro madeiras a térmitas xilófagos, encontraram correlação significativa da perda de massa e desgaste apenas para o teor de cinzas.

## 5 CONCLUSÕES

Os tratamentos com os extrativos obtidos dos resíduos gerados do processamento do cerne da madeira de teca com 20 anos de idade alterou de forma significativa a cor e a resistência natural da madeira do alburno de teca e da madeira de pinus testada.

Quando se empregaram os extratos obtidos em etanol absoluto e combinados com os extraídos em água quente, a cor das madeiras tratadas se aproximaram mais da cor da madeira do cerne de teca do que das suas cores naturais (sem tratamento). Este escurecimento permitiu uma menor disparidade entre a cor das madeiras testadas e do cerne de teca de 20 anos, possibilitando reduzir características indesejáveis quanto a cor dessas madeiras no mercado.

Os extrativos obtidos do cerne de teca promoveram ganhos expressivos de resistência contra o ataque de fungos xilófagos no ensaio de apodrecimento acelerado, alterando a classe de resistência das madeiras tratadas. O uso dos extrativos obtidos em etanol absoluto e combinados com os extrativos obtidos em água quente garantiram os melhores resultados, no entanto a toxicidade variou com a espécie tratada e os fungos testados.

Os extratos testados não alteraram a resistência da madeira tratada ao ataque dos fungos de podridão mole. Isto indica que a madeira tratada com os extrativos testados na presente pesquisa não deve ficar exposta em locais onde possa haver o ataque desta classe de fungos.

Para a resistência aos térmitas subterrâneos em ensaio de alimentação forçada, as perdas de massa e o tempo (dias) para a morte dos térmitas nas madeiras tratadas com os extrativos obtidos em etanol absoluto e combinados com os extrativos obtidos em água quente atingiram os menores valores e foram semelhantes independente das espécies tratadas.

No ensaio de preferência alimentar o tratamento com a combinação dos extrativos permitiu, principalmente para a madeira de *Pinus* sp., uma redução expressiva da perda de massa, obtendo valores próximos aos da resistência da madeira do cerne em que foram obtidos os extrativos.

O alburno de teca tratado com a combinação dos extrativos (AQ+EA) conferiu elevada mortalidade aos térmitas de madeira seca. Os extratos testados não

alteraram de forma expressiva a resistência da madeira de *Pinus sp.* ao ataque dos térmitas de madeira seca.

O uso dos extrativos do cerne da madeira de teca se configura como uma alternativa natural e apresenta resultados promissores para o tratamento de madeiras de baixa durabilidade natural. No entanto, apesar de serem compostos obtidos de recursos naturais, nada há garantias sobre sua baixa toxicidade ao homem e ao ambiente, sendo necessários testes para determinar estes efeitos.

Mais estudos devem ser realizados para a determinar na madeira tratada a toxicidade de outras classes de extrativos a organismos xilófagos, além de identificar e isolar os principais componentes que garantem a resistência na madeira tratada. Além disso, deve-se verificar a viabilidade técnica e econômica da obtenção destes extratos por meio de resíduos provenientes de serrarias, bem como de alternativas para melhorias das extrações.

## 6 REFERÊNCIAS

ADEGEYE, A. O.; OGUNSANWO, O. Y.; OLAJUYIGBE, S. O. Antifungal activities of heart wood extract (HWE) of teak *Tectona grandis* against two white rots in woods of *Gmelina arborea* and *Triplochiton scleroxylon*. **Academic Journal of Plant Sciences**, Deira, v. 2, n. 4, p. 279-285, 2009.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-1107**: Standard test method for ethanol-toluene solubility of wood. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia, 2005, 2p.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-1110**: Standard test methods for water solubility of wood. Annual Book of ASTM Standard, Philadelphia, 2005, 2p.

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, 7p.

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.

AMUSANT, N.; BEAUCHENE, J.; FOURNIER, M.; JANIN, G.; THEVENON, M. Decay resistance in *Dicorynia guianensis* Amsh: analysis of inter-tree and intra-tree variability and relations with wood colour. **Annals of Forest Science**, Les Ulis, v. 61, n. 4, p. 373–380, 2004.

AMUSANT, N.; FOURNIER, M.; BEAUCHENE, J. Colour and decay resistance and its relationships in *Eperua grandiflora*. **Annals of Forest Science**, Les Ulis, v. 65, n. 8, p. 806-812, 2008.

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

BERROCAL JIMÉNEZ, A.; ROJAS ACUÑA, L. V. Resistencia de la madera de teca (*Tectona grandis* L.f.) proveniente de plantaciones forestales ante el ataque de termitas de madera seca *Cryptotermes brevis* (Walker). **Kurú: Revista Forestal**, Cartago, v. 4, n. 10, 15 p., 2007.

BHAT, K. M.; PRIYA, P. B.; RUGMINI, P. Characterization of juvenile wood in teak. **Wood Science and Technology**, Berlin, v. 34, n. 6, p. 517-532, 2001

BHAT, K. M.; THULASIDAS, P. K.; MARIA FLORENCE, E. J.; JAYARAMAN K. Wood durability of home-garden teak against brown-rot and white-rot fungi. **Trees**, Vancouver, v. 19, n. 6, p. 654-660, 2005.

BJÖRKLUND, M.; NILVEBRAND, O. Wood extractives. In: **Wood Chemistry and Wood Biotechnology**. EK, M.; GELLERSTEDT, G.; HENRIKSSON, G., (Eds.). Berlin: Walter de Gruyter, 2009. p. 147–172.

BRAND, M. A.; ANZALDO, J.; MORESCHI, J. C. Novos produtos para o tratamento preservante da madeira: “Perspectivas da pesquisa e utilização”. **Floresta**, Curitiba, v. 36, n. 1, P. 129-138, 2006.

BRIDŽIUVIENĖ, D. RAUDONIENĖ, V. Fungi surviving on treated wood and some of their physiological properties. **Materials Science (Medžiagotyra)**, Kaunas. v. 19, n. 1, 2013.

CAMARGOS, J. A. A. **Colorimetria aplicada na elaboração de uma tabela de cores para madeiras tropicais**. 1999. 99 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 1999.

CAMARGOS, J. A. A.; GONÇALEZ, J. C. A colorimetria aplicada como instrumento na elaboração de uma tabela de cores de madeira. **Brasil Florestal**, Brasília, n. 71, p. 30-41, 2001.

CHIMELO, J. P. Anatomia da madeira. In: LEPAGE, E.S. (Coord.) **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, 1986, v.1., p. 41-66.

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

FERAYDONI, V.; HOSSEINI HASHEMI, S. K. Effect of walnut heartwood extractives, acid copper chromate, and boric acid on white-rot decay resistance of treated beech sapwood. **BioResources**, Raleigh, v. 7, n. 2, p. 2393-2402, 2012.

FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; FONSECA, A. F. A. Cultivares de *Coffea arabica* para as regiões baixas, quentes, tecnificadas e irrigadas do Estado do Espírito Santo. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas, MG: Embrapa Café/MINASPLAN, 2000.

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

GOUVEIA, F. N. **Aplicação de tratamentos térmicos para estabilização colorimétrica de madeiras tropicais**. 2008. 133 p. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

GUERRA, S. C. S. **Influência do teor de extrativos na resistência natural de cinco madeiras a cupins xilófagos**. 2010. 27f. Monografia (Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.

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

HILLIS, W. E. Distribution, properties and formation of some wood extractives. **Wood Science and Technology**, Berlin, v. 5, n. 4, p. 272-289, 1971.

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

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES – IBÁ. Brasília: Studio 113. 100 p. Disponível em: <[http://www.iba.org/shared/iba\\_2014\\_pt.pdf](http://www.iba.org/shared/iba_2014_pt.pdf)>. Acesso em: 02 dez. 2014.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTUDOS FLORESTAIS, IPEF. **Tectona grandis (Teca)**. 2003. Disponível em: <<http://www.ipef.br/identificacao/tectona.grandis.asp>>. Acesso em: 25 out 2014.

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.

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.

KELLEY, S. S.; JELLISON, J.; GOODELL, B. Use of NIR and pyrolysis-MBMS coupled with multivariate analysis for detecting the chemical changes associated with brown-rot biodegradation of spruce wood. **FEMS Microbiology Letters**, Oxford, v. 209, n. 1, p.107-111, 2002

KIM, J.-J.; KANG, S.-M.; CHOI, Y.-S.; KIM, G.-H. Microfungi potentially disfiguring CCA-treated wood. *International Biodeterioration & Biodegradation*, Birmingham, v. 60, n. 3, p. 197-201, 2007.

KOKUTSE, A. D.; STOKES, A.; BAILLÈRES, H.; KOKOU, K.; BAUDASSE, C. Decay resistance of Togolese teak (*Tectona grandis* L.f) heartwood and relationship with colour. **Trees**, Vancouver, v. 20, n. 2, p. 219-223, 2006.

KOLLERT, W.; CHERUBINI, L. **Teak resources and market assessment 2010**. FAO Planted Forests and Trees Working Paper FP/47/E, Rome. 2012. Disponível em: <<http://www.fao.org/forestry/plantedforests/67508@170537/en/>>. Acesso em: 24 out. 2014.

KONICA MINOLTA SENSING Inc. **Comunicação precisa da cor**. 1998. 57 p.

LEBOW, S. T. Wood preservation. In: **Wood handbook**: wood as an engineering material. Wisconsin: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. Cap. 15, p. 1-44.

LIMA, A. M. N.; SILVA, I. R.; NEVES, J. C. L.; NOVAIS, R. F.; BARROS, N. F.; MENDONÇA, E. S.; DEMOLINARI, M. S. M.; LEITE, F. P. Frações da matéria orgânica do solo após três décadas de cultivo de eucalipto no Vale do Rio Doce – MG. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. v. 32, n. 3, p. 1053 – 1063, 2008.

LIMA, I. L.; FLORSHEIM, S. M. B.; LONGUI, E. L. Influência do espaçamento em algumas propriedades físicas da madeira de *Tectona grandis* Linn. **Cerne**, Lavras, v. 15, n. 2, p. 244-250, 2009.

LOPES, J. O.; GARCIA, R. A.; LATORRACA, J. V. F.; NASCIMENTO, A. M. alteração da cor da madeira de teca por tratamento térmico. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 21, n.4, 2014a. No prelo.

LOPES, J. O.; GARCIA, R. A.; NASCIMENTO, A. M.; LATORRACA, J. V. F. Uniformização da cor da madeira jovem de teca pela Termorreificação. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 38, n. 3, p.561-568, 2014b.

LUKMANDARU, G.; TAKAHASHI, K. Variation in the natural termite resistance of teak (*Tectona grandis* Linn. fil.) wood as a function of tree age. **Annals of Forest Science**, Les Ulis, v. 65, n. 7, p. 708-716, 2008.

LUKMANDARU, G.; TAKAHASHI, K. Radial distribution of quinones in plantation teak (*Tectona grandis* L.f.). **Annals of Forest Science**, Les Ulis, v. 66, n. 6, p. 605-614, 2009.

LUKMANDARU, G. Antifungal activities of certain components of teak wood extractives. **Jurnal Ilmu dan Teknologi Kayu Tropis**, v. 11, n. 1, p. 11-18, 2013.

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

MOYA, R.; BERROCAL, A.; SERRANO, J. R.; TOMAZELLO FILHO, M. Variación radial de la anatomía, densidad y durabilidad de la madera de teca (*Tectona grandis*) procedente de dos calidades de sitio y dos regiones climáticas de Costa Rica. **Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales**, v. 18, n. 2, p. 119-131, 2009.

MOYA, R.; BERROCAL, A. Wood colour variation in sapwood and heartwood of young trees of *Tectona grandis* and its relationship with plantation characteristics, site, and decay resistance. **Annals of Forest Science**, Les Ulis, v. 67, n. 1, p. 109-118, 2010.

MOYA, R.; FALLAS, R. S.; BONILLA, P. J.; TENORIO, C. Relationship between wood color parameters measured by the CIELab system and extractive and phenol content in *Acacia mangium* and *Vochysia guatemalensis* from fast-growth plantations. **Molecules**, v. 17, p. 3639-3652, 2012.

MOYA, R.; BOND, B.; QUESADA, H. A review of heartwood properties of *Tectona grandis* trees from fast-growth plantations. **Wood Science and Technology**, Berlin, v. 48, n. 2, p. 411-433, 2014.

MUNSELL COLOR. **Munsell Soil color charts**. Baltimore: Koelmorgen, 2000.

NAGAVENI, H. C.; VIJAYALAKSHMI, G.; SUNDARARAJ, R. Decay resistance of some imported timbers against brown and white-rot fungi. **Journal of the Indian Academy of Wood Science**, v. 8, n. 2, p. 190-192, 2011.

NAKAYAMA, F. S.; VINYARD, S. H.; CHOW, P.; BAJWA, D. S.; YOUNGQUIST, J. A.; MUEHL, J. H.; KRZYSIK, A. M. Guayule as a wood preservative. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v. 14, n. 2, p. 105-111, 2001.

NIAMKÉ, B.F.; AMUSANT, N.; CHARPENTIER, J.P.; CHAIX, G.; BAISSAC, Y.; BOUTAHAR, N.; ADIMA, A.A.; KATI-COULIBALY, S.; JAY-ALLEMAND, C. Relationships between biochemical attributes (non-structural carbohydrates and phenolics) and natural durability against fungi in dry teak wood (*Tectona grandis* L.). **Annals of Forest Science**, Les Ulis, v. 68, n. 1, p. 201-211, 2011.

NIAMKÉ, F. B.; AMUSANT, N.; STIEN, D.; CHAIX, G.; LOZANO, Y.; KADIO, A. A.; LEMENAGER, N.; GOH, D.; ADIMA, A. A.; KATI-COULIBALY, S.; JAY-ALLEMAND, C. 4',5'-Dihydroxy-epiisocatalponol, a new naphthoquinone from *Tectona grandis* L. f. heartwood, and fungicidal activity. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Birmingham, v. 24, n. 1, p. 93-98, 2012.

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

OLIVEIRA, A. M. F.; LELIS, A. T.; LEPAGE, E. S.; CARBALLEIRA LOPEZ, G. A.; OLIVEIRA, L. C. S.; CAÑEDO, M. D.; MILANO, S. Agentes destruidores da madeira. In: LEPAGE, E.S. (Coord.) **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, 1986, v.1., p. 99-256.

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

PAES, J.B.; MELO, R.R.; MELO, R. R.; LIMA, C.R. Resistência natural de sete madeiras a fungos e cupins xilófagos em condições de laboratório. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 160-169, 2007a.



PAES, J.B.; MELO, R.R.; LIMA, C.R.; OLIVEIRA, O. Resistência natural de sete madeiras ao cupim subterrâneo (*Nasutitermes corniger* Motsch.) em ensaio de preferência alimentar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 2, n. 1, p. 57-62, 2007b.

PAES, J.B.; MORAIS, V.M.; LIMA, C.R.; SANTOS, G.J.C. Resistência natural de nove madeiras do semi-árido brasileiro a fungos xilófagos em simulares de campo. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 511-520, 2009.

PAES, J.B.; SOUZA, D.A.; LIMA, C.R.; MEDEIROS NETO, P.N. Eficiência dos óleos de nim e mamona contra cupins xilófagos em ensaio de alimentação forçada. **Cerne**, Lavras, v. 16, n. 1, p. 105-113, 2010.

PAES, J.B.; SOUZA, D.A.; LIMA, C.R.; MEDEIROS NETO, P.N. Eficiência dos óleos de nim (*Azadirachta indica*) e mamona (*Ricinus communis*) contra cupins xilófagos em ensaio de preferência alimentar. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.35, n.3, p.751-758, 2011.

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

PAES, J.B.; MELO, R.R.; GUEDES, R. S.; SOUZA, P. F. Eficiência da madeira de leucena (*Leucaena leucocephala*) tratada com CCB contra cupins xilófagos em ensaio de laboratório. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.21, n.3, p. 376-383, 2014.

PÂQUES, L. E.; GARCÍA-CASAS, M. D. C.; CHARPENTIER, J.-P. Distribution of heartwood extractives in hybrid larches and in their related European and Japanese larch parents: relationship with wood colour parameters. **European Journal of Forest Research**, Heidelberg, v. 131, n. 5, p. 1269-1278, 2012.

PAULA, A. **Florística e fitossociologia de um trecho de floresta ombrófila densa das terras baixas na reserva biológica de Sooretama, Linhares - ES**. 2006. 84f. Tese (Doutorado em Ciências, área de concentração: Ecologia) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2010.

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

SANTOS, L.L. **Caracterização tecnológica da madeira juvenil de *Tectona grandis* L.f. visando a produção de móveis**. 2010. 37f. Monografia (Engenharia Industrial Madeireira) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2010.

SARTO, C.; SANSIGOLO, C. A. Cinética da remoção dos extrativos da madeira de *Eucalyptus grandis* durante polpação Kraft. **Acta Scientiarum Technology**, Maringá, v. 32, n. 3, p. 227-235, 2010.

SCHNEID, E.; GATTO, D. A.; CADEMARTORI, P. H. G. Avaliação do tratamento sob pressão de postes de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus cloeziana* com CCA-C. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 41, n. 100, p. 541-547, 2013.

SCHMIDT, O. **Wood and tree fungi**: biology, damage, protection, and use. Heidelberg: Springer, 2006. 334p.

SILVA, J. C. **Madeira preservada**: os impactos ambientais. Revista da Madeira - REMADE, n. 100, novembro 2006. Disponível em: <[http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira\\_materia.php?num=985&subject=Preserva%E7%E3o&title=Madeira%20preservada%20%96%20Os%20impactos%20ambientais](http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=985&subject=Preserva%E7%E3o&title=Madeira%20preservada%20%96%20Os%20impactos%20ambientais)>. Acesso em: 01 nov. 2014.

SILVA, M. R. Efeito do tratamento térmico nas propriedades químicas, físicas e mecânicas em elementos estruturais de *Eucalipto citriodora* e *Pinus taeda*. 2012. 223f. Tese (Doutorado em Ciências e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2012.

SINGH, A. P.; SCHMITT, U.; MÖLLER, R.; DAWSON, B. S. W.; KOCH, G. Ray tracheids in *Pinus radiata* are more highly resistant to soft rot as compared to axial tracheids: relationship to lignin concentration. **Wood Science and Technology**, Berlin, v. 40, n. 1, p. 16-25, 2006.

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

TAPPI. Preparation of wood for chemical analysis. T-264 om-88. **TAPPI test methods**. Atlanta: TAPPI Press. 1992.

TASCIOGLU, C.; YALCIN, M.; TROYA, T.; SIVRIKAYA, H. Termiticidal properties of some wood and bark extracts used as wood preservatives. **BioResources**, Raleigh, v. 7, n. 3, p. 2960-2969, 2012.

THULASIDAS, P. K.; BHAT, K. M. Chemical extractive compounds determining the brown-rot decay resistance of teak wood. **Holz als Roh- und Werkstoff**, Berlin, v. 65, n. 2, p. 121–124, 2007.

THULASIDAS, P. K.; BHAT, K. M.; OKUMA, T. Heartwood colour variation in home garden teak (*Tectona grandis*) from wet and dry localities of Kerala, India. **Journal of Tropical Forest Science**, Kepong, v. 18, n. 1, p. 51-54, 2006.

ZABEL, R.A.; MORRELL, J.J. **Wood microbiology**: decay and its prevention. San Diego: Academic, 1992. 476p.

## **APÊNDICES**

APÊNDICE A – Resumo das análises de variância para os parâmetros colorimétricos analisados em função da espécie e tratamentos testados.

Tabela 1A – Resumo das análises de variância para as coordenadas L\*, a\* e b\*, e a variação total dos tratamentos e das madeiras de cerne em relação as amostras controle ( $\Delta E^*$ ).

Espécies	Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio		
			L*	a*	b*
Alburno teca	Tratamentos	5	0,0228	81,3229	67,4313
	Resíduo	54	0,0004	0,6541	3,0076
	Teste F			[53,77**]	124,33**
<i>Pinus</i> sp.	Tratamentos	5	0,2170	62,1673	26,7013
	Resíduo	54	0,0231	0,8577	2,2109
	Teste F			[101,42**]	72,48**

Espécies	Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio
			$\Delta E^*$
Alburno teca	Tratamentos	4	124,0763
	Resíduo	45	14,3086
	Teste F		
<i>Pinus</i> sp.	Tratamentos	4	118,4700
	Resíduo	45	9,2072
	Teste F		

\*\* significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). [ ] – Dados transformados em  $\text{Log}_{10}(L^*)$ .

Tabela 2A – Resumo das análises de variância para as coordenadas para as variações provocadas pelos tratamentos em comparação com as amostras de cerne de teca com 10 ( $\Delta E^*_{C10}$ ) e 20 anos ( $\Delta E^*_{C20}$ ) de idade.

Espécie	Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado médio	
			$\Delta E^* - \text{Cerne 10 anos}$ ( $\Delta E^*_{C10}$ )	$\Delta E^* - \text{Cerne 20 anos}$ ( $\Delta E^*_{C20}$ )
Teca	Tratamentos	2	52,8757	13,1415
	Resíduo	27	5,8434	14,1029
	Teste F			9,04**
<i>Pinus</i> sp.	Tratamentos	2	10,0286	4,7829
	Resíduo	27	6,7389	17,8165
	Teste F			1,48 <sup>ns</sup>

\*\* significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). <sup>ns</sup> não significativo a 5% de probabilidade ( $p \geq 0,05$ ).

APÊNDICE B – Resumo das análises de variância para as perdas de massa em função dos tratamentos testados no ensaio de apodrecimento acelerado com fungos de podridão.

Tabela 3B – Resumo das análises de variância para resistência a fungos de podridão parda e branca em função dos tratamentos.

Espécies	Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio			
			<i>P. placenta</i>	<i>G. trabeum</i>	<i>N. lepideus</i>	<i>T. versicolor</i>
Alburno teca	Tratamentos	4	0,1048	0,1823	0,0206	0,10425
	Resíduo	45	0,0045	0,0044	0,0006	0,0012
	Teste F		[23,04**]	[40,64**]	[29,86**]	[81,98**]
<i>Pinus</i> sp.	Tratamentos	4	0,9419	0,6324	2512,1573	237,5427
	Resíduo	45	0,0054	0,0035	35,2773	13,3285
	Teste F		[173,29**]	[176,08**]	71,21**	17,82**

\*\* significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). [ ] – Dados transformados em  $\text{Arcsen}\sqrt{\text{PM}_{(%)}/100}$ .

Tabela 4B – Resumo das análises de variância para a resistência à fungos de podridão mole para as madeiras de alburno de teca e *Pinus* sp. para os tratamentos testados.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	
		Teca	<i>Pinus</i> sp.
Tratamentos	4	55,6440	0,0063
Resíduo	25	2,9807	0,0011
Teste F		18,67**	[5,34**]

\*\* significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). [ ] – Dados transformados em  $\text{Arcsen}\sqrt{\text{PM}_{(%)}/100}$ .

APÊNDICE C – Resumo das análises de variância para a resistência a térmitas xilófagos em função dos tratamentos e espécies testadas.

Tabela 5C – Resumo das análises de variância para perda de massa, desgaste e tempo para a morte dos térmitas em função da espécie e dos tratamentos para o ensaio de alimentação forçada.

Espécies	Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio		
			Perda de Massa (%)	Desgaste (Nota)	Tempo para Morte (Dias)
Alburno teca	Tratamentos	4	59,4869	0,0540	112,5300
	Resíduo	45	1,3136	0,0040	6,9400
	Teste F			45,28**	[13,29**]
Pinus sp.	Tratamentos	4	111,6879	0,8045	6,1001
	Resíduo	45	1,2260	0,0146	0,0757
	Teste F			91,10**	[54,89**]

\*\* significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). [ ] – Dados transformados em  $\sqrt{[(\text{nota ou dias})+0,5]}$ .

Tabela 6C – Resumo das análises de variância para perda de massa e desgaste dos térmitas em função dos tratamentos para o ensaio de preferência alimentar.

Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio	
		Perda de Massa (%)	Desgaste(Nota)
Blocos	9	0,0077	0,1209
Tratamentos	8	0,1702	3,5831
Resíduo	72	0,0035	0,1177
Teste F Blocos		2,18*	1,02 <sup>ns</sup>
Teste F Tratamentos		[48,02**]	[[30,44**]]

\* significativo a 5% de probabilidade ( $p < 0,05$ ), porém o teste de Tukey não diferenciou as médias.

\*\* significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ).

[ ] – Dados transformados em  $\text{Arcsen}\sqrt{\text{PM}(\%)/100}$ . [[ ]] - Dados transformados em  $\sqrt{(\text{nota}+0,5)}$ .

Tabela 7C – Resumo das análises de variância para perda de massa, desgaste e mortalidade dos térmitas em função da espécie e dos tratamentos para o ensaio de resistência a térmitas de madeira seca.

Espécies	Fonte de Variação	Graus de Liberdade	Quadrado Médio		
			Perda de Massa (%)	Desgaste (Nota)	Tempo para Morte (Dias)
Teca	Tratamentos	4	1,3634	0,4879	737,3946
	Resíduo	20	0,0239	0,0154	152,5496
	Teste F			56,82**	[31,59**]
<i>Pinus</i> sp.	Tratamentos	4	2,1078	0,4890	957,1250
	Resíduo	20	0,0921	0,0107	139,0000
	Teste F			22,87**	[45,69**]

\*\* significativo a 1% de probabilidade ( $p < 0,01$ ). [ ] – Dados transformados em  $\sqrt{(\text{nota}+0,5)}$ .