



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA  
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"  
Campus de Botucatu



**ALINE FERNANDA DE BRITO**

**RESISTÊNCIA DA MADEIRA DE VÁRIAS ESPÉCIES DE EUCALIPTO A  
ORGANISMOS XILÓFAGOS E INTEMPERISMO APÓS TRATAMENTO COM CCB  
POR SUBSTITUIÇÃO DE SEIVA**

**BOTUCATU**

**2017**



**ALINE FERNANDA DE BRITO**

**RESISTÊNCIA DA MADEIRA DE VÁRIAS ESPÉCIES DE EUCALIPTO A  
ORGANISMOS XILÓFAGOS E INTEMPERISMO APÓS TRATAMENTO COM CCB  
POR SUBSTITUIÇÃO DE SEIVA**

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutora em Agronomia (Programa Energia na Agricultura)

Orientador: Elias Taylor Durgante Severo

**Botucatu**

**2017**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Brito, Aline Fernanda de, 1983-  
B862r Resistência da madeira de várias espécies de eucalipto a organismos xilófagos e intemperismo após tratamento com CCB por substituição de seiva / Aline Fernanda de Brito. - Botucatu: [s.n.], 2017  
122 p.: fots. color., ils. color., graf. color., tabs.

Tese (Doutorado)- Universidade Estadual Paulista Faculdade de Ciências Agrônomicas, Botucatu, 2017  
Orientador: Elias Taylor Durgante Severo  
Inclui bibliografia

1. Eucalipto - Doenças e pragas. 2. Madeira - Deterioração. 3. Borato de cobre cromatado. I. Severo, Elias Taylor Durgante. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônomicas. III. Título.

Elaborada por Ana Lucia G. Kempinas - CRB-8:7310

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"

**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**


TÍTULO: RESISTÊNCIA DA MADEIRA DE VÁRIAS ESPÉCIES DE EUCALIPTO A ORGANISMOS  
XILÓFAGOS E INTEMPERISMO APÓS TRATAMENTO COM CCB POR SUBSTITUIÇÃO  
DE SEIVA

**AUTORA: ALINE FERNANDA DE BRITO**


**ORIENTADOR: ELIAS TAYLOR DURGANTE SEVERO**

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA  
(ENERGIA NA AGRICULTURA), pela Comissão Examinadora:

  
Prof. Dr. ELIAS TAYLOR DURGANTE SEVERO  
Depto de Ciência Florestal / Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP

  
Prof. Dr. CLAUDIO ANGELI SANSIGOLO  
Dep de Ciencia Florestal / Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP

  
Dr. FRED WILLIAMS CALONEGO  
/ Botucatu/SP

  
Prof. Dr. RICARDO MARQUES BARREIROS  
Coordenadoria Executiva / UNESP - Campus de Itapeva

  
Prof. Dr. FABIO MINORU YAMAJI  
Depto de Ciências Ambientais / UFSCAR/SOROCABA

Botucatu, 06 de dezembro de 2017.



## **Agradecimentos**

A Deus por estar sempre presente, me abençoando, guiando e iluminando.

Aos meus pais Edson e Maria, que nunca mediram esforços para que nada me faltasse, não só materialmente, mas principalmente no amor e carinho.

Ao meu amor Reinaldo Filho por me apoiar desde o início de tudo, sempre me dando força e incentivo durante todos esses anos, além do amor e do carinho que só pode vir de quem nos ama.

Ao professor Dr. Elias Taylor Durgante Severo pela oportunidade, orientação, ensinamentos e principalmente pela confiança.

Ao Dr. Fred Willians Calonego por dar sugestões e contribuir diretamente para execução desse trabalho, além da amizade e parceria durante esses anos de pós-graduação.

Aos professores Cláudio Angeli Sansígolo, Ricardo Marques Barreiros e Fábio Minoru Yamaji pelos questionamentos e sugestões apresentados durante a defesa de tese;

Ao professor Carlos Mattos, pelo auxílio imprescindível nesse trabalho.

Ao Adm. Rogério Mazolli, à Eng. Ftal Evelyn Kumayama Abe e ao Técnico de Laboratório Juliano de Oliveira Lopes, da empresa Duratex - S.A., pelo auxílio nas análises colorimétricas;

Ao Sr. Edson Graciano Brito, funcionário do Departamento de Ciência Florestal, pelo auxílio na elaboração dos corpos de prova e em inúmeros procedimentos técnicos realizados durante o presente estudo;

A Liliane Pereira e Rosangela Moreci, que no começo do mestrado eram somente funcionárias do departamento e hoje minhas amigas, me ajudando de forma direta na conclusão do trabalho;

As minhas amigas Marylia Gabriela e Ivana Ferraz, pelo companheirismo mesmo na correria e pela ajuda, sempre;

Ao professor Brian Bond, da Universidade Virgínia Tech (Blacksburg, VA – EUA), pela oportunidade de realizar uma parte do meu doutorado no exterior, contribuindo assim para o meu crescimento profissional e pessoal;

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela concessão da bolsa de estudos;

A todos os amigos que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento desse projeto;

Por último, dedico esse trabalho à minha amada avó Amábile, que sempre torceu e vibrou por todas as minhas conquistas, desde a primeira carta que à enviei quando aprendi a escrever e ela guardou por anos. Sei que hoje ela está ao lado de Deus me guiando, protegendo e feliz com mais essa conquista.



## RESUMO

É cada vez maior a busca pelo uso coerente de florestas plantadas uma vez que a disponibilidade de espécies nativas de alta resistência biológica é cada vez mais escassa. O reflorestamento com eucalipto reduz os riscos de diminuição dos estoques de madeira nativa, porém, madeiras oriundas de reflorestamento tendem a apresentar durabilidade natural reduzida quando comparadas a algumas espécies de madeira nativa. Devido à sua origem natural, a madeira é bastante suscetível à degradação por agentes físicos, químicos ou biológicos sendo importante selecionar espécies alternativas, que sejam mais tolerantes a esses fatores, mas com boa tratabilidade química. A madeira exposta às intempéries sofre um processo complexo de decomposição física, química e mecânica denominado de fotodegradação. Contudo, dentre os agentes degradadores, os mais severos são de origem biológica onde se destacam fungos e cupins. Assim, objetivo desse estudo foi realizar a caracterização colorimétrica da madeira, avaliar a resistência natural a organismos xilófagos e ao intemperismo do cerne e do alburno de *Eucalyptus* spp. tratados com o produto CCB (Borato de cobre cromatado) com 2% de concentração de ingredientes ativos. Foram utilizadas 8 espécies de *Eucalyptus* spp. provenientes de um povoamento com 20 anos de idade, em um plantio localizado na Fazenda Experimental Lageado – UNESP – Botucatu, SP. Após o tratamento por substituição de seiva, os toretes foram processados mecanicamente para a obtenção de tábuas perfeitamente orientadas em relação aos anéis de crescimento. Foram realizados testes de resistência biológica do cerne, do alburno sem tratamento e do alburno tratado das madeiras de *Eucalyptus* spp. aos fungos *Pycnoporus sanguineus* e *Gloeophyllum trabeum* e ao cupim da madeira seca *Cryptotermes brevis*, de resistência ao intemperismo do material estudado, além da caracterização colorimétrica dos lenhos das madeiras das 8 espécies de eucalipto. Os resultados demonstram que para o teste de resistência biológica houve diferença entre os lenhos onde o alburno sem tratamento apresentou maior perda de massa (6,59% a 28,63%) que o cerne (entre 0,48% a 4,82%) e o alburno tratado (0,02% a 1,19%), para os dois fungos utilizados. As espécies *E. camaldulensis*, *E. cloeziana* e *E. urophylla* apresentaram maior resistência natural aos fungos *G. trabeum* e para o fungo *P. sanguineus* as espécies que apresentaram maior resistência natural foram *E. camaldulensis*, *E. cloeziana* e *E. grandis*. No teste da resistência ao cupim *Cryptotermes brevis*, não houve diferença significativa entre o cerne o alburno sem tratamento, sendo o alburno tratado mais resistente que os dois lenhos. As espécies *E. torelliana*, *E. saligna* e *E. grandis* apresentaram maior resistência natural ao cupim da madeira seca. Em relação à caracterização colorimétrica, não houve diferença significativa entre o cerne e o alburno sendo a madeira desses lenhos classificadas como amarelo avermelhado pois apresentam certa claridade e presença marcante do pigmento amarelo; o alburno tratado apresentou redução dos pigmentos vermelho e amarelo, tornando se mais esverdeada. No ensaio de resistência ao intemperismo verificou-se que o cerne e o alburno sem tratamento apresentaram redução do brilho e dos pigmentos amarelo e vermelho e o alburno tratado apresentou redução do brilho, aumento do pigmento vermelho e redução do pigmento amarelo, tornando-se mais amarronzada.

As espécies *C. citriodora* e *E. grandis* foram as espécies mais resistentes à ação do intemperismo após 1200 horas de ensaio.

**Palavras-chave:** *Eucalyptus*, madeira tratada, borato de cobre cromatado, agentes deterioradores

## ABSTRACT

There is a growing search for the coherent use of planted forests since the availability of native species of high biological resistance is increasingly scarce. Reforestation with *Eucalyptus* reduces the risks of reduction native wood stocks. However, wood from reforestation tends to have reduced natural durability when compared to some native wood species. Due to its natural origin, wood is quite susceptible to degradation by physical, chemical or biological agents and it is important to select alternative species that are more tolerant to these factors but with good chemical treatability. The wood exposed to the elements goes through a process a complex process of physical, chemical and mechanical decomposition denominated photodegradation. However, among the agents of degradation, the most severe are of biological origin, and fungi and termites are the most important. Thus, the objective of this study was to evaluate the natural resistance to xylophagous organisms and to the weathering of the core and sapwood of *Eucalyptus* spp. treated with the product CCB (Chromate copper borate) with 2% concentration of active ingredients. Were used *Eucalyptus* spp. from a 20 years old settlement, at a planting located at the Experimental Farm Lageado - UNESP - Botucatu, SP. After the treatment by sap displacement method by radial transpiration, the logs were mechanically processed to obtain perfectly oriented boards in relation to the growth rings. Were done on biological resistance tests of the core, the untreated sapwood and the treated sapwood of the *Eucalyptus* spp. to the fungi *Gloeophyllum trabeum* and *Pycnoporus sanguineus* and to the wood dry termite *Cryptotermes brevis*; resistance to the weathering of the studied material and besides the colorimetric characterization of the different types of wood of the 8 species of *Eucalyptus*. The results showed that for the biological resistance test there was a difference between the woody areas where the untreated sapwood presented greater mass loss (6.59% to 28.63%) than the core (0.48% to 4.82%) and the treated sapwood (0.02% to 1.19%), for the two uses used. The species *E. camaldulensis*, *E. cloeziana* and *E. urophylla* presented greater natural resistance to the fungus *G. trabeum* and to *P. sanguineus* the species that presented the greatest natural resistance were *E. camaldulensis*, *E. cloeziana* and *E. grandis*. In the test of resistance to the termite *Cryptotermes brevis*, there was no significant difference between the core and the untreated sapwood, being the treated sapwood more resistant than the other woody areas. The species *E. torelliana*, *E. saligna* and *E. grandis* presented greater natural resistance to the dry wood termite. Regarding the colorimetric characterization, there was no significant difference between the core and the sapwood being the wood of these woody areas classified as reddish yellow because they present some clarity and marked presence of the yellow pigment. The preservative treatment promoted the reduction of the brightness increase of the red pigment and reduction of the yellow pigment, leaving the wood more brownish. In the test of resistance to weathering, it was verified that the core and the untreated sapwood presented reduction of the brightness and the yellow and red pigments and the treated sapwood presented reduction of the brightness, increase of the red pigment and reduction of the yellow pigment, becoming more

brownish. The species *C. citriodora* and *E. grandis* were the species most resistant to the weathering action after 1200 hours of test.

**Keywords:** *Eucalyptus*, treated wood, chromated copper borate, deteriorating agents.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Parâmetros da cor natural das amostras de madeiras estudadas .....	30
Tabela 2 - Parâmetros técnicos dos ciclos de intemperismo aplicados no ensaio de intemperismo acelerado.....	61
Tabela 3 - Resistência da madeira ao fungo <i>Gloeophyllum trabeum</i> .....	64
Tabela 4 - Resistência da madeira ao fungo <i>Pycnoporus sanguineus</i> .....	65
Tabela 5 - Teor de final de umidade da madeira das oito espécies estudadas após o ensaio de apodrecimento acelerado ao fungo <i>Gloeophyllum trabeum</i> . .....	69
Tabela 6 - Teor de final de umidade da madeira das oito espécies estudadas após o ensaio de apodrecimento acelerado ao fungo <i>Pycnoporus sanguineus</i> . .....	70
Tabela 7 - Resistência da madeira de oito espécies de eucalipto ao cupim da madeira seca .....	72
Tabela 8 - Parâmetros analisados para as variáveis colorimétricas das espécies estudadas. ....	77
Tabela 9 - Variação dos pigmentos colorimétricos e da alteração total da cor da madeira das espécies estudadas. ....	82
Tabela 10 - Teste de Tukey para comparações das espécies em função das variáveis relacionadas com a durabilidade natural da madeira. ....	91



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Representação do sistema CIE $L^*a^*b^*$ , através das variáveis $L^*$ , $a^*$ e $b^*$ , que correspondem à luminosidade e tonalidade das cores vermelho-verde e amarelo azul, respectivamente. ....	28
Figura 2 - Grupos de cores obtidos no agrupamento de Cluster usando as variáveis cromáticas $L$ , $a^*$ , $b^*$ e $h$ .....	29
Figura 3 - Local de retirada das árvores, toretes já descascados, toretes durante o tratamento, toretes armazenados no pátio de secagem ao ar livre .....	51
Figura 4 - Cerne, alburno sem tratamento e alburno tratado, respectivamente. ....	53
Figura 5 - Preparos dos frascos, inoculação do fungo, corpos de prova no início do ensaio e corpos de prova ao final do ensaio .....	55
Figura 6 - Mangas de PVC, câmara climática e os corpos de prova com cupins, cupins <i>Cryptotermes brevis</i> , .....	57
Figura 7 - Corpos de prova após ensaio de resistência ao cupim da madeira seca. cerne, alburno sem tratamento e alburno tratado. ....	59
Figura 8 -Calibração do espectrofotômetro, determinação dos parâmetros colorimétricos da madeira de <i>Eucalyptus</i> spp.. ....	60
Figura 9 - Câmara de ensaio de intemperismo, corpos de prova acondicionados na câmara, corpos de prova antes e após o ensaio de intemperismo. ....	61
Figura 10 - Agrupamento das oito espécies de eucalipto após análise discriminante. ....	90





## LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1 - Quantidade de água.....	54
Equação 2 - Perda de massa após deterioração da madeira pelos fungos .....	56
Equação 3 - Perda de massa após ensaio de resistência ao cupim .....	58
Equação 4 - Variação do brilho .....	62
Equação 5 - Variação da cor no eixo vermelho - verde .....	62
Equação 6 - Variação da cor no eixo amarelo - azul .....	62
Equação 7 - Variação da saturação .....	62
Equação 8 - Variação da tonalidade .....	62
Equação 9 - Variação da cor final .....	62



## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Representação da variável $L^*$ (brilho) das oito espécies de eucalipto estudadas e dos lenhos. ....	87
Gráfico 2 - Representação da variação de $\Delta L^*$ (brilho) das oito espécies de eucalipto estudadas e dos lenhos após ensaio de intemperismo. ....	87
Gráfico 3 - Representação da variável $a^*$ (eixo vermelho-verde) das oito espécies de eucalipto estudadas e dos lenhos ....	88
Gráfico 4 - Representação da variação de $\Delta a^*$ (eixo vermelho-verde) das oito espécies de eucalipto estudadas e dos lenhos após ensaio de intemperismo. ....	88
Gráfico 5 - Representação da variável $b^*$ (eixo amarelo-azul) das oito espécies de eucalipto estudadas e dos lenhos. ....	89
Gráfico 6 - Representação da variação de $\Delta b^*$ (eixo amarelo-azul) das oito espécies de eucalipto estudadas e dos lenhos após ensaio de intemperismo. ....	89
Gráfico 7 - Representação da variação de $\Delta E^*$ (mudança total de cor) das oito espécies de eucalipto estudadas e dos lenhos ....	89



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	21
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	23
2.1	A madeira de <i>Eucalyptus</i> spp.....	23
2.2	Caracterização colorimétrica da madeira .....	26
2.3	Permeabilidade do Cerne e do Alburno .....	31
2.4	Durabilidade natural da madeira .....	34
2.5	Degradação da madeira por fungos xilófagos .....	36
2.6	Degradação da madeira por cupins .....	40
2.7	Resistência da madeira ao intemperismo .....	43
2.8	Preservação da madeira .....	45
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	50
3.1	Coleta e preparo do material .....	50
3.2	Obtenção de corpos de prova e caracterização das propriedades da madeira tratada e não tratada de <i>Eucalyptus</i> spp .....	51
3.3	Resistência das madeiras de <i>Eucalyptus</i> spp. aos fungos deterioradores .....	52
3.3.1	Preparo dos corpos de prova de madeira e das culturas fúngicas.....	52
3.3.2	Ensaio de apodrecimento acelerado do tipo “soil-block” .....	54
3.3.3	Avaliação da perda de massa durante os ensaios de apodrecimento	56
3.4	Resistência das madeiras de <i>Eucalyptus</i> spp. ao cupim de madeira seca <i>Cryptotermes brevis</i> .....	56
3.5	Caracterização colorimétrica das madeiras de <i>Eucalyptus</i> spp...	59
3.6	Ensaio de resistência das madeiras de <i>Eucalyptus</i> spp. ao intemperismo .....	60
3.7	Análise Estatística.....	63
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	64
4.1	Efeito do tratamento com CCB na resistência da madeira de oito espécies de <i>Eucalyptus</i> spp. aos fungos deterioradores .....	64
4.2	Efeito do tratamento com CCB na resistência da madeira de oito espécies de <i>Eucalyptus</i> spp. ao cupim da madeira seca <i>C. brevis</i> .....	71
4.3	Variação colorimétrica .....	76

4.4	Resistência do cerne, alburno sem tratamento e alburno tratado de oito espécies de <i>Eucalyptus</i> spp. ao intemperismo .....	81
4.5	Agrupamento das espécies através de análise discriminante .....	90
5	CONCLUSÃO .....	92
	REFERÊNCIAS.....	94

## 1 INTRODUÇÃO

Torna-se cada vez maior a busca pelo uso coerente de florestas plantadas uma vez que a oferta de espécies nativas de alta resistência biológica é cada vez mais escassa. A madeira vem sendo utilizada com grande destaque em relação a diversos outros materiais devido às suas propriedades físicas, químicas e mecânicas satisfatórias, além de ser um material renovável que pode ser reproduzido continuamente por reflorestamento. No ano de 2015 a área de floresta plantada de *Eucalyptus* spp. ocupou uma área total de 7,8 milhões de ha no país, crescimento de 0,8% em relação ao ano de 2014 (IBÁ, 2016).

Madeiras oriundas de reflorestamento tendem a apresentar durabilidade natural reduzida quando comparadas a algumas espécies de madeiras nativa. Entretanto, essa baixa durabilidade natural pode ser solucionada quando a madeira de reflorestamento é submetida a tratamentos preservativos.

Quando exposta às intempéries, a madeira sofre um processo de fotodegradação conhecido por intemperismo, que é ocasionado pela ação combinada de oxigênio, radiação solar, umidade, poluição atmosférica e vento que agem induzindo a descoloração e deterioram fisicamente a superfície da madeira. Embora seja superficial, tal ação modifica a textura, a cor e o brilho da madeira.

Além do processo de intemperismo, a ação de outros agentes degradadores de origem biológica como fungos e cupins gera uma grande perda para o setor madeireiro, já que esses organismos obtêm na parede celular os polímeros naturais que são sua fonte de nutrição. Uma maneira de aumentar a durabilidade da madeira é através da preservação química.

O uso da madeira em diversas finalidades é limitado devido à essa baixa durabilidade natural, assim o conhecimento da resistência natural de madeiras ao ataque de organismos xilófagos é um fator importante na destinação correta do uso da madeira. É adequado submeter a madeira ao tratamento químico, aumentando assim sua durabilidade, pois a maioria das espécies de eucalipto é suscetível ao ataque organismos xilófagos. Quando tratada quimicamente, a vida útil da madeira é aumentada em relação à madeira utilizada sem tratamento.

O uso de produtos preservativos para aumentar a resistência da madeira à organismos xilófagos provoca a alteração da cor original da madeira, além de promover o escurecimento da superfície. Uma das características mais importantes

na identificação e indicação de uso de espécies de madeira é a cor, pois quando se observa a madeira, seu aspecto visual é o que causa a primeira impressão. É importante a caracterização colorimétrica da madeira em situações onde sua aparência sejam fatores determinantes no seu uso, além da valorização de espécies pouco conhecidas, através de comparações com espécies usuais. A caracterização colorimétrica além de possibilitar a diferenciação da madeira em função da espécie, permite classificar a madeira em relação ao padrão de cor, sendo assim um fator importante na qualidade final de um produto.

O gênero *Eucalyptus* spp. compreende muitas espécies, que apresentam comportamentos diferentes entre si. Desse modo, torna-se importante a caracterização colorimétrica das mesmas, além de selecionar espécies que apresentem melhor tratabilidade química e maior resistência natural a organismos xilófagos e ao intemperismo.

O objetivo geral do presente estudo foi avaliar os padrões colorimétricos, a resistência biológica do cerne e do alburno de 8 espécies de *Eucalyptus* spp. e a influência do tratamento preservativo com CCB nas propriedades das madeiras estudadas.

Os objetivos específicos foram:

- Avaliar a resistência biológica do cerne e do alburno das madeiras de *Eucalyptus* spp. aos fungos *Pycnoporus sanguineus* e *Gloeophyllum trabeum* e ao cupim de madeira seca *Cryptotermes brevis*;
- Realizar a caracterização colorimétrica do cerne e do alburno das madeiras estudadas;
- Avaliar o efeito do tratamento químico com CCB na resistência biológica das madeiras estudadas;
- Avaliar a resistência das madeiras estudadas ao intemperismo;
- Agrupar as espécies estudadas em função do tipo de lenho e da sua durabilidade natural.



## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 A madeira de *Eucalyptus* spp.

O gênero *Eucalyptus* spp. pertence à família Myrtaceae, sendo nativo da Austrália, do Timor e da Indonésia. Os primeiros plantios se iniciaram no início do século XVIII, na Europa, na Ásia e na África e no século XIX começou a ser plantado em países como Espanha, Índia, Brasil, Argentina e Portugal. O gênero *Eucalyptus* foi descoberto e descrito por L' Heritier em 1788, sendo o *Eucalyptus oblíqua*, a primeira espécie classificada (ANDRADE, 1961; GUIA DO EUCALIPTO, 2008).

Compreendendo cerca de 70 gêneros e 3000 espécies de arbustos e árvores, o *Eucalyptus* é representado por espécies com alta taxa de crescimento, forma retilínea do fuste, desrama natural e madeira com propriedades tecnológicas variadas, adaptadas às diversas condições de uso (OLIVEIRA et al., 1999).

As espécies *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus cloeziana* e *Eucalyptus torelliana* ocorrem nas regiões norte e centro de Queensland (Austrália), onde a precipitação anual varia de 625 a 1600 mm. São espécies tolerantes à temperatura média máxima entre 29 a 35°C e temperatura média mínima entre 5 e 12°C, não ocorrendo geadas (FERREIRA, 1979; BROCCO et al., 2012). O *Eucalyptus camaldulensis* tem ocorrência natural na Austrália, com precipitação média anual de 250 a 650 mm, temperatura média máxima entre 29 e 35°C e temperatura média mínima entre 11 e 20°C (FERREIRA, 1979). A espécie *Eucalyptus saligna* ocorre principalmente no sul de Queensland (Austrália), com precipitação anual de 900 à 1800 mm, temperatura média máxima entre 24 e 33°C e temperatura média mínima entre -2 e 8°C (BRITO e BARRICHELO, 1977). A espécie *Eucalyptus grandis* ocorre naturalmente no sudeste de Queensland, com precipitação média anual em torno de 1000 à 3730 mm, temperatura média máxima entre 22 e 34°C e temperatura média mínima entre 0 e 16°C. A espécie *Eucalyptus urophylla* tem origem no Timor e leste da Indonésia, com precipitação pluviométrica média anual entre 1000 a 1500 mm. A temperatura média máxima está em torno de 29°C e a temperatura mínima no mês mais frio entre 8 e 12°C. O *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* surgiu através da necessidade de reduzir a suscetibilidade ao cancro do eucalipto, e assim o híbrido passou a ser a base da silvicultura clonal brasileira (RUY, 1998).

Em 1904, ano em que foi introduzido o plantio de eucalipto no Brasil, o objetivo era suprir as necessidades do uso da madeira como lenha, postes e dormentes das estradas de ferro na região Sudeste. Posteriormente, passou a ser utilizada nas indústrias de papel e celulose, sendo considerada a espécie florestal mais importante graças à extensa área plantada e o seu desempenho satisfatório na indústria como matéria-prima na produção de madeira, celulose, papel, carvão e óleos essenciais (DOSSA et al., 2002; BRISOLA e DEMARCO, 2011). Segundo Severo e Tomaselli (2000), o gênero *Eucalyptus* pode ser considerado uma alternativa na substituição do uso das florestas naturais, graças às características físico-mecânicas satisfatórias e desse modo suprir a demanda por espécies nativas.

Algumas espécies apresentam possibilidades de serem tratadas quimicamente, uma vez que apresentam elevada resistência mecânica e baixo índice de rachaduras como, por exemplo, as espécies *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla* (BARILLARI, 2002; CAMPOS et al., 2003; RAMOS et al., 2006; FARIAS SOBRINHO et al., 2005). Outra característica importante é a tratabilidade da madeira, onde se verifica sua capacidade de atingir os requisitos mínimos de penetração e retenção do produto preservativo na madeira (LEPAGE, 1986).

O híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* apresenta densidade básica em torno de 0,62 g/cm<sup>3</sup> (BRITO e BARRICHELO, 1977) e resistência à flexão em torno de 82,0 MPa (CARVALHO, 2000). Santos e Sansígolo (2007) verificaram que o teor de lignina total presente na espécie variou entre 29,6% e 31,5%, o teor de extrativos totais variou entre 3,3% e 3,9% e o teor de holocelulose entre 64,6% e 67,1%. Zanuncio et al. (2013) verificaram para a mesma espécie que o teor de lignina total presente variou de 30,7% a 33,1%, o teor de extrativos entre 2,1% e 2,5% e o teor de holocelulose entre 5,03% e 58,0%.

A madeira de *E. urophylla* apresenta baixo módulo de elasticidade apesar da densidade relativamente alta, seu uso deve ser restrito à utilizações não estruturais e protegido da umidade e fora de área de incidência de cupins de madeira seca (OLIVEIRA e HELLMEISTER, 1998). A espécie apresenta densidade básica em torno de 0,55 g/cm<sup>3</sup>, resistência à flexão estática de 0,208 daN/cm<sup>2</sup> (ADORNO E GARCIA, 2004), teor de lignina entre 23,6% e 29,8% e teor de cinzas entre 0,3% e 0,7% (BRITO e BARRICHELO, 1977).

A madeira de *Eucalyptus citriodora* apresenta resistência e módulo de elasticidade variando de médio à elevado, podendo ser utilizada em usos estruturais e apesar de apresentar elevados valores de contração volumétrica, caracteriza-se pelo excelente valor de seu fator anisotrópico. Em relação à durabilidade natural, em condições normais, de pequeno risco de incidência de organismos xilófagos, a espécie não apresenta grandes restrições (OLIVEIRA e HELLMEISTER, 1998). A espécie apresenta densidade básica em torno de 0,73 g/cm<sup>3</sup> (BRITO e BARRICHELO, 1977; PEREIRA et al, 2000), resistência a flexão de 121,4 MPa (IPT, 1989) e o teor de lignina total da espécie é de 27,36%, de extrativos 9,33% e de cinzas 0,51% (MEDEIROS et al., 2016).

O *Eucalyptus cloeziana* apresenta propriedades de resistência e módulo de elasticidade médias e características de durabilidade natural satisfatórias, podendo atender à amplas utilizações na construção civil. Por apresentar alto valor de contração volumétrica, a espécie se comporta normalmente quanto ao fator anisotrópico (OLIVEIRA e HELLMEISTER, 1998). A madeira de *E. cloeziana* tem densidade básica em torno de 0,70 g/cm<sup>3</sup> (ALVES et al., 2017), resistência a flexão em torno de 62,0 Mpa (CARRASCO et al., 2008) e a espécie apresenta teor de lignina em torno de 32,28%, teor de extrativos de 7,7% e teor de cinzas 0,18% (TRUGILHO et al., 2014).

O *Eucalyptus torelliana* apresenta densidade básica em torno de 0,71 g/cm<sup>3</sup> (GONÇALVES et al., 2013), resistência à flexão em torno de 68,58 MPa (BROCCO et al., 2012), o teor de extrativos da espécie é em torno de 8,66%, lignina total 22,71% e teor de cinzas 0,75% (SEGURA, 2015).

O *Eucalyptus camaldulensis* tem densidade básica em torno de 0,60 g/cm<sup>3</sup> (BRITO e BARRICHELO, 1977) resistência à flexão entre 90 e 104 MPa (IPT, 1989), a espécie apresenta teor de extrativos em torno de 2,5% e lignina total 26% (ANDRADE et al, 2010).

O *Eucalyptus saligna* possui densidade em torno de 0,66 g/cm<sup>3</sup> (BRITO e BARRICHELO, 1977), sua resistência à flexão está em torno de 101,6 MPa (IPT, 1989), o teor de extrativos da espécie é em torno de 7,87%, de cinzas 0,19% e o teor de lignina 29,40% (GUIMARÃES et al., 2013).

A espécie *Eucalyptus grandis*, apesar de produzir madeira de densidade média, apresenta fraco desempenho quanto às propriedades mecânicas e ao módulo de elasticidade, além de baixa estabilidade dimensional e suscetibilidade a cupins de

madeira seca. Sua utilização é indicada para uso não estruturais, em aplicações onde a estabilidade dimensional não seja importante e principalmente em locais de baixa incidência de cupins (OLIVEIRA e HELLMEISTER, 1998). O *E. grandis* apresenta densidade de 0,62 g/cm<sup>3</sup> (BRITO e BARRICHELO, 1977) e resistência à flexão em torno de 75,6 MPa (VILLAS BOAS et al., 2009; SILVA, 2007; IPT, 1989), teor de lignina 29,34%, teor de extrativos em torno de 7,99% e de cinzas 0,18% (GUIMARÃES et al., 2013).

Segundo Oliveira e Hellmeister (1998), madeiras de eucalipto provenientes de árvores de idade mais avançada poderão substituir o uso das madeiras nativas tradicionais, uma vez que estas tenham atingido o seu ponto de maturação, na produção de madeira com propriedades estáveis na maior parte de seu fuste.

As espécies descritas, utilizadas no presente estudo, foram selecionadas uma vez atendem aos parâmetros solicitados pela norma técnica P-EB-474 da ABNT (1973), segundo a qual todas atingiram o mínimo exigido de retenção (6,5 Kg/m<sup>3</sup>) e penetração (10 mm) do produto preservativo.

## **2.2 Caracterização colorimétrica da madeira**

Um das características mais importantes na identificação e indicação de uso de espécies de madeira é a cor. Quando se observa a madeira, o aspecto visual proveniente da sua cor ou desenho é o causador da primeira impressão, assim, a importância da caracterização colorimétrica se dá em situações onde o aspecto e a aparência superficial sejam fatores determinantes no seu uso (CAMARGOS e GONÇALEZ, 2001; GONÇALEZ et al., 2001).

É comum a orientação ou uso em larga escala de determinada espécie seguindo esses parâmetros. É possível também valorizar espécies pouco conhecidas, através de comparações com espécies usuais, usando termos de referência como “padrão cerejeira” “padrão mogno”, entre outros (CAMARGOS e GONÇALEZ, 2001).

Uma maneira de se determinar a qualidade da madeira em função de sua cor é através da distribuição espacial das cores usando a metodologia da colorimetria quantitativa (BEKHTA e NIENZ, 2003; CAMARGO e GONÇALEZ, 2001; GONÇALEZ et al., 2001; MITSUI, 2004, 2006; MITSUI et al., 2004; MORI et al., 2005).

As células presentes na retina do olho humano são capazes de perceber a radiação eletromagnética emitidas por objetos ou fontes luminosas e essas células

são fotossensíveis à comprimentos de ondas vermelho, verde e azul (longos, médios e curtos), que são triestímulos normalmente conhecidos pelas iniciais em inglês 'R', 'G' e 'B' (GOMES, 2013).

Câmeras digitais, scanners, aparelhos de TV e monitores utilizam como padrão o sistema de cores RGB, no entanto, a resposta que o olho humano dá aos estímulos espectrais não é linear e assim, as diferenças entre cores no espaço RGB não correspondem às diferenças de cor na percepção dos seres humanos (MENDOZA et al., 2006; STANZIOLA, 1979; SMITH e POKORNY, 2003.)

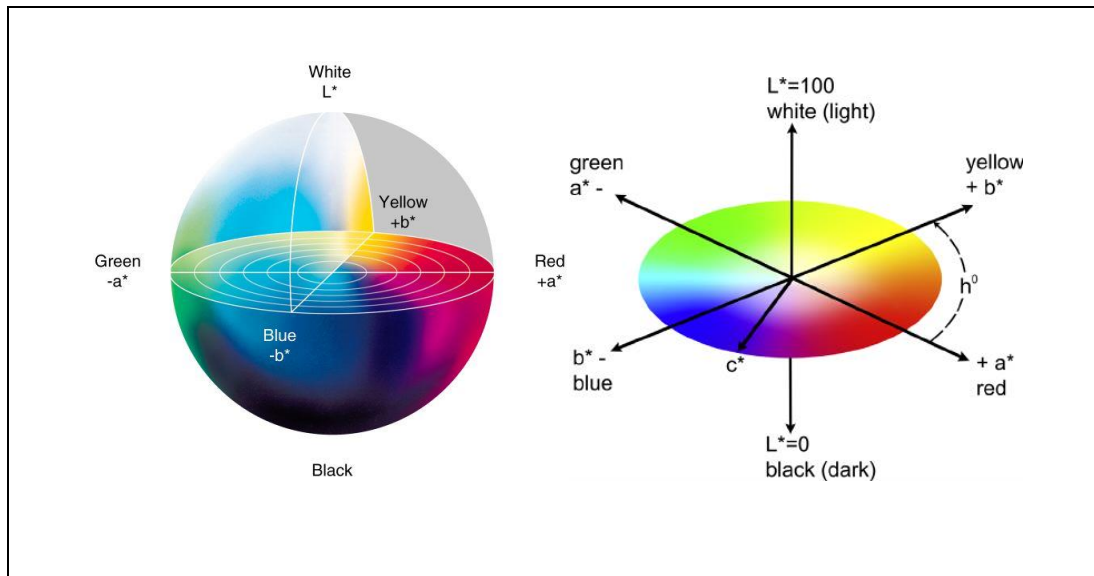
Desse modo, a Comissão Internacional de Iluminantes (Comission Internacional de L'éclaire - CIE) em 1931, através da transformação linear do RGB buscou normatizar um sistema derivado da transformação linear do RGB que foi denominado CIE XYZ e passou a ser a base de definição de outros espaços de cor (BRAINARD, 2003; MENDOZA et al., 2006; SMITH e POKORNY 2003;)

O objetivo do espaço de cor CIE  $L^*a^*b^*$  é quantificar essas pequenas diferenças de cor, uma vez que apresenta espaço de cor uniformemente perceptível, já que fornece cores consistentes independente do dispositivo utilizado (BRAINARD, 2003; MENDOZA et al., 2006).

O sistema CIE (Comission Internacional de L'Eclairage ou Comissão Internacional de Iluminantes) é um método que define a sensação da cor baseado em três elementos: a luminosidade ou claridade, a tonalidade e a saturação (COSTA et al., 2010).

A distância geométrica entre os pontos nos eixos  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  expressa a cor dos objetos, onde a luminosidade ou claridade ( $L^*$ ) define a escala padrão cinza entre o branco absoluto (100) e o preto total (0). A variável  $a^*$  posiciona a cor no eixo verde-vermelho; quando é negativa indica que o objeto reflete o verde e quando é positiva, o vermelho. A variável  $b^*$  posiciona a cor no eixo azul-amarelo; quando negativa indica que o objeto reflete o azul e se positiva, o amarelo. Outra forma de se avaliar a tonalidade é através do ângulo do círculo, representado pela variável  $h^\circ$ , conhecida como ângulo da tinta e derivada dos valores de  $a^*$  e  $b^*$ . A saturação ou cromaticidade ( $C^*$ ) é o desvio a partir do ponto, no eixo  $L^*$ , correspondente ao cinza e quanto mais distante dele, ou seja, quanto maior o valor de  $C^*$ , mais saturada é a cor (ASTM E-308, 1999; BEKHTA e NIENZ, 2003; BRAINARD, 2003; CAMARGO e GONÇALEZ, 2001; COSTA et al., 2011a; GONÇALEZ et al., 2001; MORI et al., 2005; MITSUI, 2004, 2006; MITSUI et al., 2004). A Figura 1 representa o sistema CIE  $L^*a^*b^*$

**Figura 1 - Representação do sistema CIE  $L^*a^*b^*$ , através das variáveis  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , que correspondem à luminosidade e tonalidade das cores vermelho-verde e amarelo azul, respectivamente. Adaptado de ASTM E-308, 1999; GONÇALEZ et al., 2001; BEKHTA e NIENZ, 2003.**



A medição de cores pode ser realizada através de dois equipamentos, o espectrofotômetro e o colorímetro. O iluminante utilizado pelo colorímetro é o mais próximo da luz do dia, porém possuem filtros que não permitem a formulação direta da cor, pois fornecem apenas os valores triestímulos X, Y e Z (GONÇALEZ et al., 2001; MORI et al., 2005). Já o espectrofotômetro permite a formulação de cor, através do comprimento de onda luminosa, da verificação dos valores triestímulos e da curva de sensibilidade do observador padrão ( $2^\circ$  ou  $10^\circ$ ), desse modo, as cores do sistema CIE  $L^*a^*b^*$  são originadas a partir de cálculos matemáticos que consideram os valores triestímulos dos espaços de cores RGB e/ou CIE XYZ, o grau do observador e o tipo de iluminante (MENDOZA et al., 2006; GOMES, 2013).

Camargos e Gonçalves (2001) estudaram a cor de 350 espécies de madeira através do sistema CIE  $L^*a^*b^*$  1976, onde os dados colorimétricos das amostras foram determinados por meio de espectrofotômetro Datacolor Microflash 200d. Os resultados mostraram que os ângulos de tinta ( $h^\circ$ ) no sistema CIE  $L^*a^*b^*$ , de todas as cores das madeiras tropicais brasileiras, enquadraram-se de  $0^\circ$  a  $90^\circ$  (primeiro quadrante). Os valores máximos encontrados para as variáveis  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  e  $h^\circ$ , respectivamente, foram: 86,44 (correspondente à cor branca); 26,82; 46,59; 47,03 e 87,00 (correspondente à cor amarela). Os respectivos valores mínimos foram 25,93 (correspondente à cor preta); 1,16; 1,92; 2,31 e 13,94 (correspondente à cor

vermelha). Os autores montaram um grupo de cores obtidos usando as variáveis cromáticas L, a\*, b\* e h, onde nomeiam as cores das espécies de madeira estudadas (Figura 2).

**Figura 2 - Grupos de cores obtidos no agrupamento de Cluster usando as variáveis cromáticas L, a\*, b\* e h (CAMARGOS e GONÇALEZ, 2001).**

GRUPO	COR	INTERVALOS DAS VARIÁVEIS CROMÁTICAS				
		L	a*	b*	C	h
01	Amarelo-oliva	64-64	06-06	46-46	47-47	82-82
02	Branco	69-80	04-08	19-27	21-28	71-79
03	Marrom-escuro	38-51	06-11	10-16	12-19	50-61
04	Rosa	55-68	11-27	18-27	23-30	53-64
05	Amarelo-claro	65-76	07-11	26-37	28-38	71-77
06	Roxo	36-39	12-07	03-07	12-16	14-29
07	Preto-avermelhado	28-35	04-08	03-06	05-10	35-44
08	Marrom-arroxeadado	29-44	08-11	08-12	11-16	34-52
09	Oliva	40-55	05-10	12-22	13-24	60-71
10	Oliva-claro	70-73	01-04	22-26	22-27	81-87
11	Branco-acinzentado	74-86	03-06	16-25	17-26	74-83
12	Marrom-escuro	35-51	11-16	13-18	17-23	43-55
13	Marrom-oliva	48-71	09-13	22-30	25-32	64-72
14	Preto	26-36	01-06	02-08	03-09	49-64
15	Vermelho-escuro	35-38	17-21	13-15	21-26	33-38
16	Cinza-rosado	61-76	04-08	13-20	14-21	67-76
17	Vermelho	37-52	17-24	16-23	24-31	39-52
18	Oliva-amarelado	51-69	06-09	20-27	21-28	69-76
19	Laranja-amarelado	53-54	24-27	34-38	42-46	54-55
20	Amarelo-alaranjado	49-66	12-19	31-36	33-40	61-67
21	Marrom-claro	45-61	10-13	16-25	19-28	54-66
22	Rosa-acinzentado	55-71	07-11	14-22	16-25	59-68
23	Amarelo-amarronzado	45-61	12-19	23-30	27-34	52-65
24	Amarelo	73-76	04-07	38-42	39-42	81-84
25	Marrom-avermelhado	39-57	13-17	18-23	23-29	50-58

Johanson e Morén (2006) correlacionaram as propriedades mecânicas e colorimétricas da madeira de *Betula pendula* utilizando um scanner de linha com três sensores sensíveis à luz (vermelho, verde e azul), que trabalha com o espaço de cores RGB. Cada pixel de cada linha da imagem é registrado por cada sensor, através de um número que varia de 0 a 255. Em seguida, esses valores foram convertidos através de um software matemático para o sistema CIE L\* a\* b\*.

Silva et al. (2007) através do sistema CIE L\*a\*b\*, quantificaram os parâmetros das cores das madeiras de *Tabebuia impetiginosa* (ipê roxo), *Mezilaurus itauba* (itaúba), (*Manilkara huberi* (maçaranduba), *Bagassa guianensis* (tatajuba) e *Couratari* sp. (tauari), e as classificaram pelo sistema de ordenamento de cor denominado Munsell. Através dos valores de L\* (luminosidade), os autores classificaram as espécies tatajuba e tauari podem como madeiras claras, o ipê-roxo e maçaranduba como

escuras e a itaúba entre essas duas classificações. Na Tabela 1 pode ser observada essa classificação assim como os valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ .

**Tabela 1 - Parâmetros da cor natural das amostras de madeiras estudadas (SILVA et al., 2007).**

Espécie	$L^*$ (luminosidade)	$a^*$ (coordenada verde- vermelho)	$b^*$ (coordenada azul- amarelo)	Cor pelo sistema Munsell
<b>Ipê-roxo</b>	34,67	6,71	9,15	Oliva-amarronzado-escuro
<b>Itaúba</b>	43,22	6,74	16,88	Marrom-amarelado
<b>Maçaranduba</b>	35,74	8,64	7,27	Marrom-avermelhado-escuro
<b>Tatajuba</b>	47,09	6,76	21,27	Marrom-dourado
<b>Tauari</b>	50,43	5,72	15,65	Marrom-amarelado-claro

Cada espécie de madeira possui uma assinatura espectral na região do visível, pois a madeira reflete a luz com intensidade diferente em cada comprimento de onda, de acordo com a sua coloração, e essa identidade da madeira se modifica em função das alterações sofridas em suas cores (MARTINS et al., 2011).

González et al. (2001) verificaram as cores das faces tangenciais e radiais das madeiras de *Vataireopsis speciosa*, *Cariniana micrantha*, *Rauwolfia parensis*, *Aspidosperma macrocarpum*, *Swietenia macrophylla*, *Amburana acriana*, *Peltogyne angustiflora* e *Bowdichia virgilioides*. O brilho ( $L^*$ ) nas faces tangencias apresentou valores de 56,20, 55,45, 69,49, 58,73, 56,34, 78,85, 44,42 e 51,22, respectivamente. Nas faces radiais, apresentaram-se na ordem de 53,25, 53,44, 69,33, 55,58, 69,34, 43,51 e 51,79 para as respectivas madeiras. Segundo os autores, há diferença significativa dos brilhos nas faces tangencial e radial das madeiras, sendo a face que tangencia os anéis de crescimento de coloração mais clara. Já as faces radiais são mais avermelhadas ou amareladas, pois os parâmetros  $a^*$  e  $b^*$  indicam a presença dessa coloração na madeira.

González et al. (2010) realizaram medições dos parâmetros colorimétricos ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  e  $h^\circ$ ) da madeira de freijó (*Cordia goeldiana* Huber), através de um espectrocolorímetro Datacolor Microflash 200d conectado a um microcomputador, com iluminante D65, e ângulo standart de  $10^\circ$ . Os valores para  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  e  $h^\circ$ , respectivamente foram: 72,00, 6,05, 23,10, 23,88 e 75,32. Os autores verificaram que a madeira de freijó possui uma coloração oliva-claro, caracterizada, principalmente, pela claridade ( $L^*$ ) e pela coordenada  $b^*$ , responsável pela coloração amarela. O



ângulo de tinta  $h^*$  contribui para essa afirmativa posicionando a madeira dessa espécie, próximo ao eixo amarelo.

Ao correlacionarem as cores da madeira de *Eucalyptus* spp. com as propriedades químicas, Mori et al. (2004) constataram que os teores de extrativos totais variaram entre 5,91% e 4,69% para as alturas do fuste de 1,30m e 2,80m. O teor de extrativos totais apresentou uma correlação positiva com os parâmetros  $a^*$ ,  $b^*$  e  $C^*$ , e uma correlação negativa com a claridade ( $L^*$ ) e a tonalidade ( $h^\circ$ ), desse modo, o aumento da coloração avermelhada se dá pelo aumento no teor de extrativos da madeira. O teor de extrativos presentes na madeira afeta mais os parâmetros de cor do que o teor de lignina.

Mori et al. (2005) avaliaram os padrões colorimétricos  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  e  $h^\circ$  da madeira de clones de *Eucalyptus* spp. retirada à 1,30 m e 2,80 metros de altura. Para a madeira retirada à 1,30 m de altura, os valores foram 72,96, 9,79, 19,85, 22,27 e 64,01 $^\circ$ , para  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  e  $h^\circ$ , respectivamente. Na madeira retirada à 2,80 m de altura, as respectivas variáveis apresentaram se em torno de 74,84, 9,15, 19,17, 21,36 e 64,69. Os autores concluíram que a madeira se apresentou mais clara e menos avermelhada, menos saturada e com menor tonalidade em direção ao topo do fuste.

Na madeira de *Eucalyptus* spp. as coordenadas cromáticas determinantes na sua cor variam no sentido radial do fuste, onde o brilho ( $L^*$ ) aumenta no sentido medula - periferia do fuste. A variável  $a^*$  aumenta em direção ao cerne e diminui no alburno, indicando que o cerne é mais avermelhado que os outros lenhos. A variável  $b^*$  permanece constante, indicando assim no sentido radial a homogeneidade da cor amarela. O alburno é menos saturado ( $C^*$ ) e apresenta a tonalidade ( $h^\circ$ ) com valores mais elevados do que as amostras do cerne (MORI et al., 2005).

O sistema CIE  $L^* a^* b^*$  além de possibilitar a diferenciação da madeira em função da espécie, permite classificar a madeira em relação ao padrão de cor, sendo assim um fator importante na qualidade final de um produto (CAMARGOS e GONÇALVEZ, 2001; MARTINS et al., 2010; MORI et al., 2005; GONÇALEZ et al., 2010).

### **2.3 Permeabilidade do Cerne e do Alburno**

O caule de uma árvore, quando jovem, é formado por células funcionais que são responsáveis pela condução de água e minerais, além de outras atividades vitais relacionadas com o armazenamento de substâncias nutritivas. Nessa fase, o caule é

constituído apenas pelo alburno, sendo essa a região permeável do caule e de maior importância em relação à tratabilidade da madeira. Os materiais nutritivos armazenados nessa região, a tornam bastante suscetível à organismos xilófagos, que em condições propícias para o desenvolvimento desses agentes destruidores, degradam com facilidade o alburno (LEPAGE, 1986; SIAU, 1971).

A transformação do alburno em cerne é acompanhada pela formação de substâncias orgânicas conhecidas por extrativos que em algumas árvores pode ocasionar a formação de obstruções nos vasos, reduzindo a permeabilidade da madeira às soluções preservativas. As transformações dos extrativos no cerne são evidenciadas pelo escurecimento do tecido, que contrasta com a cor mais clara do alburno, no entanto, a cor escura não indica necessariamente a presença de cerne pois em algumas madeiras essa diferença de coloração não é notada. O cerne apresenta durabilidade natural mais elevada e massa específica mais alta, tornando as propriedades mecânicas do cerne superiores às do alburno (LEPAGE, 1986).

Haselein et al. (2004), ao analisarem as características tecnológicas da madeira *Eucalyptus grandis* com 27 anos de idade, verificaram que a espécie apresentou em média 75,66% de cerne e 24,34% de alburno.

Gonçalves et al. (2010), citam que quando a madeira sólida é utilizada para movelaria, é mais interessante que ela possua maior proporção de cerne e quando seu uso é destinado como madeira roliça preservada, o importante é que apresente maior quantidade de alburno.

Segundo Hillis (1987), a proporção de cerne contida em árvores adultas é determinada através de fatores como idade, posição na árvore, material genético, taxa de crescimento e da espécie.

Costa et al. (2017), analisaram as propriedades do cerne e do alburno da espécie *Eucalyptus camaldulensis* e verificaram que o cerne apresentou 17% mais lignina em relação ao alburno. O teor de extrativos verificado no cerne foi 5,08% e no alburno 2,30%.

Siau (1971) e Pereira et al. (2000), citam que o alburno recebe tratamentos preservativos com mais facilidade devido a essa baixa permeabilidade no cerne.

A permeabilidade é definida como a facilidade com que um fluido flui através de um material poroso sob a influência de um gradiente de pressão. A permeabilidade é influenciada pela porosidade do material, pelo grau de obstrução e diâmetro do espaço através do qual o fluido flui, pela a viscosidade do fluido e pelas interações

superficiais entre o fluido e as paredes do vaso. Todos esses fatores influenciam a permeabilidade e, portanto, a durabilidade da madeira. O alburno, tem vasos relativamente abertos para condução de água e minerais e, portanto, alta permeabilidade, já o cerne tem uma maior proporção de extrativos que causam obstrução total ou parcial dos vasos condutores reduzindo sua permeabilidade. No entanto, os mesmos bloqueios que impedem a penetração de produtos preservativos no cerne também evitam a penetração por insetos e xilófagos. No alburno, a mesma permeabilidade que cria vulnerabilidade aos insetos e o ataque xilófago também cria uma oportunidade para impregnação de produtos preservativos. Madeiras de rápido crescimento geralmente tem alta permeabilidade, ocasionando uma baixa resistência natural devido à maior facilidade de penetração das hifas dos fungos na parede celular. Além da sua relevância para a impregnação de produtos preservativos, a permeabilidade também influencia a facilidade com que uma amostra de madeira pode ser colada, pintados ou envernizados (LEPAGE, 1986; SILVA et al., 2010b).

A porosidade é a fração de volume vazio presente na madeira que equivale à quantidade máxima de produto preservativo absorvido pela madeira (LEPAGE, 1986; SIAU, 1984).

Embora a permeabilidade dependa da porosidade, nem todo corpo poroso é permeável. Quando a madeira é mais permeável, pode ser mais facilmente tratada ou seca (SILVA, 2008; TARMIAN e PERRE, 2009).

A permeabilidade da madeira pode ser afetada pela variação entre espécies (devido à diferença na estrutura da madeira como tamanho, distribuição e quantidade de vasos condutores) e da presença de extrativos (TEIXEIRA, 2015). Elevados teores de extrativos tornam a madeira pouco permeável, uma vez que se localizam nas células do parênquima dos raios que se conectam aos vasos, dificultando a passagem de fluidos (LEPAGE. 1986; KLOCK et al., 2005; PEREIRA et al., 2000).

Silva et al. (2010b) cita que ao estudar permeabilidade, é necessário reconhecer que o valor da permeabilidade depende fortemente da viscosidade do fluido utilizado na medição. A viscosidade pode ser pensada como uma resistência ao fluxo, assim quanto maior a viscosidade, menor a taxa de fluxo de fluido e, portanto, menor a permeabilidade medida. O fluxo de fluidos na direção longitudinal é controlado pelo tamanho e quantidade de vasos.

Ainda segundo Silva et al. (2010b), o cerne do *Eucalyptus grandis* tem permeabilidade baixa, mas possível de ser mensurada ao ar e ao líquido, porém para

a espécie *Eucalyptus citriodora*, não foi observada a permeabilidade do cerne, uma vez que os vasos estavam completamente obstruídos por tiloses. A permeabilidade no cerne é 28 vezes menor que no alburno para a espécie *E. grandis* e o conteúdo extrativo no cerne é semelhante ao presente no alburno, que pode explicar o fato do cerne apresentar alguma permeabilidade para essa espécie. Os autores correlacionaram ainda, o tamanho do poro observado e a densidade do alburno das espécies estudadas com os valores obtidos no estudo da permeabilidade longitudinal e verificaram que no alburno o *E. grandis* apresentou valores de permeabilidade para o ar, água e preservativo oleossolúvel, respectivamente da ordem de 681, 470 e 349  $\text{cm}^3/\text{cm}\cdot\text{atm}\cdot\text{s}$ , e para o cerne 25, 0,42 e 0,12  $\text{cm}^3/\text{cm}\cdot\text{atm}\cdot\text{s}$ . Para o *E. citriodora*, os valores verificados foram 612, 365 e 347  $\text{cm}^3/\text{cm}\cdot\text{atm}\cdot\text{s}$ , para o alburno e 0 para o cerne, respectivamente para o ar, água e preservativo oleossolúvel. A espécie *Eucalyptus grandis* possui 160 vasos/ $\text{cm}^2$  com diâmetro médio do vaso de 0,18 mm enquanto a espécie *Eucalyptus citriodora* possui 295 vasos/ $\text{cm}^2$  com diâmetro médio de 0,093 mm, sugerindo assim a maior permeabilidade do alburno do *E. grandis* em relação à permeabilidade que do *E. citriodora*.

Teixeira (2015), ao analisar a permeabilidade da madeira de *Eucalyptus* spp. com 9 anos de idade, verificou que a permeabilidade do alburno foi, em média, cerca de 64 vezes maior que a permeabilidade do cerne. A espécie *Eucalyptus grandis* apresentou permeabilidade do cerne de 4,87  $\text{cm}^3/\text{cm}\cdot\text{atm}\cdot\text{s}$  e a média de permeabilidade dos híbridos de *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* foi de 4,89  $\text{cm}^3/\text{cm}\cdot\text{atm}\cdot\text{s}$ . No alburno os valores foram 337,36  $\text{cm}^3/\text{cm}\cdot\text{atm}\cdot\text{s}$  e 327,44  $\text{cm}^3/\text{cm}\cdot\text{atm}\cdot\text{s}$ , nas respectivas espécies. Ao verificar a diferença entre as espécies estudadas, os autores concluíram que a permeabilidade do *E. grandis* foi de 226,13  $\text{cm}^3/\text{cm}\cdot\text{atm}\cdot\text{s}$  e dos híbridos variou de 168,09 a 234,83  $\text{cm}^3/\text{cm}\cdot\text{atm}\cdot\text{s}$ .

Segundo Lepage (1986), a porosidade e a permeabilidade podem se correlacionar bem com a facilidade de preservação da madeira.

## 2.4 Durabilidade natural da madeira

A durabilidade natural da madeira está relacionada à exposição a ambientes internos ou externos, às condições de umidade a que será submetida, ao uso pretendido da peça e ao acabamento protetor que será aplicado. A madeira exposta a esses ambientes, principalmente nos externos, torna-se suscetível a condições que

possibilitam sua degradação natural, independente da presença de organismos xilófagos (BARREAL, 1998; COSTA et al., 2011b; LELIS et al., 1991; LEPAGE, 1986).

A durabilidade natural da madeira pode ser definida como a resistência intrínseca que a mesma apresenta como resposta ao ataque de organismos destruidores, sendo essa resistência natural variável entre espécies e dentro de uma mesma espécie. A baixa durabilidade natural da madeira é um dos fatores que limitam seu uso em diversas finalidades, desse modo o conhecimento da resistência natural de madeiras ao ataque de organismos xilófagos é um fator importante na destinação correta do uso da madeira, pois quando uma espécie de madeira apresentar durabilidade natural maior em relação a outras, ela será preferencialmente escolhida a fim de minimizar a utilização de produtos químicos para lhe conferir maior resistência (BARREAL, 1998; OLIVEIRA, 1997; SILVA et al., 2004).

Com a baixa oferta de espécies nativas de alta resistência natural houve a necessidade de se utilizar outras menos duráveis, principalmente espécies de rápido crescimento, oriundas de reflorestamentos. Pelo fato da maioria dos reflorestamentos terem sido realizados com *Eucalyptus* spp. e *Pinus* spp, a utilização dessas espécies tornou-se prática comum nas propriedades rurais. Contudo, devido à baixa resistência natural a organismos xilófagos, surge a necessidade de tratá-las quimicamente, aumentando sua durabilidade e reduzindo o consumo de madeira nativa e, dessa forma, diminuindo o impacto sobre as florestas naturais (PAES et al., 2005).

Costa et al. (2005) estudaram a durabilidade de madeiras tratadas e não tratadas em campo de apodrecimento, dentre elas o *Eucalyptus grandis*. Após um período de 4 anos em contato com o solo, a madeira apresentou estado de sanidade igual a 0, em uma escala onde 0= madeira destruída devido ao ataque e 10= madeira sadia, indicando a destruição da madeira devido ao ataque por organismos xilófagos. Segundo os autores, esse resultado mostra que assim como outras espécies de rápido crescimento, o *E. grandis* apresenta baixa durabilidade natural, sendo necessário tratamento químico.

O que confere durabilidade natural à madeira é a presença de extrativos que se formam durante a transformação do alburno em cerne, caracterizando uma coloração escura do cerne. A qualidade e a quantidade desses extrativos variam entre espécies e também dentro da espécie (OLIVEIRA et al., 2005a).

Oliveira et al. (2005a) verificaram a influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento da madeira das espécies candeia (*Vanillosmopsis erythropappa*),

cerejeira (*Amburana cearensis*), jacarandá-caviúna (*Machaerium scleroxylon*) e de eucaliptos (*Corymbia citriodora* e *Eucalyptus gummifera*) provocado pelo fungo *Gloeophyllum trabeum*. Os autores verificaram perda de massa entre 0,33% e 1,34% na madeira em seu estado natural e perda de massa entre 19,5% e 38,70% na madeira livre de extrativos.

Mattos et al. (2013), verificaram a durabilidade em ambiente de campo aberto da madeira de três espécies de *Eucalyptus* tratadas por imersão simples, dentre elas *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus saligna*. Os resultados obtidos mostraram que as duas espécies apresentaram baixa durabilidade natural quando não foram tratadas, sendo a espécie *E. saligna* menos resistente que o *C. citriodora*. Os autores citam que essa baixa resistência está relacionada dentre outros fatores ao baixo teor de extrativos que a espécie apresenta, cerca de 1,5% em comparação com a outra espécie estudada.

Araújo et al. (2012), analisaram a durabilidade da madeira de *Eucalyptus citriodora* tratada com CCA em ambiente amazônico. Os autores verificaram que devido à baixa durabilidade, a madeira sem tratamento foi rapidamente infestada e degradada por organismos xilófagos, com estado de sanidade igual a zero (destruída ou corrompida) e a madeira tratada se manteve intacta.

Assim, Silva (2004) cita que uma grande parte das espécies de eucalipto é suscetível ao ataque de organismos xilófagos e por isso necessitam de tratamento químico para lhe conferir aumento da sua durabilidade.

## **2.5 Degradação da madeira por fungos xilófagos**

Por se tratar de um material de origem orgânica, os organismos xilófagos utilizam os constituintes da madeira como alimento ou substrato para reprodução ou moradia. Desse modo a madeira fica sujeita ao ataque de microrganismos não somente quando se trata da árvore viva, mas também após seu abate, quando é colocada em condições de serviço (TREVISAN et al., 2008).

A degradação biológica da madeira ocorre porque alguns organismos xilófagos possuem um sistema enzimático capaz de metabolizar os polímeros naturais presentes na madeira em unidades digeríveis, obtendo assim, na parede celular os polímeros naturais que são sua fonte de nutrição (LEPAGE, 1986; BATALLA, 1961;

COSTA et al., 2005; PAES, 2002; ZENI et al., 2006). Desse modo, peças utilizadas em estruturas de difícil reposição devem receber cuidados especiais em relação aos fungos apodrecedores, pois a madeira atacada tem sua resistência comprometida, devido à capacidade destes fungos apodrecedores de mudar as propriedades físicas e químicas das paredes das células através da decomposição da madeira (LEPAGE, 1986; LELIS et al., 2001; OLIVEIRA, 1997; OLIVEIRA et al., 2005; PAES et al., 2008; TREVISAN et al, 2008).

Existem seis grupos fisiológicos que ocorrem sequencialmente na degradação da madeira: (1) bactérias; (2) bolores primários; (3) fungos manchadores; (4) fungos de podridão mole; (5) basidiomicetos apodrecedores e (6) bolores secundários. Desses grupos citados, os fungos se destacam como os mais nocivos e ocorrem principalmente na região de afloramento do solo, onde há grande incidência de agentes xilófagos (COSTA et al., 2005; PAES, 2002a, LEPAGE, 1986). A suscetibilidade da madeira à agentes biológicos é uma característica própria da espécie, no entanto, há condições que favorecem essa predisposição, que são a temperatura entre 10°C e 35°C, a umidade em torno de 20% a 30% e a oxigenação adequada (CRUZ, 2001; LEPAGE, 1986; LOFERSKI, 2001; OLIVEIRA et al., 2005; PAES et al., 2008).

Forest Products Laboratory (2010), Lepage (1986), Trevisan et al. (2008) e Oliveira et al. (1986) classificam os fungos xilófagos quanto à ação na madeira: fungos xilófagos manchadores e fungos xilófagos deterioradores. Os fungos manchadores apresentam rápido crescimento, se desenvolvem nas cavidades celulares e se alimentam de conteúdos celulares como amido e açúcares, presentes principalmente no alburno. A madeira atacada por esse tipo de fungo tem sua superfície embolorada e sua permeabilidade passa a ser maior que da madeira sadia e o valor comercial sofre depreciação devido a modificação estética da peça, no entanto, as propriedades mecânicas da madeira não são afetadas.

Os fungos deterioradores têm como fonte de alimento os componentes químicos das paredes celulares (celulose, hemiceluloses e lignina). Dessa forma, ocorre a redução em todas as propriedades mecânicas da madeira, devido à destruição dos seus elementos estruturais. Esses fungos são subdivididos em: (1) Fungos de podridão branca: degradam a hemicelulose, a celulose e a lignina da parede celular para sua nutrição deixando a madeira mais clara e mais amolecida que a madeira sadia; (2) Fungos de podridão parda: atacam camadas mais profundas da madeira,

degradando as hemiceluloses e a celulose com rápida velocidade, deixando a madeira ligeiramente escurecida que posteriormente torna-se pardo escura. Tais fungos provocam a redução da densidade da madeira afetando sua resistência ao impacto; (3) Fungos de podridão mole: tem o desenvolvimento se suas hifas dentro das paredes celulares e decompõem a celulose e a lignina, tornando a camada superficial da madeira escurecida, bastante amolecida e fácil de ser removida. Como consequência do ataque, ocorre a redução em todas as propriedades mecânicas da madeira, devido à destruição dos seus elementos estruturais. Esses fungos degradam a madeira sob baixos teores de oxigênio e altos teores de umidade (BOWYER et al., 2003; LEPAGE, 1986; LOFERSKI, 2001; OLIVEIRA et al., 2005; SANTOS, 2010; TREVISAN et al., 2008).

Em estudo sobre a ação dos fungos *Postia placenta*, *Neolentinus lepideus* e *Polyporus fumosus* na madeira de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), cássia (*Senna siamea*) e ipê (*Tabebuia impetiginosa*). Paes et al. (2002b) verificaram perda de massa no cerne entre 0,49% e 1,82% e no alburno entre 2,32% e 12,36%. Segundo os autores, madeiras mais densas não são necessariamente as mais duráveis e que a resistência natural está associada à quantidade e à classe de extrativos tóxicos presentes no lenho.

Paes et al. (2007) avaliaram a resistência natural das madeiras de leucena (*Leucaena leucocephala*), louro pardo (*Cordia trichotoma*), jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*), marmeleiro preto (*Croton sonderianus*), sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*), nim indiano (*Azadirachta indica*) e teca (*Tectona grandis*) à ação dos fungos *Postia placenta* e *Polyporus fumosus*. Os autores verificaram perdas de massa entre 1,21% e 11,67% para o fungo *P. placenta* e entre 0,57% e 12,69% para o fungo *P. fumosus*, e afirmam que os fungos testados não atacaram as madeiras com a mesma intensidade, o que indica que os organismos xilófagos não atacam as diferentes madeiras com a mesma intensidade, estando o ataque associado à classe de extrativos presentes na madeira.

Paes et al. (2005b) avaliaram a resistência natural das espécies algaroba (*Prosopis juliflora*), angico (*Anadenanthera colubrina* var. cebil), aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), braúna (*Schinopsis brasiliensis*), cássia (*Senna siamea*), craibeira (*Tabebuia aurea*), cumaru (*Amburana cearensis*), pau-d'arco (*Tabebuia impetiginosa*) e pereiro (*Aspidosperma pyrifolium*) à fungos causadores da podridão mole e verificaram valores de perda de massa entre 2,48% e 18,28% no cerne e entre



4,38% e 22,78% no alburno. Os autores concluíram que a resistência ao ataque dos fungos não esteve relacionada com a densidade e nem com as substâncias extraídas em água quente, podendo a resistência das madeiras estar relacionadas a outras classes de extrativos que não foram extraídos em água quente.

Oliveira (1997) e Oliveira et al. (2005b) avaliaram a resistência natural das espécies *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus paniculata*, *Eucalyptus pilularis*, *Eucalyptus cloeziana*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus grandis* com 16 anos de idade ao apodrecimento acelerado em laboratório ao fungo causador da podridão parda *Gloeophyllum trabeum*. Os autores verificaram perdas de massa das madeiras da ordem de 4,6%, 0,6%, 2,1%, 0,3%, 2,8%, 1,3% e 0,5% para as respectivas espécies. Segundo os autores, as espécies de modo geral apresentaram bom comportamento quando expostas ao fungo, uma vez que as perdas de massa foram abaixo de 10%.

Paes (2002a) avaliou a resistência natural da madeira de *Corymbia maculata* à ação dos fungos xilófagos *Postia placenta*, *Neolentinus lepideus* e *Polyporus fumosus* durante 12 semanas em condições de laboratório. Para o teste foram retiradas amostras na região do cerne e do alburno. Os resultados obtidos mostraram que a madeira de alburno foi a mais deteriorada pelos fungos, sendo os valores médio de perda de massa da ordem de 6,18% no cerne e 19,97% no alburno após exposição da madeira aos fungos *P. placenta*, *N. lepideus* e *P. fumosus*, respectivamente.

Alves et al. (2006) estudaram a resistência natural de seis espécies de madeira da região amazônica aos fungos causadores da podridão parda *Gloeophyllum trabeum* e da podridão branca *Pycnoporus sanguineus*. Os autores verificaram que as espécies *Aspidosperma desmanthum* (Araracanga), *Parinari excelsa* (Parinari), *Mouriri callocarpa* (Miraúba), *Marmaroxylon racemosum* (Angelim rajado), *Peltogyne paniculata* (Roxinho) e *Astronium sp.* (Muiracatiara) apresentaram perda de massa entre 0,05% e 3,21% quando expostas ao fungo *P. sanguineus* e entre 1,97% e 12,12% quando expostas ao fungo *G. trabeum*. Segundo os autores a intensidade de ataque dos fungos utilizados variou de acordo com a espécie de madeira, sendo a resistência da madeira condicionada às vias de acesso para os fungos e à composição química das madeiras, sendo esta uma característica que varia entre espécies e inclusive dentro da mesma árvore.

A preferência pelo alburno pode ser explicada pela presença de água e substâncias de reserva nessa região, tais como amido, açúcares e proteínas, que

servem de alimento para os organismos xilófagos e para o desenvolvimento desses agentes destruidores (LEPAGE, 1986; KLOCK et al., 2015).

## 2.6 Degradação da madeira por cupins

Dentre os insetos que atacam a madeira, os cupins são os mais prejudiciais. São pertencentes à classe Insecta e ordem Isoptera, tendo a alimentação baseada em celulose, a qual é consumida através da associação digestiva com bactérias ou protozoários, atacando por essa razão papéis, livros, estruturas de madeira compensados e aglomerados (GONÇALVES e OLIVEIRA, 2006; LEPAGE, 1986). Se dividem em castas, definindo suas funções em reprodução, trabalho e defesa da colônia (TREVISAN et al., 2008).

Segundo Lepage (1986) e Pêgas (2007) o cupim de madeira seca é uma espécie cosmopolita e o principal agente destruidor do material fora de contato com solo, colonizando madeiras com teor de umidade abaixo de 30%, sendo que a própria madeira e o ambiente em que vivem proporcionam a umidade necessária para a sobrevivência dos insetos.

Constantino (2002) cita que existem 53 diferentes espécies de cupins e quando uma peça de madeira é infestada, a colônia tem tamanho proporcional ao da peça atacada, desse modo, os cupins de madeira seca normalmente se apresentam em colônias variando de 300 até alguns milhares de indivíduos.

O modo de se avaliar a madeira após o ataque por cupins é através do método desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, denominado “Ensaio Acelerado de Laboratório da Resistência Natural ou de Madeira Preservada ao Ataque de Térmitas do Gênero *Cryptotermes*, da Família Kalotermitidae” (IPT, 1980), no qual são verificados a perda de massa, porcentagem de cupins mortos, número de furos nos corpos de prova e notas de ataque.

Trevisan et al. (2008), verificaram a degradação das espécies florestais *Eucalyptus urophylla* (eucalipto), *Melia azedarach* (cinamomo), *Lophantera lactescens* (lanterneira), *Pinus elliottii* (pinus) e *Inga marginata* (ingá) em dois tipos de solos, sendo um localizado em uma área de pastagem e outro em uma área florestal de regeneração natural durante 3 meses. A espécie de *E. urophylla* foi a mais degradada nos dois ambientes, apresentando 100% de infestação pelos cupins *Nasutitermes minor*, *Nasutitermes jaraguae* e *Heterotermes longiceps* ao final do ensaio. O

ambiente com maior infestação ocorreu na área florestal, onde 56,6% das peças foram degradadas pelos cupins, enquanto no campo de pastagem foram apenas 20%. Tal fato pode ser explicado uma vez que a área de pastagem é menos adequada ao cupim de solo, pois esse necessita de uma colônia específica encontrada na área florestal, com teor de umidade e temperatura adequados, dentre outros fatores.

Analisando a durabilidade natural de *Eucalyptus grandis* com idades de 10, 14, 20 e 25 anos ao ataque do cupim *Cryptotermes brevis*, Silva et al. (2004) verificaram que após 45 dias de ensaio a madeira de todas as idades mostrou-se altamente suscetível ao ataque de cupins, sendo as taxas de cupins mortos de 42%, 48%, 46% e 47% para as respectivas idades. A madeira de 10 anos foi a mais atacada, com desgaste semelhante ao da madeira de pinus (testemunha), revelando a baixa resistência natural da espécie. Segundo os autores, tal fato pode estar relacionado à menor porcentagem de extrativos e da maior quantidade de carboidratos presente em árvores mais jovens.

Paes et al. (2003) analisaram a resistência natural de espécies nativas do semiárido brasileiro (*Prosopis juliflora*, *Piptadenia macrocarpa*, *Myracrodruon urundeuva*, *Schinopsis brasiliensis*, *Senna siamea*, *Tabebuia aurea*, *Amburana cearenses*, *Tabebuia impetiginosa* e *Aspidosperma pyriformium*) ao ataque de cupins subterrâneos *Nasutitermes corniger* e verificaram que a resistência natural variou de acordo com as espécies. Lepage, 1986, cita que tal fato pode ocorrer devido à fatores como a diferença na densidade das madeiras, maior teor de extrativos, sílica e cinzas presentes ou não nas espécies de madeira estudadas.

Paes et al. (2007) ao analisarem a resistência natural em diferentes espécies de madeiras à degradação pelos térmitas *Nasutitermes corniger* durante 28 dias, verificaram ataques superficiais para as espécies *Cordia trichotoma* (louro pardo), *Mimosa tenuiflora* (jurema preta), *Mimosa caesalpiniiifolia* (sabiá) e *Azadirachta indica* (nim indiano); ataques moderados para *Tectona grandis* (teca) e *Croton sonderianus* (marmeleiro preto) e ataque severo na espécie *Leucaena leucocephala* (leucena). Quando analisado o cerne e o alburno, verificaram que as porcentagens de perda de massa no alburno variaram entre 3,77% e 13,89% e no cerne entre 2,51% e 11,82%. Em relação a mortalidade de cupins, as espécies apresentaram 100% de mortalidade em ambos tipos de lenho.

Em uma escala de 0 a 10, as notas de ataque no cerne variaram entre 7,76 e 9,96, indicando assim que houve ataque superficial na madeira e do alburno 6,80 e 9,68,

indicando um ataque moderado. A exceção se deu pela madeira de leucena, que apresentou as maiores perdas de massa na ordem de 23,05% e 17,89%, taxa de mortalidade de cupins de 59% e 85%, além de notas de ataques mais baixas 0,96 e 6,80, para o cerne e o alburno respectivamente. Segundo os autores, essa baixa resistência da espécie pode estar associada à existência de tecidos de crescimento primários próximos à medula, o que propicia pouca resistência à organismos xilófagos, principalmente cupins. Os autores não encontraram correlação positiva entre a degradação pelos térmitas e a densidade das madeiras, indicando que a resistência natural não está associada à densidade, mas sim à quantidade e classes de extrativos presentes na madeira (PAES et al., 2004; 2005).

Oliveira (1997) estudou o comportamento das espécies *Eucalyptus grandis*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus tereticornis*, *Eucalyptus pilularis*, *Eucalyptus cloeziana*, *Eucalyptus paniculata* e *Eucalyptus citriodora* frente ao ataque de *Cryptotermes brevis* e verificou os valores de nota de ataque entre 1,5 e 2,9; porcentagem de cupins mortos de 27,8 a 35,8% e número de furos entre 0 e 15. Segundo o autor, as madeiras de *E. grandis* e *E. urophylla* foram as mais suscetíveis, apresentando desgaste médio acentuado; a espécie *E. urophylla* apresentou grau de ataque intermediário e as espécies *E. cloeziana* e *E. citriodora* apresentaram melhor comportamento quando ao ataque dos cupins de madeira seca, quando comparadas à madeira usada como testemunha *Pinus elliottii*.

Silva et al. (2007) obtiveram 32,5% de mortalidade dos cupins *Cryptotermes brevis* quando expostos por 45 dias com a madeira de *Eucalyptus grandis*, não diferindo estatisticamente da testemunha de *Pinus elliottii*, que apresentou 55,4% de mortalidade dos cupins.

Paes (2002) ao avaliar a ação de cupins do gênero *Nasutitermes* na espécie *Corymbia maculata* aos 21 anos de idade, verificou os cupins ocasionaram perda de massa entre 4,30% e 6,81%, taxa de mortalidade dos cupins de 100% e notas de ataque entre 9,13 e 9,5 ocasionando somente desgaste superficial e classificando a madeira como resistente à ação desses insetos. Segundo o autor, a natureza e a concentração dos extrativos presentes no lenho podem ter sido a causa da mortalidade dos cupins.

Rodrigues (2011) verificou que as espécies *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla* com 21 anos de idade apresentaram perda de massa em torno de 2,8% após 12 semanas de teste de resistência da madeira ao ataque de cupins

subterrâneos em laboratório, sendo consideradas espécies bastante resistentes ao *Coptotermes gentroi*.

Gonçalves e Oliveira (2006) analisaram o desgaste, a quantidade de cupins mortos e o número de furos provocados pelo quando na presença de *Cryptotermes brevis* na madeira de seis espécies florestais: *Cedrela fissilis* (cedro rosa), *Cariocar brasiliense* (pequi), *Goupia glabra* (cupiúba), *Toona ciliata* (cedro australiano), *Tachigalia myrmecophila* (cacunda) e *Schilozobium parahyba* (guapuruvu). A madeira de cupiúba foi a mais resistente ao apresentar desgaste superficial e 90,4% de taxa de mortalidade dos cupins e nenhum furo, enquanto a testemunha (pinus) apresentou dano profundo, 17,5% de cupins mortos e dois furos. Os autores concluíram que apesar das madeiras apresentarem taxas similares de mortalidade de cupins, o desgaste na madeira foi diferente, indicando diferentes níveis de suscetibilidade entre as espécies.

## 2.7 Resistência da madeira ao intemperismo

A madeira quando é exposta às intempéries fica sujeita à ação de fatores químicos, mecânicos e energéticos que ocasionam variações de suas propriedades mecânicas e físicas como rugosidade da peça, levantamento da grã, fendilhamentos, mudança de cor e aparência desagradável da superfície da peça devido que as fibras que ficam soltas (GONÇALEZ et al., 2010; LEPAGE, 1986; SGAI, 2000; OLTEAN et al., 2008; SILVA e PASTORE, 2004; WILLIANS, 2005).

Embora todos os fatores climáticos exerçam influência sobre a madeira, a radiação solar e a precipitação são os mais relevantes em relação aos demais (CREEMERS et al., 2002). Uma vez exposta às intempéries, tanto a cor quanto a textura da madeira, sofrem alterações provocadas pela ação de raios ultravioletas ocasionando a fotodegradação e a fotodescoloração, o que segundo Sudiyani et al (1999), reduzem a vida útil da madeira.

Turkulin e Sell (2002) ao analisarem a qualidade da madeira de *Pinus sylvestris* após exposição durante 20 dias aos raios ultravioletas e 90% de umidade relativa, verificaram que as camadas superficiais e intemperizadas da madeira apresentaram 20% da sua resistência mecânica original. Segundo os autores, no primeiro dia de exposição, ocorreu um ligeiro aumento na resistência mecânica devido ao rearranjo dos polímeros. A máxima redução na sua resistência mecânica ocorreu do primeiro

ao quarto dia, devido a degradação fotoquímica da lignina e posteriormente à degradação fotoquímica da celulose.

As alterações nas propriedades químicas ocorrem na superfície da madeira devido aos fótons emitidos pela radiação solar, sendo a ação da luz ultravioleta (espectro eletromagnético menor que 30 nm) a principal responsável pela degradação fotoquímica. Essas alterações se dão através da ruptura das ligações químicas do material, e a passa a se apresentar rugosa e tem a coloração da superfície alterada. (LEPAGE, 1986; SGAJ, 2000; KATAOKA e KIGUCHI, 2001). Em algumas espécies a alteração da cor pode se dar inicialmente pelo amarelecimento ou escurecimento da superfície exposta da madeira, seguido por uma coloração acinzentada. O principal constituinte responsável pela fotodegradação da madeira é a lignina e a mudança de cor tem início após sua degradação por oxidação (COSTA et al., 2011a; MITSUI e TSUCHIKAWA, 2005).

A variação ( $\Delta$ ) da cor antes e após a exposição da madeira ao intemperismo é calculada através da diferença entre os valores finais e iniciais dos parâmetros colorimétricos  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  que resultam em  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  e  $\Delta b^*$ . A partir desses valores é possível quantificar a mudança total de cor  $\Delta E^*$  (COSTA et al., 2011).

Segundo Mitsui et al. (2004), a exposição da madeira à irradiação de luz apresenta coeficiente de correlação entre a degradação da lignina e a mudança de cor de 0,95 na madeira de *Cryptomeria japonica*.

Estando relacionado à decomposição da lignina, o fenômeno do intemperismo ocorre estritamente na superfície da peça (0,05 à 2,5 mm abaixo da superfície da madeira), devido à grande quantidade de sistemas cromóforos dos componentes distribuídos na camada externa que impedem a entrada da luz na madeira (COSTA et al., 2011a; CRUZ, 2001; LEPAGE, 1986; SILVA e PASTORE, 2004).

Hon (2001) cita que a fotodegradação ocasionada pela radiação ultravioleta na madeira consegue penetrar a uma profundidade de 75 nm e a visível atinge cerca de 200 nm, dependendo da cor original da madeira. Embora a radiação visível penetre mais profundamente na madeira, sua energia é abaixo de 70 kcal/mol, sendo insuficiente para quebrar as ligações químicas dos constituintes da madeira. No entanto, a energia associada à radiação ultravioleta é de 90 kcal/mol, provocando mais danos à estrutura da madeira, já que é maior que a energia de ligação C-C que está em torno de 87 kcal/mol (COSTA et al., 2011; PANDEY, 2005).

Oltean et al. (2008) verificaram a cor de dezoito madeiras após o ensaio de intemperismo e concluíram que as espécies diferiram na mudança de cor após a fotodecomposição. As espécies *Picea abies* ( $\Delta L^* -1,3$ ) e *Robinia pseudoacacia* ( $\Delta L^* -10,9$ ), se tornaram mais escuras e as espécies *Juglans regia* ( $\Delta L^* 6,1$ ) e *Ulmus glabra* com  $\Delta L^* 5,2$  se tornaram mais claras. As espécies *Robinia pseudoacacia* ( $\Delta a^* 4,6$ ) e *Picea abies* ( $\Delta a^* 4,3$ ) se tornaram mais avermelhadas e as espécies *Picea abies* ( $\Delta b^* 10,5$ ) e *Abies alba* ( $\Delta b^* 10,0$ ) mais amareladas. Já as espécies *Prunus avium* ( $\Delta a^* -3,4$ ) e *Pyrus communis* ( $\Delta a^* -2,8$ ) passaram a ser mais esverdeadas e a espécie *Pinus sylvestris* ( $\Delta b^* -1,1$ ) mais azulada.

Martins et al. (2011), avaliaram o processo de fotodegradação da cor superficial das espécies *Pinus caribea* var. *hondurensis* e *Eucalyptus benthamii* e verificaram que ambas espécies apresentaram escurecimento ao longo do tempo, principalmente nas primeiras horas de exposição. Os valores encontrados para o *E. benthamii* para  $\Delta L$ ,  $\Delta a$  e  $\Delta b$ , respectivamente, foram -15,84, 4,93 e 10,67, indicando que a madeira se tornou rosa acinzentada. Para o *P. caribea*, os valores ao final do ensaio foram  $\Delta L = -11,05$ ,  $\Delta a = 6,37$  e  $\Delta b = 12,44$  e a cor da madeira tornou-se amarelo-claro. Segundo os autores, o escurecimento da madeira de *Eucalyptus benthamii* foi bastante influenciado pela pigmentação vermelha.

## 2.8 Preservação da madeira

Proteger a madeira utilizada em construções e marcenaria contra sua degradação por agentes bióticos e abióticos é possível e econômico, além de minimizar a questão da falta de madeiras duráveis e reduzir a necessidade de reparos frequentes ou até mesmo a substituição de peças (JANKOWSKY, 1990; MATTOS et al., 2013). A madeira tratada quimicamente tem sua durabilidade influenciada pela qualidade do produto preservativo, pelas características da madeira, pelo processo utilizado para o tratamento e pelas condições ambientais a que se expõe a peça (GALVÃO e JANKOWSKY, 1986; JANKOWSKY et al., 1993).

Campos et al. (2003) afirmam que a resistência da madeira tratada quimicamente é aumentada em relação a madeira usada de forma natural, tornando-se assim viável a realização do tratamento da madeira.

Paes et al. (2008) verificaram que a resistência da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) D.C.) tratada com três diferentes concentrações de CCB a cupins

xilófagos do gênero *Nasutitermes* apresentaram perda de massa de 2,74% enquanto as que não receberam tratamento sofreram perda de massa da ordem de 21,77%. Ramos et al. (2006) verificou para a mesma espécie em ensaio de apodrecimento acelerado que o CCB conferiu às peças tratadas aumento de 59% de resistência da madeira ao fungo *Postia placenta*.

Em estudos realizados, Galvão e Jankowsky (1986) compararam a durabilidade de mourões de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake preservados após 11 anos em testes de campo. O tratamento realizado com uma mistura de sulfato de cobre (50%) e bicromato de potássio (50%) através do método de absorção por transpiração radial mostrou durabilidade de 11 anos para madeira de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake.

Araújo et al. (2012) ao estudarem a durabilidade de estacas de madeira de *E. citriodora* tratada com CCA ambiente amazônico, verificaram que as peças sem tratamento preservativo foram rapidamente infestadas por fungos xilófagos, enquanto as estacas tratadas com o preservativo CCA permaneceram sadias, sem sinais de ataque por organismos xilófagos. Os autores não realizaram a identificação dos fungos presentes nas peças, porém, eles afirmam que a madeira apresentou avançado estágio de degradação, indicando a presença de fungos causadores da podridão parda e podridão branca.

Denomina-se preservativo da madeira a combinação de várias substâncias químicas aplicadas à madeira visando uma proteção duradoura contra a ação de organismos xilófagos. Esses preservativos normalmente são divididos em duas categorias: oleossolúveis e hidrossolúveis (SGAI, 2000).

Os preservativos hidrossolúveis são solúveis em água e compreendem compostos químicos com mais de uma molécula na sua formação, assim a presença de mais de uma substância na madeira aumenta sua eficiência contra um número maior de organismos xilófagos (LEPAGE, 1986). Segundo Forest Products Laboratory (2010), preservativos hidrossolúveis deixam a superfície da madeira tratada mais limpa em comparação a outros produtos químicos, passível de acabamento e livre de odores desagradáveis. São classificados como preservativos hidrossolúveis o CCA (à base de cromo, cobre e arsênio) e CCB (à base de cromo, cobre e boro) (LEPAGE, 1986). O CCA, como é conhecido popularmente, (do inglês Chromated Copper Arseanate) é um produto preservativo salino, em sua composição estão presentes os elementos cobre (ação fungicida); arsênio (atua como inseticida) e o cromo (fixação dos componentes, tornando-os resistentes a lixiviação). Embora o CCA seja aceito



em diversos países, a presença do elemento arsênio em sua composição restringe seu uso principalmente por ser tóxico ao homem (RAMOS et al., 2006).

O produto preservativo CCB (Borato de Cobre Cromatado), surgiu a partir da necessidade de se desenvolver um produto menos tóxico que o CCA ao ser humano e ao meio ambiente. Além dessa preocupação, outro fator importante foi o fato do produto preservativo CCB se fixar mais lentamente na madeira facilitando o tratamento de madeiras menos permeáveis. A presença do elemento boro na composição permite que o produto seja utilizado em tratamentos sem pressão e também em autoclave (LEPAGE, 1986; FOREST PRODUCTS LABORATORY, 2010).

A tolerância de alguns fungos ao cobre está relacionada com a excreção de ácido oxálico pelos fungos. O ácido oxálico produzido pelos fungos reage com o cobre na madeira para formar o oxalato de cobre insolúvel (HUMMAR et al., 2004). Richardson (1997) cita que o cobre deve ser solúvel para ter efeito fungicida, no entanto, o oxalato de cobre é insolúvel e, portanto, não tem efeito fungicida. Em estudo com a madeira de abeto da Noruega impregnada com CCB, Pohleven et al., (2002) verificaram que determinadas cepas não apresentavam tolerância ao cobre e presumiram que o motivo de tal fato poderia ser a presença do elemento boro, inibindo o crescimento de fungos e a degradação da madeira.

Segundo Yalinkilic et al. (1998), o boro tem a capacidade de atuar como inseticida e fungicida, sendo um produto incolor, inodoro e baixa toxicidade, no entanto, seus compósitos são suscetíveis à lixiviação uma vez que não são permanentemente fixados na madeira. No entanto, o boro apresenta capacidade de adicionar proteção bastante resistente à deterioração, mesmo após condições severas ou intemperismo.

O uso de métodos alternativos aos industriais no tratamento preservativo de madeira pode ser considerado como uma forma de igualar socialmente pequenos, médios e grandes produtores, diversificando e agregando valor aos produtos originados de recursos florestais. Além disso, pode diminuir os custos de transportes quando as usinas de tratamento industriais se localizam muito afastadas da propriedade (MAGALHÃES e PEREIRA, 2003). Os processos sem pressão são fáceis de serem conduzidos quando comparados aos métodos que utilizam pressão e não exigem mão de obra especializada, além de dispensar investimentos em equipamentos (COSTA, 2005; LEPAGE, 1986). Podem proporcionar alta durabilidade às madeiras com baixa resistência aos organismos xilófagos podendo ser de três a dez vezes maior que a durabilidade natural (BLEW, 1965; WEHR, 1985).

Dentre os processos sem pressão, está o de substituição de seiva que é dividido em dois tipos: Boucherie e transpiração radial. O método de transpiração radial baseia-se na substituição da seiva por uma solução preservativa hidrossolúvel que deve ter entre 2% e 5% de concentração onde a madeira verde e roliça é descascada e disposta verticalmente em tambores com sua base maior imersa na solução preservativa em tambores cortados ao meio. O processo deve ocorrer em ambiente abrigado da chuva e do sol e que permita boa ventilação entre as peças (LEPAGE, 1986). Uma vez que visa substituir a seiva da madeira ainda verde pela solução preservativa através das forças de capilaridade é necessário que a madeira seja tratada no máximo 24 a 48 horas após a sua derrubada (LEPAGE, 1986; FARIAS SOBRINHO et al., 2005; TORRES et al., 2011).

A penetração do produto químico é uma forma de avaliar qualitativamente, através de reações colorimétricas, a profundidade atingida e a distribuição do produto no interior da madeira (CAMPOS et al., 2003) e está relacionada com sua permeabilidade. A permeabilidade pode determinar a qualidade de impregnação de produtos preservativos e assim a durabilidade da madeira pode ser prolongada empregando-se tratamento químico adequado (BRISOLARI, 2008; LEPAGE, 1986). Os níveis de penetração são variáveis em tratamentos com pressão e sem pressão. A norma P-EB – 474 da ABNT (1973) estabelece que a penetração do produto seja total no alburno, porém Galvão (1968) afirma que não é possível que o alburno seja 100% tratado em métodos que não utilizam pressão durante o tratamento de madeira. Desse modo, classificam-se penetrações superiores a 10 mm como satisfatórias. Apesar de a penetração ser considerado um bom indicativo da eficiência do tratamento, ela não representa o valor real da proteção alcançada e desse modo se faz necessária a análise da retenção do produto preservativo na madeira (PAES et al., 2001).

Assim, outra forma de se avaliar quantitativamente a eficiência do tratamento preservativo é através da retenção do produto químico. A retenção é definida como a quantidade, expressa em kg/m<sup>3</sup>, de produto químico retido em um determinado volume de madeira (LEPAGE, 1986). A norma P-EB – 474 da ABNT (1973) estabelece que peças em contato com o solo, tratados com sais hidrossolúveis devem apresentar uma retenção mínima de 6,5 kg de ingredientes ativos/m<sup>3</sup> de madeira tratada. Já peças que não estejam em contato com o solo, mas exposta à intempérie,

a retenção mínima apresentada deve ser de 4,0 kg de ingredientes ativos/m<sup>3</sup> de madeira tratada.

Contudo, outras propriedades além de penetração e retenção são importantes para qualificar a madeira tratada e não tratada, dentre as quais: durabilidade natural a organismos xilófagos como fungos e cupins e variação colorimétrica entre os tipos de lenho e variação que o tratamento preservativo pode promover na madeira. Além disso, é interessante fazer um agrupamento das espécies estudadas em função do tipo de lenho e de sua durabilidade natural.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Para realização do presente estudo, foram utilizadas 8 (oito) espécies de *Eucalyptus* spp., sendo 3 (três) árvores de cada espécie de onde foram retirados 3 toretes de cada árvore com 2,20 m de comprimento e DAP em torno de 12 a 16 cm, totalizando 9 toretes por espécie, de onde se obteve 72 toretes ao todo. As espécies de madeira estudadas foram: *Eucalyptus camaldulensis*, *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus cloeziana*, *Eucalyptus urophylla*, *Eucalyptus torelliana*, *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus grandis* e o híbrido *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* que apresentaram massa específica básica de 0,69; 0,75; 0,66; 0,58; 0,61; 0,46; 0,59 e 0,53 g/cm<sup>3</sup>, respectivamente. A massa específica básica foi determinada através de discos retirados entre os toretes.

As árvores eram provenientes de um povoamento com 20 anos de idade, em um plantio localizado na Fazenda Experimental Lageado – UNESP – Botucatu, SP.

#### 3.1 Coleta e preparo do material

Após a derrubada das árvores e traçamento do fuste, os toretes foram transportados para o Laboratório de Secagem e Preservação de Madeira da Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP de Botucatu, SP. Os toretes selecionados foram descascados e tratados pelo método denominado substituição de seiva, por transpiração radial. O produto empregado para o tratamento dos toretes foi o CCB (Borato de Cobre Cromatado), que segundo a norma P-EB-474 da ABNT (1973) é constituído por cobre, cromo e boro, na proporção química de CrO<sub>3</sub> 63,5%, CuO 26,0% e B 10,5%, respectivamente. A concentração da solução preservativa foi de 2,0% de ingredientes ativos, como sugere a literatura, dentre os quais: Farias Sobrinho et al. (2005), Paes (1991), Paes et al. (2005), Paes et al. (2007), Paes et al. (2008), Ramos et al. (2006) e Torres et al. (2011). A escolha desse método se deve ao fato de ser uma técnica de manuseio simples e adequada ao meio rural.

A Figura 3 ilustra o local de retirada das árvores e o tratamento dos toretes.

**Figura 3 - Local de retirada das árvores (A), toretes já descascados (B), toretes durante o tratamento (C), toretes armazenados no pátio de secagem ao ar livre, após o tratamento (D).**



Posteriormente, foram produzidos os corpos de prova para os ensaios de resistência da madeira tratada e não tratada das 8 espécies à ação de organismos xilófagos e ao intemperismo e também a análise colorimétrica do cerne, do alburno e do alburno tratado.

### **3.2 Obtenção de corpos de prova e caracterização das propriedades da madeira tratada e não tratada de *Eucalyptus* spp**

Após o tratamento preservativo dos toretes, foram analisados os resultados da penetração, retenção e profundidade de rachaduras das oito espécies de *Eucalyptus* estudadas.

As oito espécies de *Eucalyptus* do presente estudo atingiriam a penetração mínima de 10 mm recomendada por Galvão (1968) sendo os valores: *E. citriodora* (18,96 mm); *E. urophylla* x *E. grandis* (10,01 mm); *E. urophylla* (12,49 mm); *E. camaldulensis* (10,41 mm); *E. torelliana* (27,61 mm); *E. cloeziana* (12,43 mm); *E. saligna* (14,38 mm) e *E. grandis* (13,94 mm) para o elemento cobre. Para o elemento

boro, os valores foram: *E. citriodora* (30,99 mm); *E. urophylla* x *E. grandis* (20,63 mm); *E. urophylla* (14,39 mm); *E. camaldulensis* (16,06 mm); *E. torelliana* (30,28 mm); *E. cloeziana* (16,85 mm); *E. saligna* (16,95 mm) e *E. grandis* (15,21 mm).

A análise de retenção de produto preservativo indicou que todas as espécies de *Eucalyptus* estudadas atingiram a retenção mínima de 6,5 kg/m<sup>3</sup> do produto preservativo CCB, conforme estipula a norma P-EB-474 da ABNT (1973): *Corymbia citriodora* (8,85 kg/m<sup>3</sup>); *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* (9,63 kg/m<sup>3</sup>); *Eucalyptus urophylla* (12,44 kg/m<sup>3</sup>); *Eucalyptus camaldulensis* (10,51 kg/m<sup>3</sup>); *Eucalyptus torelliana* (8,51 kg/m<sup>3</sup>); *Eucalyptus cloeziana* (6,70 kg/m<sup>3</sup>); *Eucalyptus saligna* (9,81 kg/m<sup>3</sup>) e *Eucalyptus grandis* (11,51 kg/m<sup>3</sup>).

Após essas avaliações, os toretes foram processados mecanicamente para a obtenção de tábuas perfeitamente orientadas em função dos três planos anatômicos (radial, tangencial e longitudinal). Foram retirados corpos de prova do cerne, do alburno sem tratamento e do alburno tratado, com dimensões estipuladas seguindo a recomendação das normas técnicas para cada ensaio: resistência da madeira à fungos deterioradores, resistência da madeira ao cupim da madeira seca e resistência da madeira ao intemperismo.

### **3.3 Resistência das madeiras de *Eucalyptus* spp. aos fungos deterioradores**

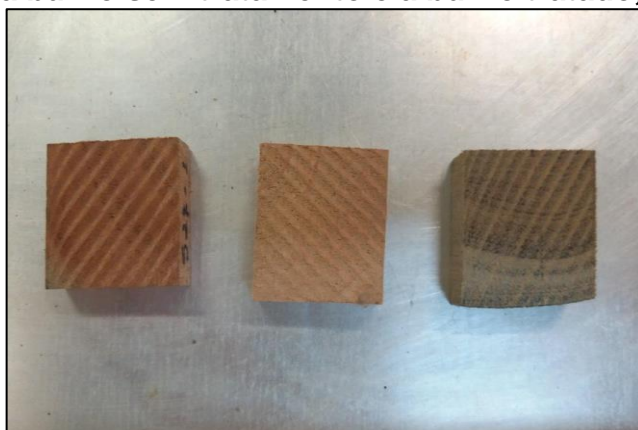
Neste estudo, foi realizado o ensaio de apodrecimento acelerado para se verificar o efeito do tratamento preservativo na durabilidade natural do cerne e do alburno de várias espécies de *Eucalyptus* spp., conhecido internacionalmente como “soil-block”, executado segundo a norma americana ASTM D-1413 (1994) e ASTM D-2017 (2005), com algumas adaptações como tamanho dos fracos e fungos utilizados.

#### **3.3.1 Preparo dos corpos de prova de madeira e das culturas fúngicas**

Foram retirados o cerne, o alburno sem tratamento e o alburno tratado, com dimensões em torno de 25,0 mm x 25,0 mm x 9,0 mm, sendo a menor dimensão na direção longitudinal, segundo recomendação da norma ASTM D-2017 (2005). O material usado nos ensaios de apodrecimento acelerado da madeira foi composto por um lote de 3 toretes de cada espécie de onde foram retirados 3 corpos de prova de cada lenho estudado (cerne, alburno sem tratamento e alburno tratado), totalizando

27 corpos de prova por espécie de eucalipto para cada fungo utilizado. A Figura 4 ilustra os corpos de prova.

**Figura 4 - Cerne, alburno sem tratamento e alburno tratado, respectivamente.**



Os corpos de prova foram lixados e secos em estufa elétrica, com ventilação forçada e pré-regulada a  $103\pm 2^{\circ}\text{C}$  até atingirem peso constante. Posteriormente, os corpos de prova foram pesados em balança com precisão de 0,01g para a determinação de sua massa inicial (Mi), conforme orientação da norma ASTM D-1413 (1994).

Para verificar a deterioração da madeira foram utilizados os fungos *Gloeophyllum trabeum* e *Pycnoporus sanguineus*. A escolha desses fungos se deve ao fato de serem bastantes atuantes no Brasil. Embora o *Pycnoporus sanguineus* não esteja listado na norma americana ASTM – D 2017 como o *Gloeophyllum trabeum*, que juntamente com o *Trametes versicolor* tem maior importância nos Estados Unidos, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas orienta que os ensaios de resistência sejam realizados com esses dois fungos.

A cultura de *Gloeophyllum trabeum* foi obtido através da micoteca do INPA (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia) ID 408. O fungo *Pycnoporus sanguineus* foi coletado da micoteca do Laboratório de Patologia Florestal do Departamento de Produção Vegetal da FCA – UNESP – Botucatu, SP, Brasil).

### 3.3.2 Ensaio de apodrecimento acelerado do tipo “soil-block”

Para o ensaio de apodrecimento acelerado do tipo “soil-block” foram utilizados 72 (setenta e dois) frascos de vidro com tampa rosqueável e capacidade de 725 ml de volume interno para o ensaio com o fungo *Gloeophyllum trabeum* e 72 frascos para o ensaio com o fungo *Pycnoporus sanguineus*. Dentro de cada frasco foram colocados 250 g de solo argiloso e 55 ml de água destilada. Foi adicionada uma placa suporte de madeira de alburno de *Pinus* spp. denominada alimentador, nas dimensões de 0,3 x 5,0 x 5,0 cm sobre o solo, servindo de substrato para o desenvolvimento dos fungos, conforme descrição da norma ASTM D-2017 (2005).

O solo utilizado como substrato foi coletado na Fazenda Experimental Edgárdia, pertencente a FCA – UNESP de Botucatu – SP. Trata-se de latossolo roxo, retirado de horizonte B, com textura argilosa e capacidade de retenção de água de 29%. Após a coleta, foi realizada a análise do solo no Laboratório de Solos da FCA-UNESP de Botucatu – SP e seu pH foi após aplicação de calcário dolomítico com PRNT 91,5% na proporção de 400 g para 100 kg de solo. O solo foi peneirado em peneira de 4 mm de abertura afim de se eliminar torrões e impurezas.

A quantidade de água a ser adicionada em cada frasco foi calculada através da Equação 1.

$$QH_2O = [1,30 * (A - B)] * \frac{[M_{solo}]}{(100+B)} \quad (1)$$

Sendo:

QH<sub>2</sub>O= quantidade de água a ser adicionada (g);

A= capacidade de retenção de água do solo (%);

B= teor de umidade do solo seco ao ar (estocado) (%);

M<sub>solo</sub>= massa de solo seco ao ar a ser adicionada ao frasco (g)

Para a determinação do teor de umidade inicial do solo, foram secas três porções de 50 g do solo a ser utilizado, em estufa a 103±2°C, alcançando-se assim um teor médio de umidade de 13,0%. Após o preparo, os frascos foram colocados na autoclave a 121±1°C e pressão de 1 atmosfera durante 1 hora, a fim de evitar a contaminação por outros tipos de fungos. Posteriormente a esterilização, o alimentador recebeu 1 (um) inóculo central de 1 cm<sup>2</sup> da cultura pura de cada fungo



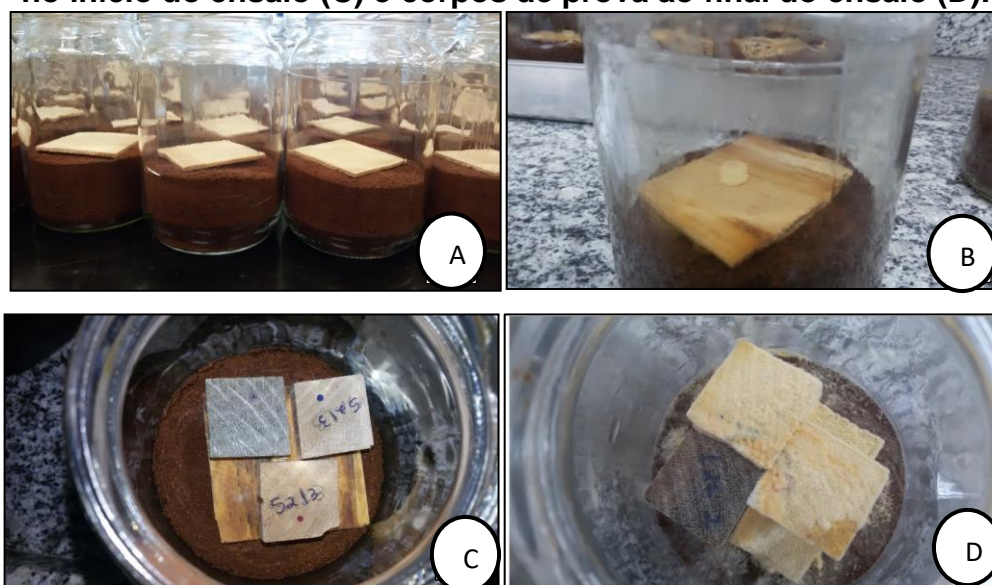
testado. Os procedimentos foram realizados em uma câmara de fluxo laminar para evitar a contaminação do material.

Após a inoculação do fungo, os frascos foram acondicionados em B.O.D pré-regulada nas condições estipuladas pela norma ASTM D-2017 (2005) - temperatura de  $26,7\pm 1^\circ\text{C}$  e umidade relativa de  $70\pm 4\%$  - e após 14 (quatorze) dias, toda extensão superficial de cada alimentador foi colonizada pelo fungo xilófago.

Posteriormente, um conjunto composto por 3 (três) corpos de prova (cerne, alburno sem tratamento e alburno tratado) de cada mourão, de cada uma das 8 (oito) espécies estudadas, foram colocados em cada frasco. Esses corpos de prova foram esterilizados nas condições estabelecidas pela norma ASTM D-2017 (2005) em câmara de raios UV e colocados no interior do frasco, sobre o suporte alimentador.

Os frascos foram novamente colocados em estufa do tipo B.O.D com ausência de luz favorecendo o crescimento vegetativo do fungo e pré regulada, com temperatura de  $26,7\pm 1^\circ\text{C}$  e umidade relativa de  $70\pm 4\%$ , conforme estabelecido pela norma ASTM D-2017 (2005). O material permaneceu incubado nessas condições durante 12 semanas, como sugerido pela norma ASTM D-1413 (1994). A Figura 5 ilustra as etapas do ensaio.

**Figura 5 - Preparos dos frascos (A), inoculação do fungo (B), corpos de prova no início do ensaio (C) e corpos de prova ao final do ensaio (D).**



### 3.3.3 Avaliação da perda de massa durante os ensaios de apodrecimento

Após o fim do período de incubação, os corpos de prova foram retirados dos frascos e limpos sob água corrente, removendo-se cuidadosamente os micélios do fungo com uma escova. Posteriormente, os corpos de prova foram acondicionados novamente em estufa elétrica, com ventilação forçada e pré-regulada a  $103\pm 2^{\circ}\text{C}$  até atingirem sua nova massa completamente seca. Em seguida, foi realizada a pesagem dos corpos de prova em balança com precisão de 0,01 g para determinação de sua massa final ( $M_F$ ).

A perda de massa de cada corpo de prova foi calculada através da diferença entre a massa inicial ( $M_i$ ) e a massa final ( $M_F$ ) na mesma condição de pesagem antes e após a exposição aos fungos deterioradores e pela aplicação da equação 2.

$$PM\% = \frac{M_i - M_f}{M_i} * 100 \quad (2)$$

Sendo:

PM = perda de massa dos corpos de prova submetidos aos ensaios de apodrecimento (%);

$M_i$  = massa inicial dos corpos de prova (g);

$M_f$  = massa dos corpos de prova após a sua deterioração (g).

Através dos valores de perda de massa obtidos pode-se estabelecer uma medida de suscetibilidade relativa ao apodrecimento ou, inversamente, da resistência ao apodrecimento das amostras de madeira controle e das submetidas ao tratamento preservativo (ASTM D 2017, 2005).

### 3.4 Resistência das madeiras de *Eucalyptus* spp. ao cupim de madeira seca *Cryptotermes brevis*

O ensaio de resistência da madeira ao cupim de madeira seca foi realizado baseando-se no método desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo denominado “Ensaio Acelerado de Laboratório da Resistência Natural ou de Madeira Preservada ao Ataque de Térmitas do Gênero *Cryptotermes*, da Família Kalotermitidae” (IPT, 1980).

Para o ensaio, foram utilizados 3 (três) mourões de cada espécie, de onde foram retirados 6 (seis) corpos de prova de cada mourão, sendo 2 (dois) corpos de prova em cada um dos lenhos a serem estudados: cerne, alburno sem tratamento e alburno tratado, totalizando 18 (dezoito) corpos de prova por espécie e 144 corpos de prova no ensaio.

Os corpos de prova com dimensões de 10 x 70 x 23 mm, livres de defeitos e sem nós foram selecionados e colocados aos pares para compor o ensaio de resistência a cupins. Esses corpos de prova (cerne, alburno sem tratamento e alburno tratado) foram colocados em placas de Petri, unidos aos pares sobre uma manga de PVC de 1,5 polegadas, restringindo a área de ataque a 11,4 cm<sup>2</sup> (Figura 6A). Em cada uma das placas foram colocados 40 cupins de madeira seca *Cryptotermes brevis*, sendo 39 operários e 1 soldado (Figura 6C). As placas com os cupins foram colocadas em câmara climatizada, ausente de fotoperíodo, na temperatura de (27 ± 2°C) e umidade relativa de (70 ± 2%), durante 45 dias, conforme ilustra Figura 6.

Paralelamente, foram montados e colocados sob as mesmas condições laboratoriais 8 (oito) pares de corpos de prova da madeira de *Pinus elliottii*, para servirem como testemunha garantindo a viabilidade do ensaio.

**Figura 6 - Mangas de PVC (A), câmara climática e os corpos de prova com cupins (B), cupins *Cryptotermes brevis* (C).**



Após o período de teste, foram avaliadas a perda de massa causada pelo cupim nos corpos de prova, a taxa de mortalidade dos cupins e a nota de ataque, segundo classificação da norma IPT – N 1157 – D/D2 DIMAD – 1980.

Posteriormente, os resultados foram avaliados quantitativamente por perda de massa dos corpos de prova de cada lenho (cerne, alburno sem tratamento e alburno tratado) antes e após o ensaio de resistência ao cupim *C. brevis*, conforme a equação (3).

$$PM = \frac{M_i - M_f}{M_i} * 100 \quad (3)$$

Sendo:

PM = perda de massa dos corpos de prova pelo cupim de madeira seca, em %;

M<sub>i</sub> = massa inicial absolutamente seca (antes da exposição ao *C. brevis*), em g;

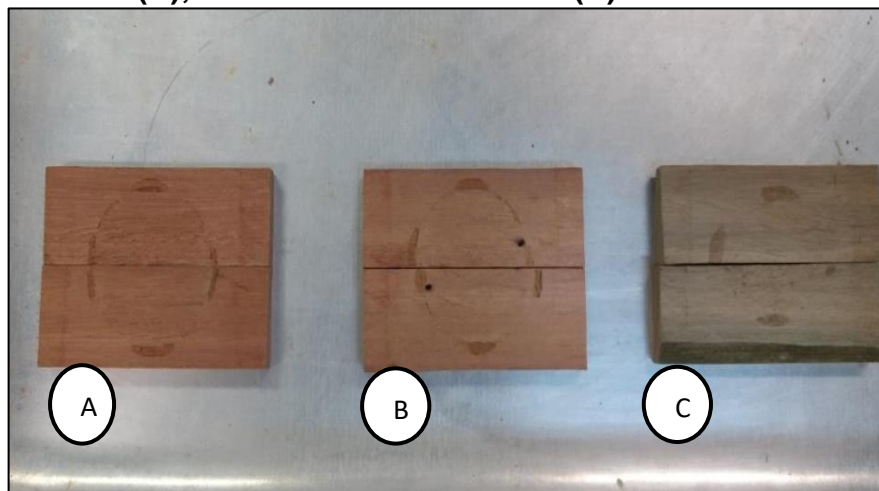
M<sub>f</sub> = massa final absolutamente seca (após exposição ao *C. brevis*), em g.

Para a avaliação qualitativa, os danos provocados por *C. brevis* foram classificados conforme a norma IPT – N° 1157 – D/D2 DIMAD (1980), sendo que os critérios para avaliação da resistência da madeira ao cupim são: mortalidade dos cupins, quantidade de orifícios presentes nos corpos de prova e a avaliação dos corpos de prova por três pessoas através de notas de 0 a 4, que qualificaram subjetivamente o desgaste ocorrido no material em comparação à testemunha, onde:

- 0- Nenhum desgaste
- 1- Desgaste superficial
- 2- Desgaste moderado
- 3- Desgaste acentuado
- 4- Desgaste profundo (correspondente ao desgaste observado na madeira de *Pinus* spp., utilizada como testemunha)

A Figura 7 ilustra os corpos de prova do cerne, alburno sem tratamento e alburno tratado, respectivamente, ao final do ensaio.

**Figura 7 - Corpos de prova após ensaio de resistência ao cupim da madeira seca. Cerne (A), alburno sem tratamento (B) e alburno tratado (C).**



### **3.5 Caracterização colorimétrica das madeiras de *Eucalyptus* spp**

Para a caracterização colorimétrica da madeira foi utilizado um espectrofotômetro de Reflectância Portátil da marca BYK Gardner, modelo CD-6834, com diâmetro da área de medição de cor de 11 mm e ângulo de geometria óptica de 8°. O equipamento foi calibrado para fazer leituras com iluminante D65 (luz do dia) e grau do observador de 10°.

Conforme estipula o sistema colorimétrico CIE  $L^*a^*b^*$  de 1976, foram determinados os seguintes parâmetros colorimétricos:  $L^*$  (brilho),  $a^*$  (coordenada do eixo verde-vermelho) e  $b^*$  (coordenada do eixo azul-amarelo). De posse desses dados, foi possível calcular todos os demais parâmetros colorimétricos, conforme ASTM E-308 (1999).

Para cada lenho foram realizadas 3 leituras na face original totalizando assim 9 leituras por corpo de prova. A Figura 8 ilustra a determinação dos parâmetros colorimétricos da madeira de *Eucalyptus* spp.

**Figura 8 - Calibração do espectrofotômetro e determinação dos parâmetros colorimétricos da madeira de *Eucalyptus* spp.**



### 3.6 Ensaio de resistência das madeiras de *Eucalyptus* spp. ao intemperismo

Para avaliar a resistência da madeira de *Eucalyptus* spp. ao intemperismo foram realizados procedimentos conforme a norma ASTM G-154 (2006). Cada corpo de prova foi acomodado em suportes dentro de uma câmara de intemperismo, conforme mostra a Figura 9, e as suas superfícies foram expostas a irradiação com luz UVA-340, através de lâmpadas que emitem irradiação com comprimento de onda de 340 nm e apresentam irradiância de 1,55W/m<sup>2</sup>/nm.

Foram utilizados 3 corpos de prova de cada uma das 8 espécies estudadas, totalizando 24 corpos de prova. As dimensões de cada corpo de prova eram de 20 x 70 x 90 mm, contendo os 3 lenhos a serem estudados (cerne, alburno sem tratamento e alburno tratado), sendo uma face exposta ao ensaio de intemperismo e a outro permanecendo na condição original.

Os corpos de prova foram expostos a ciclos alternados de radiação, umidade e temperatura, controlados de acordo com o recomendado na norma da American Society for Testing and Materials – ASTM G 154 (2006), Anexo I, ciclo 7.

A Tabela 2 apresenta os parâmetros técnicos que foram aplicados no ensaio.

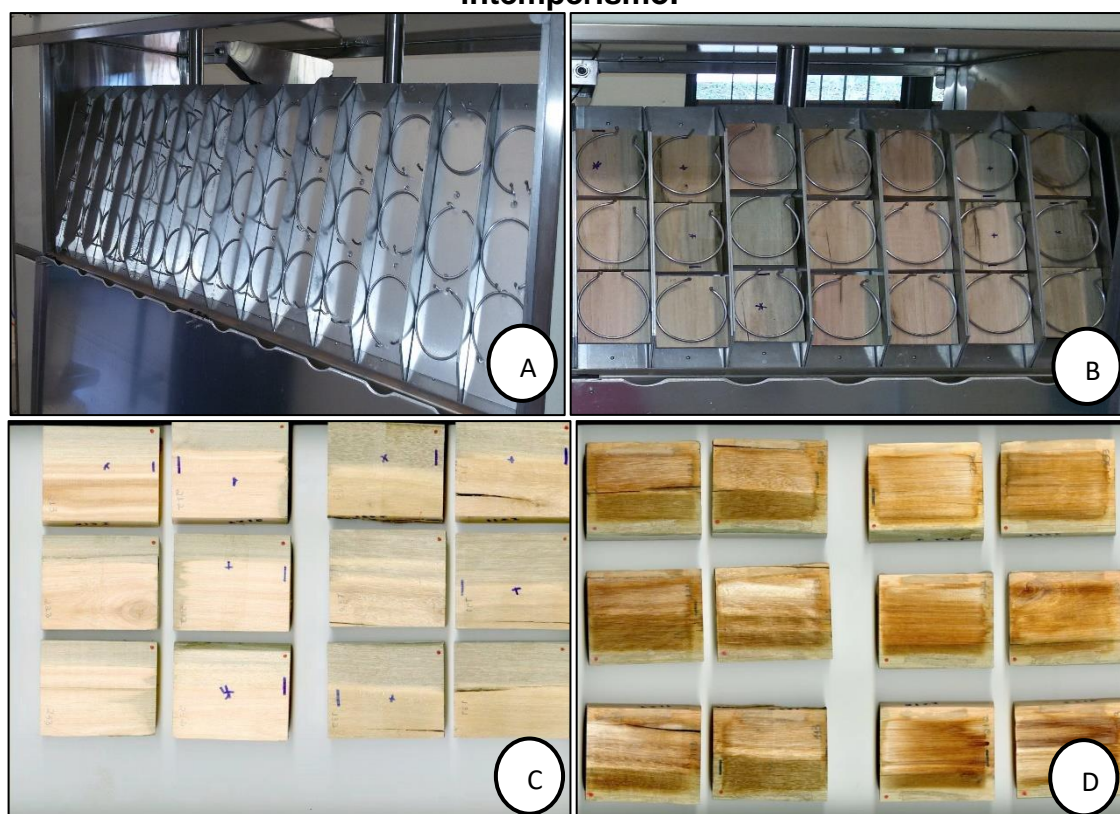
**Tabela 2 - Parâmetros técnicos dos ciclos de intemperismo aplicados no ensaio de intemperismo acelerado.**

Parâmetro	Característica
Radiação	1,55 W/m <sup>2</sup> /nm com o uso de lâmpada UVA 340 com comprimento de onda de aproximadamente 340 nm.
Exposição luminosa	8 horas na faixa do ultravioleta (UV) à 60 ± 3°C.
Exposição à umidade	0,25 horas de umidade com spray (sem luz) em temperatura não controlada.
Condensação	3,75 horas de condensação à 50 ± 3°C.

Os corpos de prova, devidamente identificados foram posicionados na área de exposição da câmara. Após 100 ciclos de exposição totalizando 1200 horas de ensaio, os corpos de prova foram retirados e a face intemperizadas foi avaliada de acordo com a caracterização colorimétrica conforme metodologia do item 3.5.

A Figura 9 ilustra a câmara de ensaio, posição dos corpos de prova e corpos de prova antes e após o ensaio.

**Figura 9 - Câmara de ensaio de intemperismo (A), corpos de prova acondicionados na câmara, corpos de prova antes e após o ensaio de intemperismo.**



As diferenças ( $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  e  $\Delta b^*$ ) existentes entre a madeira controle (testemunha) e as intemperizadas foram determinadas com os parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ , utilizando-se as equações (4), (5) e (6). Esses valores foram empregados para determinar as mudanças na saturação ( $\Delta C^*$ ), tonalidade ( $\Delta h^\circ$ ) e cor ( $\Delta E^*$ ), conforme mostram as equações (7), (8) e (9).

$$\Delta L^* = L_F^* - L_I^* \quad (4)$$

$$\Delta a^* = a_F^* - a_I^* \quad (5)$$

$$\Delta b^* = b_F^* - b_I^* \quad (6)$$

$$\Delta C = \sqrt{\Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (7)$$

$$h^\circ = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right) \quad (8)$$

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad (9)$$

Sendo:

$L_I^*$ ,  $a_I^*$ ,  $b_I^*$  - parâmetros colorimétricos da madeira antes do intemperismo;

$L_F^*$ ,  $a_F^*$ ,  $b_F^*$  - parâmetros colorimétricos da madeira após o intemperismo.

$\Delta L$  = variação do brilho dos corpos de prova com a ação do intemperismo

$\Delta a$  = variação da cor sobre o eixo vermelho-verde a ação do intemperismo

$\Delta b$  = variação da cor sobre o eixo amarelo-azul a ação do intemperismo

$\Delta E$  = variação total da cor a ação do intemperismo

$\Delta C^*$  - alteração da saturação da cor dos corpos de prova com a ação do intemperismo;

$\Delta h^\circ$  - alteração da tonalidade dos corpos de prova com a ação do intemperismo;



### 3.7 Análise Estatística

Para a análise estatística foi utilizado o programa Minitab 17, onde foi feito o teste de normalidade Komolgorov-Smirnov a 5% de significância e transformada das variáveis sem distribuição normal pelo teste Box-cox.

Todas as variáveis: resistência do cerne, alburno e madeira tratada aos fungos degradadores; resistência do cerne, alburno e madeira tratada ao cupim da madeira seca *Cryptotermes brevis*; resistência do cerne, alburno e da madeira tratada ao intemperismo e variação colorimétrica das oito espécies de *Eucalyptus* spp. estudadas, foram analisadas em análise de variância em blocos ao acaso, levando-se em consideração as espécies e tipos de lenho. Posteriormente, a análise de médias foi feita com teste de Tukey a 5% de significância.

Após a análise individual de cada variável foi realizada uma análise discriminante linear levando em consideração a perda de massa após exposição da madeira aos fungos *G. trabeum* e *P. sanguineus*, ao cupim da madeira seca *C. brevis* e ao intemperismo com o intuito de classificar as espécies estudadas em grupos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Efeito do tratamento com CCB na resistência da madeira de oito espécies de *Eucalyptus* spp. aos fungos deterioradores

Conforme metodologia citada anteriormente (item 3.3), determinou-se o efeito do tratamento preservativo com CCB nas resistências do cerne e do alburno de oito espécies de eucalipto à deterioração causada pelos fungos de podridão parda *Gloeophyllum trabeum* e de podridão branca *Pycnoporus sanguineus*.

Verifica-se nas tabelas 3 e 4 as perdas de massa das madeiras com e sem tratamento ocasionadas pelos respectivos agentes degradadores, após 12 semanas em testes acelerados em laboratório.

**Tabela 3 - Resistência da madeira ao fungo *Gloeophyllum trabeum***

Espécie	N	Perda de Massa (%)					
		Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno Tratado	
		CV	Média	CV	Média	CV	Média
<i>Eucalyptus citriodora</i>	9	26,98	4,70 abB	16,55	28,63 aA	60,38	0,60 bC
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	9	19,48	4,82 abB	37,46	23,49 abA	40,10	0,63 abC
<i>Eucalyptus urophylla</i>	9	71,29	9,50 aB	11,49	14,61 bcdA	57,45	1,06 aC
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	9	37,28	2,68 bcB	26,97	11,38 dA	43,36	0,64 abC
<i>Eucalyptus torelliana</i>	9	35,90	2,30 cB	28,3	25,05 aA	53,25	1,19 aC
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	9	59,00	1,66 cB	29,64	12,03 cdA	48,20	1,02 abC
<i>Eucalyptus saligna</i>	9	11,18	2,80 bcB	26,17	30,52 aA	58,1	0,85 abC
<i>Eucalyptus grandis</i>	9	29,72	2,08 cB	32,95	19,82 abcA	84,38	0,91 abC

Sendo: letras minúsculas: comparação entre espécies, letras maiúsculas: comparação entre lenhos. Letras diferentes – diferença significativas pelo teste de Tukey à 5% de significância; letras iguais – diferença não significativa.

Tabela 4 - Resistência da madeira ao fungo *Pycnoporus sanguineus*

Espécie	N	Perda de Massa (%)					
		Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno Tratado	
		CV	Média	CV	Média	CV	Média
<i>Eucalyptus citriodora</i>	9	40,99	1,87 abB	21,29	8,97 abcA	131,35	0,12 abC
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	9	36,65	1,72 abB	18,00	21,11 aA	300,00	0,03 bC
<i>Eucalyptus urophylla</i>	9	72,78	0,95 abcB	27,11	18,20 abA	209,04	0,61 abC
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	9	40,23	1,75 abB	34,70	6,59 cA	122,20	0,15 abC
<i>Eucalyptus torelliana</i>	9	24,30	2,54 aB	14,00	9,65 abcA	300,00	0,02 bC
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	9	71,62	0,62 bcB	13,74	8,21 bcA	129,36	0,16 abC
<i>Eucalyptus saligna</i>	9	38,05	1,35 abB	109,88	14,15 abcA	168,18	0,23 abC
<i>Eucalyptus grandis</i>	9	111,66	0,48 cB	5,63	7,82 bcA	85,76	0,18 aB

Sendo: letras minúsculas: comparação entre espécies, letras maiúsculas: comparação entre lenhos. Letras diferentes – diferença significativas pelo teste de Tukey à 5% de significância; letras iguais – diferença não significativa.

Os resultados mostram que há uma maior perda de massa do alburno em relação ao cerne para os dois fungos, *Gloeophyllum trabeum* e *Pycnoporus sanguineus*, sendo o cerne classificado como resistente e o alburno classificado de resistente a resistência moderada ao ataque do fungo, segundo classificação da norma técnica ASTM D 2017 (2005).

Resultados semelhante aos encontrados por Silva et al. (2014), que ao analisarem a deterioração de madeiras de *Eucalyptus* spp. pelo fungo causador da podridão parda *Gloeophyllum trabeum*, verificaram que o alburno de dois híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla* e a espécie *E. grandis* apresentaram perda de massa de 43,68% e 33,68% e de 48,64%, respectivamente. Para o cerne, as perdas de massa foram 17,06%, 8,81% e 18,45%, indicando que houve maior deterioração do alburno. Já para o fungo causador da podridão branca *Trametes versicolor*, os valores de perda de massa no alburno foram 38,40%, 32,18% e 37,45% e no cerne 20,64%, 25,09% e 34,88%, para os dois híbridos de *E. grandis* x *E. urophylla* e a espécie *E. grandis*, respectivamente. Segundo os autores, esse resultado já era esperado, uma vez que os fungos consomem inicialmente a madeira do alburno e em seguida, após a perda de alguns extrativos do cerne ocasionada pela evaporação, lixiviação e reações provocadas pelo ambiente, os fungos passam a atacar o cerne.

Paes et al. (2007) encontraram resultados semelhantes ao analisarem a resistência natural à degradação pelo fungo causador da podridão parda *Postia placenta* e da podridão branca *Polyporus fumosus* em diferentes madeiras. Os autores

verificaram que para todas as espécies estudadas: louro pardo, jurema preta, sabiá, nim indiano, teca, marmeleiro e leucena, o alburno foi mais deteriorado que o cerne. Foram verificaram valores de 19,01%, 1,46%, 2,18%, 27,91%, 25,52%, 25,02% e 24,22% para perda de massa do alburno e 2,23%, 0,67%, 0,93%, 20,41%, 0,95%, 16,36% e 9,45% de perda de massa no cerne para as respectivas espécies. Segundo os autores, a menor perda de massa do cerne pode estar relacionada à presença de extrativos no lenho, que podem afetar intensamente o metabolismo do fungo e inibir seu ataque, tornando o cerne mais resistente.

Melo et al. (2010) verificaram que as variações entre cerne e alburno dentro de uma mesma espécie apresentaram padrões semelhantes, ou seja, o maior percentual de perda de massa foi verificado para o alburno. Os valores de perda de massa do alburno foram 41,87% (açoita-cavalo), 43,86% (nogueira-pecã) e 38,37% (plátano) e a perda de massa do cerne foi de 29,85%, 28,70% e 33,75% para açoita-cavalo, noqueira-pecã e plátano, respectivamente. Segundo os autores, isso acontece porque ao perder a função fisiológica, uma grande quantidade de extrativos é depositada nas células do cerne. Tais extrativos podem ser tóxicos aos fungos xilófagos e assim dificultar o desenvolvimento de hifas e a ação das enzimas decompositoras.

Através dos resultados apresentados, verifica-se que o cerne de todas as espécies estudadas apresentou maior resistência que o alburno não tratado após a exposição dos corpos de prova aos fungos *G. trabeum* e *P. sanguineus*.

Guilley et al., (2004), citam que em geral há uma variação de 10,5% da resistência à degradação da madeira da medula à casca. Fato que pode ser explicado pela distribuição heterogênea de extrativos pelo tronco e sua maior concentração no cerne, resultando assim na sua maior resistência natural (HAUPT et al., 2003; LATORRACA et al., 2011).

Em relação à perda de massa entre as espécies, o cerne mais resistente ao fungo da podridão parda *Gloeophyllum trabeum* foram das espécies *E. camaldulensis*, *E. torelliana*, *E. cloeziana*, *E. saligna* e *E. grandis* com 2,68%, 2,30%, 1,66%, 2,80% e 2,08%, respectivamente. O cerne menos resistente foi verificado nas espécies *E. citriodora* (4,70%), *E. urophylla* x *E. grandis* (4,82%) e *E. urophylla* (9,50%). Já para o alburno sem tratamento, as espécies que apresentaram menor perda de massa foram *E. urophylla*, *E. camaldulensis* e *E. cloeziana* com 14,61%, 11,38% e 12,03%, respectivamente. As espécies *E. citriodora* (28,63%), *E. urophylla* x *E. grandis* (23,49%), *E. torelliana* (25,05%), *E. saligna* (30,52%) e *E. grandis* (19,82%)

apresentaram as maiores perdas de massa ao final do ensaio de apodrecimento acelerado.

Em relação ao fungo *Pycnoporus sanguineus*, os resultados obtidos demonstram que para o cerne, as espécies *E. cloeziana* e *E. grandis* apresentaram menor perda de massa, na ordem de 0,95% e 0,48%. As espécies que sofreram maior perda de massa foram *E. citriodora* (1,87%), *E. grandis* x *E. urophylla* (1,72%), *E. camaldulensis* (1,75%), *E. torelliana* com 2,54% e *E. saligna* (1,35%). Para o alburno sem tratamento, a menor perda de massa foi apresentada pelas espécies *E. camaldulensis* (6,59%), *E. cloeziana* (8,21%), e *E. grandis* (7,82%). As maiores perdas de massa foram das espécies *E. urophylla* x *E. grandis* (21,11%) e *E. urophylla* (18,20%).

O alburno das espécies submetidas ao tratamento preservativo apresentou um aumento significativo da resistência aos fungos estudadas.

Para o fungo *Gloeophyllum trabeum* as espécies apresentaram perda de massa da ordem de 0,60%, 0,63%, 1,06%, 0,64%, 1,19%, 1,02%, 0,85% e 0,91% para as espécies *E. citriodora*, *E. urophylla* x *E. grandis*, *E. urophylla*, *E. camaldulensis*, *E. torelliana*, *E. cloeziana*, *E. saligna* e *E. grandis*, respectivamente.

Para o fungo *Pycnoporus sanguineus*, as perdas de massa foram 0,12%, 0,03%, 0,61%, 0,15%, 0,02%, 0,16%, 0,23% e 0,18% para as respectivas espécies.

Através dos resultados, verifica-se que algumas espécies apresentaram maior resistência como *E. citriodora*, *E. urophylla* x *E. grandis* e *E. torelliana*.

Vivian et al. (2015), ao analisarem a resistência da madeira tratada com CCA ao ataque do fungo *Gloeophyllum trabeum*, verificaram que para a espécie *E. grandis*, a perda de massa foi de 33,45% na madeira não tratada e 31,18% na madeira tratada. Para o *E. cloeziana*, a perda de massa foi de 15,23% e 0,51% para madeira não tratada e madeira tratada, respectivamente. Em relação ao fungo causador da podridão branca *Trametes versicolor*, a perda de massa para a espécie *E. grandis*, a perda de massa foi de 58,20% na madeira não tratada e 37,73% na madeira tratada. Para o *E. cloeziana*, a perda de massa foi de 28,82% e 5,10% para madeira não tratada e madeira tratada, respectivamente. Segundo os autores, o tratamento preservativo aumentou a resistência da madeira das duas espécies estudadas, principalmente da madeira de *E. cloeziana*, tornando-a altamente resistente. Os autores afirmam ainda que, com a aplicação do CCA na madeira, o cromo promove a precipitação de grande quantidade de cobre e arsênio que, reagindo com a madeira, torna o produto insolúvel e a reação de fixação desencadeada pelo cromo torna o

arsênio agente inseticida e o cobre fungicida deixando-os totalmente aderidos às estruturas celulares, aumentando assim a resistência da madeira.

Mattos et al. (2013) analisaram a durabilidade da madeira de três espécies de *Eucalyptus* spp. tratadas com CCB, dentre elas o *E. citriodora* e o *E. saligna*, tratadas por imersão simples e verificaram que a madeira tratada de *E. saligna* (9,84%) apresentou maior perda de massa em relação ao *E. citriodora* (7,89%). Resultado semelhante ao verificado nesse estudo, onde a madeira tratada de *E. saligna*, também apresentou perda de massa maior (0,85%) que da madeira de *E. citriodora* (0,60%). Segundo os autores, isso ocorreu devido ao baixo teor de extrativos (em torno de 1,5%) em comparação ao *E. citriodora*. Além disso, os autores verificaram que a espécie *E. citriodora* apresentou massa específica maior que *E. saligna*, podendo ser esse um indicativo de que madeiras com baixa massa específica tendem a sofrer mais facilmente processos de deterioração.

Ramos et al. (2006) verificaram a resistência da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora*) tratada com CCB ao fungo causador da podridão parda *Postia placenta*. Os autores concluíram que o tratamento preservativo empregado aumentou a resistência da madeira em 26,9 vezes em relação às peças não tratadas, representando um ganho de resistência da ordem de 96,3%.

Hummar et al. (2004) avaliaram a influência do boro no tratamento da madeira de *Picea abies* com ccb à 5% de concentração. Os autores verificaram que a perda de massa da madeira não tratada foi de 43,3% enquanto da madeira tratada foi de 1,4%, após exposição da madeira ao fungo *G. trabeum*.

Hummar et al. (2005), estudaram a influência da acidificação do produto preservativo ccb na resistência da madeira de *Picea abies* à fungos, dentre eles o *G. trabeum*. Os autores concluíram que a madeira tratada apresentou perda de massa entre 0,2% e 25,7% enquanto a madeira sem tratamento apresentou perda de massa da ordem de 37,1%.

Segundo Lepage (1986) as espécies podem apresentar diferença no que diz respeito à fixação de produtos preservativos, devido heterogeneidade na anatomia da madeira que apresentam, fazendo com que as reações químicas do produto preservativo hidrossolúvel na parede celular sejam diferentes, tornando uma espécie mais resistente que a outra.

Algumas características inerentes à madeira podem influenciar na sua maior resistência, tais como a tratabilidade da madeira, quantidade de produto preservativo

absorvido, profundidade de penetração do produto na madeira, zona de penetração e microdistribuição do preservativo dentro da madeira, afinidade química entre o preservativo e a madeira (se o produto liga-se à madeira em um nível microcelular ou reage com ela, atacando-a de alguma forma), características inerentes ao próprio produto preservativo como a estabilidade química, lixiviabilidade, volatilidade, resistência à detoxificação microbiológica (LEPAGE, 1986).

Assim, o alburno tratado apresentou resistência superior ao ataque do fungo causador da podridão parda, sendo classificado como muito resistente, segundo a norma ASTM D 2017 (2005).

As Tabelas 5 e 6 apresentam os teores de umidade da madeira após o ensaio de apodrecimento acelerado aos fungos *Gloeophyllum trabeum* e *Pycnoporus sanguineus*.

**Tabela 5 - Teor de final de umidade da madeira das oito espécies estudadas após o ensaio de apodrecimento acelerado ao fungo *Gloeophyllum trabeum*.**

Espécie	N	TBUS final (%)					
		Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno Tratado	
		CV	Média	CV	Média	CV	Média
<i>Eucalyptus citriodora</i>	9	27,38	25,94 bcA	30,27	54,28 deB	8,60	28,05 aB
<i>E. urophylla x E. grandis</i>	9	23,23	16,33 aA	22,96	35,63 abB	7,45	27,41 aB
<i>Eucalyptus urophylla</i>	9	28,93	14,85 aA	11,86	30,33 aB	11,00	29,53 aB
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	9	20,17	28,24 cA	32,3	34,39 abA	9,49	26,55 aA
<i>Eucalyptus torelliana</i>	9	14,87	17,13 aA	31,83	57,18 eC	23,62	36,55 aB
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	9	36,52	32,54 cA	33,44	38,13 abcA	18,02	28,54 aA
<i>Eucalyptus saligna</i>	9	34,44	16,02 aA	35,89	62,49 eC	25,83	35,48 aB
<i>Eucalyptus grandis</i>	9	34,13	19,18 abA	37,19	49,49 cdeC	14,43	30,74 aB

Sendo: letras minúsculas: comparação entre espécies, letras maiúsculas: comparação entre lenhos. Letras diferentes – diferença significativas pelo teste de Tukey à 5% de significância; letras iguais – diferença não significativa.

**Tabela 6 - Teor de final de umidade da madeira das oito espécies estudadas após o ensaio de apodrecimento acelerado ao fungo *Pycnoporus sanguineus*.**

Espécie	N	TBUS final (%)					
		Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno Tratado	
		CV	Média	CV	Média	CV	Média
<i>Eucalyptus citriodora</i>	9	14,72	36,64 bAB	16,47	40,32 bA	40,44	27,55 dB
<i>E. urophylla x E. grandis</i>	9	13,26	35,88 bB	12,85	38,02 bB	32,26	58,45 aA
<i>Eucalyptus urophylla</i>	9	8,28	31,55 bB	30,3	43,77 bA	48,24	42,91 bcAB
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	9	25,51	41,23 abAB	14,91	46,86 abA	13,32	31,74 cdB
<i>Eucalyptus torelliana</i>	9	24,65	53,11 aA	24,49	64,37 aA	10,62	38,92 bcB
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	9	26,48	43,73 abA	16,47	52,69 abA	20,97	32,60 cdB
<i>Eucalyptus saligna</i>	9	10,24	37,60 abA	25,16	48,30 abA	40,47	51,26 abA
<i>Eucalyptus grandis</i>	9	21,94	34,64 bA	6,55	41,21 bA	16,86	31,44 cdA

Sendo: letras minúsculas: comparação entre espécies, letras maiúsculas: comparação entre lenhos. Letras diferentes – diferença significativas pelo teste de Tukey à 5% de significância; letras iguais – diferença não significativa.

Através dos resultados obtidos, verifica-se que para o teor de umidade final, o alburno sem tratamento apresentou maior teor de umidade que do cerne e do alburno tratado.

A Tabela 5 mostra que os maiores teores de umidade do alburno sem tratamento foram observados nas espécies *E. saligna* (62,49%) e *E. torelliana* (57,18%). Já as espécies com menores teores de umidade foram *E. urophylla x E. grandis* (35,63%), *E. urophylla* (30,33%), *E. camaldulensis* (34,39%) e *E. cloeziana* (38,13%).

Na Tabela 6, verifica-se que para o alburno sem tratamento, a espécie *E. torelliana* apresentou o maior teor de umidade, 64,37%. As espécies *E. urophylla*, *E. grandis*, *E. citriodora*, *E. urophylla x E. grandis*, apresentaram os menores teores de umidade, na ordem de 43,77%, 41,21%, 40,32% e 38,02%, respectivamente.

Silva et al. (2010b), ao estudarem a permeabilidade da madeira de *E. grandis* e *E. citriodora*, observaram que a permeabilidade do cerne é cerca de 28 vezes menor que do alburno. Segundo os autores, a transformação do alburno em cerne reduz o fluxo intracelular, ocasionando o fechamento dos vasos por tiloses ou oclusão por depósitos de extrativos.

Em relação a diferença do teor de umidade entre as espécies, Silva et al., (2010) citam que as espécies de *Eucalyptus* são heterogêneas em suas estruturas,



apresentando alto grau de complexidade de formas celulares. Além das fibras e raios, o eucalipto possui células de diâmetro relativamente grande, conhecidos como vasos ou poros. O fluxo de fluidos na direção longitudinal é controlado pelo tamanho e quantidade de vasos. Segundo os autores, o cerne do *E. grandis* tem permeabilidade baixa, mas possível de ser mensurada ao ar e ao líquido. Para a espécie *E. citriodora*, embora sua permeabilidade tenha sido observada, verificou-se que o cerne é impermeável ao ar, à água e à oleossolúveis.

Segundo Mattos et al. (2013), o aumento da higroscopicidade da madeira está associada ao material com maior perda de massa. Assim como no ensaio com *Gloeophyllum trabeum* no presente estudo, a madeira de *E. saligna* apresentou teor de umidade maior em relação às outras espécies, corroborando com os valores de perda de massa. Ainda segundo os autores, as alterações na higroscopicidade ocorreram, possivelmente, devido a deterioração pelos agentes xilófagos o que aumenta a permeabilidade e, assim, a facilidade com que essa madeira absorve água do meio.

#### **4.2 Efeito do tratamento com CCB na resistência da madeira de oito espécies de *Eucalyptus* spp. ao cupim da madeira seca *C. brevis***

Conforme metodologia citada anteriormente (item 3.4), determinou-se o efeito do tratamento preservativo com CCB nas resistências do cerne e do alburno de oito espécies de eucalipto à deterioração causada pelo cupim da madeira seca *Cryptotermes brevis*.

Verifica-se na Tabela 7, a perda de massa, porcentagem de cupins mortos, número de furos e notas de ataque ocasionadas pelo agente degradador, após 45 dias em teste de laboratório.

Embora as perdas de massa apresentadas pelas madeiras estudadas sejam pequenas em função do potencial de degradação dos cupins de madeira seca, deve se salientar que cada par de corpo de prova tenha 32,2 cm<sup>2</sup> de superfície, sua área de ataque foi restringida à 11,4 cm<sup>2</sup> devido à colocação de uma manga de PVC de 1 1/2" sobre o material a ser analisado. Paes et al., (2005) citam que as perdas de massa provocadas pelos cupins durante ensaio segundo as normas do IPT-1157 (1980), apresentam correlações com as notas de desgastes. Desse modo, tanto a

perda de massa quanto a nota de desgaste podem representar os danos provocados nas madeiras.

**Tabela 7 - Resistência da madeira de oito espécies de eucalipto ao cupim da madeira seca**

		Perda de Massa (%)					
Espécie	N	Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno Tratado	
		CV	Média	CV	Média	CV	Média
<i>Pinus sp.</i>	16			10,52	12,28		
<i>Eucalyptus citriodora</i>	6	60,22	0,39 bA	21,55	0,45 bA	95,89	0,08 bB
<i>E. urophylla x E. grandis</i>	6	118,01	0,97 abA	62,64	0,72 abA	31,19	0,31 abB
<i>Eucalyptus urophylla</i>	6	124,69	1,29 abA	110,25	1,09 abA	54,31	0,19 abB
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	6	60,07	0,34 abA	36,84	0,39 abA	52	0,31 abB
<i>Eucalyptus torelliana</i>	6	83,52	1,04 aA	34,29	0,57 aA	27,24	0,50 aB
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	6	67,67	0,37 abA	28,32	0,38 abA	37,92	0,38 abB
<i>Eucalyptus saligna</i>	6	58,66	0,72 aA	29,34	1,63 aA	120,55	0,63 aB
<i>Eucalyptus grandis</i>	6	48,01	1,08 aA	57,17	0,67 aA	60,89	0,49 aB
		Cupins mortos (%)					
Espécie	N	Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno Tratado	
		CV	Média	CV	Média	CV	Média
<i>Pinus sp.</i>	16			0,00	0,00		
<i>Eucalyptus citriodora</i>	6	15,57	70,83 bcB	4,34	86,67 aA	5,12	90,83 aA
<i>E. urophylla x E. grandis</i>	6	27,82	51,67 cdB	15,96	58,33 bB	13,22	77,50 abA
<i>Eucalyptus urophylla</i>	6	26,54	71,67 abB	10,08	55,83 bC	3,83	89,17 abA
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	6	1,54	88,75 aA	8,14	88,33 aA	7,89	85,00 abA
<i>Eucalyptus torelliana</i>	6	45,61	65,83 bcA	2,8	80,00 aA	19,57	80,00 abA
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	6	29,36	38,33 cB	40,99	41,67 bB	17,17	72,5 bcA
<i>Eucalyptus saligna</i>	6	18,7	48,33 cA	17,03	40,27 bA	26,66	55,00 cdA
<i>Eucalyptus grandis</i>	6	35,54	31,67 cA	61,68	30,83 bA	7,75	50,00 dA
		Número de furos (%)					
Espécie	N	Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno Tratado	
		CV	Média	CV	Média	CV	Média
<i>Pinus sp.</i>	16			76,48	1,94		
<i>Eucalyptus citriodora</i>	6	0	0,00bA	0	0,00 aA	0	0,00 aA
<i>E. urophylla x E. grandis</i>	6	0	0,00 bA	0	0,00 aA	154,9	0,33 aA
<i>Eucalyptus urophylla</i>	6	90,33	0,83 abA	244,9	0,17 aB	0	0,00 aB
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	6	0	0,00 bA	0	0,00 aA	0	0,00aA
<i>Eucalyptus torelliana</i>	6	90,33	0,83 abA	77,46	0,67 aA	0	0,00 aB
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	6	140,3	0,83 abA	0	0,00aB	0	0,00 aB
<i>Eucalyptus saligna</i>	6	84,27	1,17 aA	90,33	0,83 aA	0	0,00aB
<i>Eucalyptus grandis</i>	6	122,5	0,67 abA	154,9	0,33 aAB	0	0,00 aB

## Continuação Tabela 7

Espécie		Notas de ataque (%)					
		Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno Tratado	
		CV	Média	CV	Média	CV	Média
<i>Pinus sp.</i>	16			0,00	4,00		
<i>Eucalyptus citriodora</i>	9	83,61	1,50 bcA	54,63	1,05 bcA	0	0,00 bcB
<i>E. urophylla x E. grandis</i>	9	5	3,10 aA	14,08	2,20 aA	154,9	0,03 aB
<i>Eucalyptus urophylla</i>	9	48,67	2,55 abcA	69,59	1,66abcA	0	0,00 abcB
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	9	57,04	1,33 cA	91,11	0,44cA	0	0,00 cB
<i>Eucalyptus torelliana</i>	9	42,75	2,77 ab	33,54	2,50 abA	0	0,00 abB
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	9	44,52	2,38 abcA	22,09	1,22abcA	0	0,00 abcB
<i>Eucalyptus saligna</i>	9	49,56	2,78 abcA	37,33	2,88abcA	0	0,00 abcB
<i>Eucalyptus grandis</i>	9	18,54	3,00 abcA	73,88	1,89abcA	0	0,00 abcB

Sendo: Letras diferentes – diferença significativas pelo teste de Tukey à 5% de significância; letras iguais – diferença não significativa.

Através dos resultados, verifica-se que para a perda de massa não houve interação entre os tipos de lenhos e tratamentos utilizados. As espécies *E. torelliana*, *E. saligna* e *E. grandis* estatisticamente apresentaram a maior perda de massa devido ao cupim *C. brevis* em relação às demais, independente do lenho utilizado, sendo os valores verificados para as respectivas espécies 1,04%, 0,72% e 1,08% para o cerne e 0,57%, 1,63% e 0,67% para o alburno sem tratamento. As espécies *E. camaldulensis* e *E. cloeziana* apresentaram comportamento semelhante ao *E. citriodora*, sendo essas três espécies as que apresentaram menor perda de massa, na ordem de 0,34%, 0,37% e 0,39% para o cerne e 0,39%, 0,38% e 0,45% para o alburno sem tratamento, respectivamente.

Paes et al. (2016), verificaram perda de massa da ordem de 13,99% e 14,42% para a espécie *Eucalyptus cloeziana* e 24,38% e 25,41% para a espécie *E. torelliana* no cerne e no alburno, respectivamente. Segundo os autores, a resistência natural da madeira a cupins xilófagos sofreu influência dos extrativos, sem estar associado, diretamente ao seu conteúdo, ou seja, madeiras com maiores teores de extrativos nem sempre foram as mais resistentes ao cupim testado, indicando que a resistência biológica da madeira está associada, além da quantidade, ao tipo e classe dos extrativos.

Gonçalves e Oliveira (2006) verificaram a resistência de seis espécies florestais ao ataque do cupim da madeira seca *Cryptotermes brevis*. Segundo os autores, a maior taxa de mortalidade em determinadas espécies, como a *Goupia glabra* (cupiúba) com 90,42%, pode estar associada ao maior teor de extrativos presentes na

espécie com poder inseticida em cupins de madeira seca, reforçando assim a elevada mortalidade.

A maior resistência das espécies *E. citriodora* e *E. camaldulensis* pode estar associado aos extrativos da madeira que ocorre em maior quantidade nelas do que nas demais espécies do presente estudo (OLIVEIRA e DELLA LUCIA, 1994).

Verifica-se também que dentre os lenhos estudados, o alburno tratado apresentou maior resistência que o cerne e o alburno sem tratamento. Para o alburno tratado, a menor perda de massa foi verificada na espécie *E. citriodora* (0,08%).

Lopes et al., (2017) verificaram que a madeira de algaroba (*Prosopis juliflora*) tratada com CCB apresentou 3,60% de perda de massa e a madeira sem tratamento 32,24%, tendo assim uma perda de massa de 8,96 vezes maior que a madeira tratada. Segundo os autores, a impregnação com borato de cobre cromatado (CCB) contribuiu de forma considerável para a melhoria da resistência da madeira de algaroba ao cupim xilófago *Nasutitermes corniger*.

Para a variável porcentagem de cupins mortos, no cerne, a maior porcentagem foi verificada na espécie *E. camaldulensis* com 88,75%. Já as menores porcentagens foram verificadas nas espécies *E. saligna* 48,33%, *E. cloeziana* 38,33% e *E. grandis* 31,67%. No alburno sem tratamento, as espécies *E. camaldulensis*, *E. citriodora* e *E. torelliana* apresentaram as maiores porcentagens de cupins mortos, sendo 88,33%, 86,67% e 31,67%, respectivamente. As demais espécies apresentaram os menores valores.

Em relação às notas de ataque, onde se verifica o desgaste na madeira ocasionado pelo ataque dos cupins, as espécies mais resistentes foram *E. citriodora* (1,05) e *E. camaldulensis* (0,44). Para as notas de ataque no cerne, verifica-se que a espécie *E. urophylla* x *E. grandis* (3,10) obteve a maior nota, apresentando dano profundo. Já a espécie *E. camaldulensis* apresentou dano superficial, com nota de 1,33. Para o alburno sem tratamento, a espécie *E. saligna* apresentou dano moderado (2,88), enquanto o *E. camaldulensis* não apresentou nenhum dano (0,44).

Para a variável número de furos, no cerne, a espécie *Eucalyptus saligna* apresentou a maior porcentagem (1,17%) e as espécies *E. citriodora*, *E. urophylla* x *E. grandis* e *E. camaldulensis* não apresentaram furos em seus corpos de prova. Para o alburno não houve diferença estatística entre as espécies, entretanto, a espécie *E. saligna* apresentou maior número de furos em relação a outras, com 0,83%.

Silva et al. (2004) citam que independente da idade, a espécie *E. grandis* é altamente suscetível ao ataque do cupim madeira seca *Cryptotermes brevis*, apresentando dano semelhante ao sofrido pela madeira de *Pinus* spp utilizada como testemunha no ensaio. Foi verificado também que a porcentagem de cupins mortos na madeira de *E. grandis* com 20 anos de idade foi da ordem de 47% e a nota de ataque obtida foi 3.

Gonçalves et al. (2013) verificaram que a madeira de *E. cloeziana* apresentou desgaste próximo ao moderado (nota 1,73), indicando sua suscetibilidade ao ataque de *C. brevis*. A madeira de *E. torelliana* apresentou desgaste tendendo ao superficial (nota 1,07) indicando, segundo os autores, ser uma espécie resistente ao ataque de cupins da madeira seca. A porcentagem de cupins mortos verificada foi da ordem de 70% para a espécie *E. torelliana* e 75% para a espécie *E. cloeziana*. Os autores citam que embora existam diferentes graus de ataque do cupim *Cryptotermes brevis* em função das espécies, todas foram afetadas pelos cupins.

Ferreira et al. (2004) e Paes e Vital (2000), verificaram que as madeiras de *E. grandis* e de *E. urophylla* x *E. grandis* foram as mais deterioradas por térmitas da espécie *N. corniger*, demonstrando a baixa resistência natural das mesmas a estes cupins.

Oliveira et al. (2017) ao verificarem a resistência biológica ao cupim da madeira seca *Cryptotermes brevis* de sete espécies de *Eucalyptus* com 16 anos de idade, concluíram que as madeiras de *E. grandis* e *E. urophylla* foram as mais susceptíveis ao ataque do cupim de madeira seca, tendo um desgaste que variou de médio a acentuado, quando comparada à madeira de *Pinus elliottii*, apresentando nota de ataque da ordem de 2,9 e 2,8 e taxa de mortalidade dos cupins de 32,7% e 27,8%, para as respectivas espécies. As espécies mais resistentes foram *E. citriodora* e *E. cloeziana*, com notas de ataque de 1,5 e 1,9 e taxa de mortalidade dos cupins de 28,7% e 35,8%. Silva et al. (2004) também constatou no caso do *E. grandis*, elevado ataque em sua madeira pelo cupim da madeira seca *Cryptotermes brevis*.

Segundo Paes et al. (2015), Gonçalves et al. (2013), Gonçalves e Oliveira (2006) e Oliveira et al., (1986) essas variações se devem ao fato da madeira ser um material de durabilidade natural relativa, que pode apresentar diferentes resistências em relação aos cupins. Não há uma característica exclusiva que relacione o ataque ocasionado pelos cupins nas madeiras, porém, as madeiras mais resistentes aos cupins apresentam as maiores massas específicas, maiores teores de extrativos e

maiores componentes inertes como cinzas e sílicas (EVANS et al., 2005; GONÇALVES e OLIVEIRA, 2006; GONÇALVES et al., 2013; RIBEIRO et al., 2014; PAES et al., 2015; KARTAL et al., 2009).

Em relação ao alburno tratado, todas as espécies apresentaram nenhum dano, sendo que a espécie *E. urophylla* x *E. grandis* apresentou a maior nota de ataque (0,03) em relação as demais. No alburno tratado a espécie *Corymbia citriodora* obteve a maior porcentagem de cupins mortos (90,33%) e a menor porcentagem foi verificada na espécie *E. grandis* (50,00%). O alburno tratado também não apresentou diferença estatística entre as espécies, porém a espécie *E. urophylla* x *E. grandis* demonstrou uma maior porcentagem de número de furos com 0,33%.

Stumpp et al. (2006) avaliaram a eficácia de tratamentos preservativos naturais de madeiras de florestas para o controle do cupim da madeira seca *Cryptotermes brevis* e verificaram que os corpos de prova da espécie *E. grandis* tratados não sofreram ataque dos cupins, pois não apresentaram nenhuma perfuração. Os autores observaram ainda que a taxa de mortalidade dos cupins na madeira tratada foi superior (entre 60 a 90%) em relação à madeira sem tratamento (53%).

Ao analisar os tipos de lenho, verifica-se que o alburno tratado apresenta maior resistência que o cerne e o alburno para as variáveis estudadas, indicando assim a eficiência do tratamento preservativo da madeira.

### **4.3 Variação colorimétrica**

Conforme metodologia citada no item 3.5, determinou-se a caracterização do cerne e do alburno das oito espécies de eucalipto nos parâmetros colorimétricos, no espaço de cores CIE L\*a\*b\*. Os resultados estão na Tabela 8.

**Tabela 8 - Parâmetros analisados para as variáveis colorimétricas das espécies estudadas.**

		Brilho (L*)					
		Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno Tratado	
Espécie	N	CV	Média	CV	Média	CV	Média
<i>Eucalyptus citriodora</i>	3	7,20	60,11 eA	6,08	64,51 eA	2,88	59,13 eB
<i>E. urophylla x E. grandis</i>	3	4,84	73,05 aA	3,02	72,45 aA	6,54	67,80 aB
<i>Eucalyptus urophylla</i>	3	3,04	67,00 cdeA	1,18	63,94 cdeA	5,11	61,46 cdeB
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	3	5,38	64,63 deA	10,15	61,84 deA	0,60	59,43 deB
<i>Eucalyptus torelliana</i>	3	8,23	61,89 deA	3,44	64,10 deA	2,14	61,87 deB
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	3	7,50	67,82 abcA	2,41	68,06 abcA	6,55	64,93 abcB
<i>Eucalyptus saligna</i>	3	5,11	68,88 abA	6,51	69,26 abA	0,82	66,77 abB
<i>Eucalyptus grandis</i>	3	1,22	62,77 eA	5,89	57,46 eA	2,81	59,67 eB
		Coordenada verde - vermelho (a*)					
		Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno Tratado	
Espécie	N	CV	Média	CV	Média	CV	Média
<i>Eucalyptus citriodora</i>	3	6,96	8,78 bA	14,31	8,92 cA	65,60	0,85 aB
<i>E. urophylla x E. grandis</i>	3	9,67	11,29 bA	22,34	11,20 bcA	77,77	3,42 aB
<i>Eucalyptus urophylla</i>	3	9,8	13,09 abA	8,31	14,23 abA	50,75	2,42 aB
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	3	10,72	13,62 abA	10,78	11,96 abcA	82,05	0,68 aB
<i>Eucalyptus torelliana</i>	3	40,25	10,2 bA	17,62	11,47 bcA	7,00	0,91 aB
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	3	15,5	8,84 bA	3,92	9,64 bcA	33,64	3,23 aB
<i>Eucalyptus saligna</i>	3	15,41	12,81 abA	19,33	12,12 abcA	22,31	1,71 aB
<i>Eucalyptus grandis</i>	3	3,03	16,88 aA	12,57	17,17 aA	72,95	2,55 aB
		Coordenada azul – amarelo (b*)					
		Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno Tratado	
Espécie	N	CV	Média	CV	Média	CV	Média
<i>Eucalyptus citriodora</i>	3	2,83	19,56 bcA	13,09	20,21 bcA	3,66	15,17 bcB
<i>E. urophylla x E. grandis</i>	3	0,42	20,44 abcA	4,66	20,74 abcA	10,66	16,57 abcB
<i>Eucalyptus urophylla</i>	3	3,50	21,94 abcA	3,38	21,50 abcA	6,06	14,68 abcB
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	3	6,43	19,96 cA	3,86	19,45 cA	7,65	14,59 cB
<i>Eucalyptus torelliana</i>	3	7,12	18,58 cA	7,23	20,22 cA	6,21	14,79 cB
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	3	4,06	21,78 aA	5,83	21,97 aA	9,36	17,25 aB
<i>Eucalyptus saligna</i>	3	4,24	20,15 cA	5,15	19,31 cA	4,22	14,56 cB
<i>Eucalyptus grandis</i>	3	3,25	22,28 abA	4,52	21,34 abA	8,64	15,79 abB

Continuação Tabela 8

		Cor (E*)					
		Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno Tratado	
Espécie	N	CV	Média	CV	Média	CV	Média
<i>Eucalyptus citriodora</i>	3	6,52	63,83 cA	6,36	68,22 cA	2,93	61,06 cB
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	3	4,18	76,71 aA	2,75	76,23 aA	6,90	69,91 aB
<i>Eucalyptus urophylla</i>	3	2,81	71,72 abcA	0,96	68,95 abcA	4,60	63,26 abcB
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	3	4,97	69,03 cA	9,09	65,95 cA	0,92	61,21 cB
<i>Eucalyptus torelliana</i>	3	6,22	65,56 bcA	1,90	68,23 bcA	2,35	63,62 bcB
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	3	6,31	71,81 abcA	1,75	72,18 abcA	6,70	62,27 abcB
<i>Eucalyptus saligna</i>	3	3,74	72,94 abA	4,91	72,98 abA	0,92	68,36 abB
<i>Eucalyptus grandis</i>	3	1,42	68,71 cA	3,85	63,71 cA	3,27	61,80 cB
		Tonalidade (h°)					
		Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno Tratado	
Espécie	N	CV	Média	CV	Média	CV	Média
<i>Eucalyptus citriodora</i>	3	3,15	65,8 aB	3,51	66,13 aB	2,34	86,82 aA
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	3	3,79	61,14 abcB	7,00	61,86 abcB	10,69	80,22 abcA
<i>Eucalyptus urophylla</i>	3	5,53	59,18 abcB	5,36	56,55 abcB	7,93	84,09 abcA
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	3	7,97	55,62 abcB	6,15	58,46 abcB	2,30	87,39 abcA
<i>Eucalyptus torelliana</i>	3	13,73	61,97 abcB	4,59	60,64 abcB	0,19	86,48 abcA
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	3	8,06	64,71 abB	1,22	66,29 abB	5,57	80,73 abA
<i>Eucalyptus saligna</i>	3	4,78	57,64 bcB	6,01	58,1 bcB	1,91	83,29 bcA
<i>Eucalyptus grandis</i>	3	6,96	54,90 cB	8,74	55,18 cB	7,51	81,26 cA
		Saturação (C*)					
		Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno Tratado	
Espécie	N	CV	Média	CV	Média	CV	Média
<i>Eucalyptus citriodora</i>	3	1,24	21,45 cA	12,65	22,1 bA	3,77	15,2 aB
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	3	2,22	23,37 bcA	8,52	23,61 bA	13,68	17,01 aB
<i>Eucalyptus urophylla</i>	3	1,52	25,58 abA	2,43	25,8 abA	5,43	14,92 aB
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	3	2,07	24,21 bcA	1,83	22,87 bA	7,73	14,61 aB
<i>Eucalyptus torelliana</i>	3	14,18	21,35 cA	9,52	23,26 bA	6,12	14,81 aB
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	3	5,13	23,52 bcA	5,37	23,99 abA	10,07	17,58 aB
<i>Eucalyptus saligna</i>	3	7,46	23,9 bcA	9,24	22,83 bA	4,10	14,67 aB
<i>Eucalyptus grandis</i>	3	2,92	27,95 aA	6,67	27,42 aA	9,91	16,05 aB

Sendo: letras minúsculas: comparação entre espécies, letras maiúsculas: comparação entre lenhos. Letras diferentes – diferença significativas pelo teste de Tukey à 5% de significância; letras iguais – diferença não significativa.



Através da variável  $L^*$ , verifica-se que para todas as espécies e todos os lenhos estudados as espécies *E. urophylla* x *E. grandis* (73,05; 72,45 e ;7,80), *E. cloeziana* (67,82; 68,06 e 64,93) e *E. saligna* (68,88; 69,26 e 66,77) se destacaram como as madeiras de coloração mais clara, sendo os valores de  $L^*$  entre parênteses apresentados pelo cerne, alburno sem tratamento e alburno tratado, respectivamente.

As espécies *E. citriodora* (60,11; 64,51; 59,13), *E. urophylla* (67,00; 63,94; 61,46), *E. camaldulensis* (64,63; 61,84; 59,43), *E. torelliana* (61,89; 64,10; 61,87) e *E. grandis* (62,77; 57,46; 59,67) se apresentaram mais escuras em relação às demais, sendo os valores de  $L^*$  entre parênteses apresentados pelo cerne, alburno sem tratamento e alburno tratado, respectivamente.

Na madeira de *Eucalyptus* spp. as coordenadas cromáticas determinantes na sua cor variam no sentido radial do fuste, onde o brilho ( $L^*$ ) aumenta no sentido medula - periferia do fuste e os teores de extrativos totais apresentam correlação negativa com a claridade ( $L^*$ ) e a tonalidade ( $h^\circ$ ), sendo que o teor de extrativos presentes na madeira afeta mais os parâmetros de cor do que o teor de lignina (MORI et al.,2005; MORI et al., 2004; GARCIA e MARINONIO, 2016).

Na coordenada  $a^*$ , o cerne e o alburno sem tratamento as espécies *E. grandis*, *E. saligna*, *E. camaldulensis* e *E. urophylla* tem maior presença do pigmento vermelho, no entanto, a espécie *E. grandis* apresentou a madeira mais vermelha que as demais, 16,88 e 17,17, respectivamente. A espécie apresenta um valor alto de  $L^*$  (62,77 para o cerne e 57,46 para o alburno sem tratamento), indicando assim que a espécie tende a ter uma coloração mais rosada nesses dois lenhos. As espécies *E. urophylla* x *E. grandis* ( $a^*= 11,29$ ), *E. torelliana* ( $a^*= 10,20$ ) e *E. cloeziana* ( $a^*= 8,84$ ) apresentaram o cerne com menos pigmento vermelho que as outras espécies e a espécie *E. citriodora* apresentou cerne menos vermelho tanto no cerne ( $a^*= 8,78$ ) quanto no alburno sem tratamento ( $a^*= 8,92$ ), respectivamente. Para o alburno tratado, não houve diferença estatística entre as espécies, sendo que esse lenho apresentou menor presença do pigmento vermelho que os outros dois.

A coordenada  $b^*$ , demonstrou que para o cerne, alburno sem tratamento e alburno tratado a espécie *E. cloeziana* (21,97), possui maior presença do pigmento amarelo que as demais, e as espécies *E. camaldulensis* (19,45) *E. torelliana* (20,22) e *E. saligna* (19,31) apresentaram os lenhos menos amarelos.

Na variável  $C^*$ , para o cerne, verifica-se que as espécies *E. urophylla* (25,58) e *E. grandis* (27,95) apresenta maior saturação que as demais espécies. Os menores

valores para saturação foram encontrados nas espécies *E. citriodora* (21,45), *E. urophylla* x *E. grandis* (23,37), *E. camaldulensis* (24,21), *E. cloeziana* (23,52), *E. saligna* (23,90) e *E. torelliana* (21,35). Ao verificar o alburno sem tratamento, nota-se que a maior saturação ocorreu na espécie *E. grandis* (27,42) e as demais espécies apresentaram menor saturação.

Segundo Costa et al. (2011a), as coordenadas  $a^*$  e  $b^*$  são responsáveis pela formação da cor da madeira. Os autores verificaram que para a madeira da espécie de *Hymenaea courbaril* (jatobá) a coordenada  $a^*$  (coloração vermelha) tem presença marcante na composição da cor, sendo a principal variável na formação final de sua cor. Já para a espécie *Couratari oblongifolia* (tauari) a coordenada  $b^*$  (coloração amarela) é a principal variável colorimétrica, apresentando valores mais elevados quando comparados à coordenada  $a^*$ . Tal constatação pode ser verificada através do ângulo de tinta  $h^\circ$ , que coloca a madeira de jatobá mais próxima do eixo vermelho e a madeira de tauari mais perto do eixo amarelo.

Para os resultados apresentados nessa pesquisa, a coordenada  $b^*(+)$  acima de 10 para as oito espécies de *Eucalyptus* estudadas, se manifestou de forma mais pronunciada em relação à coordenada  $a^*$ , predominando assim a coloração amarelada na formação da cor da madeira dessas espécies, nos três tipos de lenho estudados. Apesar da coordenada  $b^*$  ter uma participação mais marcante na formação da cor final das espécies, a coordenada  $a^*$  também tem influência significativa, assim, a participação dos dois pigmentos (amarelo e vermelho) em proporções diferentes forma a cor das madeiras (QUEIROZ et al., 2016).

Esses resultados estão de acordo com os valores apresentados por Camargos e Gonzalez (2001), que verificaram as cores das madeiras de 350 espécies tropicais brasileiras e concluíram que as tonalidades ( $h^\circ$ ) de todas as cores das madeiras estão entre  $0^\circ$  e  $90^\circ$  (primeiro quadrante), ou seja, variam entre o vermelho e o amarelo. Mori et al. (2005) e Martins et al. (2015) caracterizaram a madeira de clones de híbridos de *Eucalyptus* spp. e verificaram que a coordenada  $b^*$  teve maior influência na determinação da cor das madeiras e os valores da tonalidade ( $h^\circ$ ) entre  $0^\circ$  e  $90^\circ$  corroboram para essa afirmação.

Garcia et al. (2014), caracterizaram a cor da madeira de *E. citriodora*, *E. pellita*, *E. paniculata* e *E. grandis* e as classificaram como cinza-rosada, rosada, marron-avermelhada e rosa-acinzentada, respectivamente. Através dos valores

apresentados, verifica-se que a coordenada  $b^*$  e a tonalidade ( $h^\circ$ ) determinaram a variação da cor das madeiras entre o vermelho e o amarelo.

Martins et al. (2011), estudaram o envelhecimento artificial acelerado por radiação ultravioleta de madeiras de *E. benthamii* e *Pinus caribaea* e analisaram os parâmetros colorimétricos  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ . Os autores verificaram que a espécie *Eucalyptus benthamii* em estado natural (testemunha) apresentou coloração rosa-acinzentado, onde os valores de  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  foram 78,46, 10,83 e 18,66, respectivamente.

Ao analisar os três lenhos estudados, verifica-se que houve uma diferença entre os mesmos, onde o cerne e o alburno sem tratamento apresentaram a madeira mais clara que do alburno tratado. O tratamento químico reduz os valores das coordenadas  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  ocasionando o escurecimento da superfície da madeira, fato que está relacionado à fixação do cobre na parede celular, principalmente na camada S1, que geralmente resulta na coloração verde, característico do produto preservativo CCB (LEPAGE, 1986; QUEIROZ et al., 2016).

Baseando-se nas variáveis estudadas, verifica-se que de modo geral, as espécies apresentam cerne e alburno sem tratamento mais claro, com tendência para a cor vermelha e amarela e mais saturado que o alburno tratado. Dentre as oito espécies de *Eucalyptus* estudadas, a mais clara foi *E. urophylla* x *E. grandis*, a espécie mais vermelha foi *E. grandis* e a mais amarela foi *E. cloeziana*.

#### **4.4 Resistência do cerne, alburno sem tratamento e alburno tratado de oito espécies de *Eucalyptus* spp. ao intemperismo**

O efeito do tratamento preservativo com CCB na resistência do cerne e do alburno de oito espécies de eucalipto ao intemperismo foi determinado conforme metodologia citada anteriormente (item 3.6), através da variação colorimétrica do material. As mudanças nos parâmetros colorimétricos ( $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta E^*$ ,  $\Delta h^\circ$  e  $\Delta C^*$ ) da madeira, após 1200 h de ensaio de intemperismo, podem ser verificadas na Tabela 11.

Os valores positivos de  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$  e  $\Delta b^*$  indicam que a madeira se tornou mais clara, avermelhada e amarelada, respectivamente, e os valores negativos dos mesmos parâmetros indicam que a madeira ficou mais escura, esverdeada e azulada, com 1200 horas de intemperismo.

De modo geral, verifica-se que a influência do intemperismo no cerne e no alburno não tratado das oito espécies de *Eucalyptus* estudadas não apresentou variação significativa. O intemperismo diminuiu o brilho ( $\Delta L^*$ ) em todos os lenhos e espécies estudadas, deixando-as mais escuras. Lepage (1986), cita que a alteração da cor pode ser relacionada à decomposição da lignina, sendo um fenômeno estritamente superficial (0,05 – 2,5 mm) e é resultante da radiação ultravioleta que inicia a fotodegradação. Segundo Moore e Owen (2001), a deterioração da superfície da madeira é desencadeada pela dissociação e modificação da lignina que ocorre entre os comprimentos de onda entre 300 e 400 nm e posteriormente, a formação de radicais livres. Teles (2014) cita que a lignina é bastante sensível à radiação UV e conduz a formação de radicais aromáticos fenoxil que reagem com o oxigênio para produzir grupos carbonilo e carboxilo que estão relacionados com a descoloração da madeira devido à ocorrência de carbonilos insaturados (quinonas)

Em relação às espécies estudadas, o *E. citriodora* e o *E. grandis* sofreram menor influência do intemperismo enquanto que a espécie *E. cloeziana* sofreu maior influência, no cerne, no alburno sem tratamento e no alburno tratado.

**Tabela 9 - Variação dos pigmentos colorimétricos e da alteração total da cor da madeira das espécies estudadas.**

Espécie	N	Brilho ( $\Delta L^*$ )					
		Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno Tratado	
		CV	Média	CV	Média	CV	Média
<i>Eucalyptus citriodora</i>	3	-54,96	-5,25 abA	-6,34	-12,79 abA	-16,51	-19,64 abB
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	3	-28,19	-20,28 cdA	-31,41	-21,48 cdA	-27,11	-24,22 cdB
<i>Eucalyptus urophylla</i>	3	-34,49	-21,01 cdA	-7,68	-21,32 cdA	-8,65	-23,91 cdB
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	3	-30,96	-16,14 bcA	-22,36	-14,35 bcA	-13,87	-19,04 bcB
<i>Eucalyptus torelliana</i>	3	-45,31	-15,51 bcA	-8,93	-16,95 bcA	-2,91	-21,36 bcB
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	3	-12,16	-20,04 dA	-9,47	-22,23 dA	-13,1	-30,19 dB
<i>Eucalyptus saligna</i>	3	-7,47	-20,40 cdA	-21,89	-17,42 cdA	-18,87	-23,08 cdB
<i>Eucalyptus grandis</i>	3	-33,25	-4,68 aA	-56,37	-4,09 aA	-17,32	-16,17 aB

Continuação Tabela 9

		Coordenada verde - vermelho ( $\Delta a^*$ )					
		Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno Tratado	
Espécie	N	CV	Média	CV	Média	CV	Média
<i>Eucalyptus citriodora</i>	3	61,68	2,12 abB	177,45	1,14 abB	12,12	7,01 abA
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	3	56,49	2,71 abB	49,03	3,52 abB	29,24	8,18 abA
<i>Eucalyptus urophylla</i>	3	8506,3	0,07 bB	-340,1	-0,90 bB	13,28	7,28 bA
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	3	2188,9	0,12 abB	2104	0,21 abB	15,75	8,74 abA
<i>Eucalyptus torelliana</i>	3	459,58	1,22 aB	-193,1	-0,88 aB	11,28	8,54 aA
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	3	16,23	5,52 aB	12,14	5,94 aB	10,23	7,47 aA
<i>Eucalyptus saligna</i>	3	119,1	1,73 abB	21108	0,01 abB	17,88	8,35 abA
<i>Eucalyptus grandis</i>	3	-16,17	-7,61 cB	-33,26	-7,11 cB	41,47	5,02 cA

		Coordenada azul - amarelo ( $\Delta b^*$ )					
		Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno Tratado	
Espécie	N	CV	Média	CV	Média	CV	Média
<i>Eucalyptus citriodora</i>	3	12,02	1,83 aA	-279,42	-0,73 bcA	49,87	3,23 abA
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	3	17,09	5,75 aA	36,86	5,64 aA	29,24	8,18 aA
<i>Eucalyptus urophylla</i>	3	401,14	1,06 abA	1483,9	0,08 abcA	19,81	3,63 abA
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	3	17,89	4,70 aA	102,98	1,59 abcA	24,88	4,06 abA
<i>Eucalyptus torelliana</i>	3	417,59	1,07 abA	254,67	1,01 abcA	8,36	4,84 aA
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	3	62,89	3,44 aA	30,28	5,20 aA	-52,96	-1,66 bB
<i>Eucalyptus saligna</i>	3	54,57	6,07 aA	101,57	3,67 abA	23,72	6,32 aA
<i>Eucalyptus grandis</i>	3	-40,74	-4,16 bB	-103,43	-3,59 cB	94,09	2,01 abA

		Cor ( $\Delta E^*$ )					
		Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno Tratado	
Espécie	N	CV	Média	CV	Média	CV	Média
<i>Eucalyptus citriodora</i>	3	-61,51	-3,89 abA	-12,39	-12,00 abAB	-19,18	-16,75 abB
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	3	-26,03	-15,97 bcA	-32,27	-16,84 bcAB	-34,72	-19,78 bcB
<i>Eucalyptus urophylla</i>	3	-31,11	-18,27 abcA	-13,50	-19,33 abcAB	-293,3	-7,87 abcB
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	3	-29,58	-12,87 abcA	-18,84	-12,53 abcAB	-13,79	-15,68 abcB
<i>Eucalyptus torelliana</i>	3	-28,92	-13,80 abcA	-14,63	-15,42 abcAB	-3,39	-17,61 abcB
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	3	-12,33	-15,78 bA	-13,58	-16,64 bAB	-14,11	-27,70 bB
<i>Eucalyptus saligna</i>	3	-10,55	-15,86 abcA	-11,84	-14,98 abcAB	-22,02	-19,84 abcB
<i>Eucalyptus grandis</i>	3	-140,18	-3,78 aA	-22,10	-7,41 aAB	-8,63	-15,23 aB

Continuação Tabela 9

Espécie	N	Tonalidade ( $\Delta h^*$ )					
		Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno Tratado	
		CV	Média	CV	Média	CV	Média
<i>Eucalyptus citriodora</i>	3	-107,73	-2,82 aA	-134,99	-2,53 aA	-8,51	-19,89 aB
<i>E. urophylla x E. grandis</i>	3	199,48	0,82 aA	-258,35	-1,02 aA	-6,00	-18,44 aB
<i>Eucalyptus urophylla</i>	3	542,68	1,63 aA	111,17	1,89 aA	-30,03	-22,01 aB
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	3	92,61	5,23 aA	586,31	1,73 aA	-419,5	-6,78 aB
<i>Eucalyptus torelliana</i>	3	-342,99	-2,27 aA	109,67	2,68 aA	-13,86	-22,21 aB
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	3	-153,00	-4,40 aA	-38,87	-6,14 aA	-16,33	-25,21 aB
<i>Eucalyptus saligna</i>	3	21,12	3,24 aA	51,68	4,19 aA	-26,96	-19,07 aB
<i>Eucalyptus grandis</i>	3	84,44	7,92 aA	157,08	4,91 aA	-46,63	-14,37 aB

Espécie	N	Saturação ( $\Delta C^*$ )					
		Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno Tratado	
		CV	Média	CV	Média	CV	Média
<i>Eucalyptus citriodora</i>	3	15,87	2,60 aA	1593,99	-0,16 bcA	34,20	4,83 aA
<i>E. urophylla x E. grandis</i>	3	24,35	6,37 aA	38,90	6,61 abA	21,46	7,74 aA
<i>Eucalyptus urophylla</i>	3	625,36	1,00 aAB	-568,48	-0,42 bcB	14,12	5,81 aA
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	3	51,69	4,02 aA	136,84	1,56 abA	17,45	6,33 aA
<i>Eucalyptus torelliana</i>	3	469,93	1,39 aAB	572,13	0,5 abB	9,97	6,99 aA
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	3	32,96	5,57 aAB	15,77	7,33 aA	76,12	1,34 aB
<i>Eucalyptus saligna</i>	3	64,68	6,10 aA	129,79	3,21 abA	10,78	8,55 aA
<i>Eucalyptus grandis</i>	3	-23,98	-7,59 bB	-65,95	-6,98 cB	63,07	-140,18 aA

Sendo: letras minúsculas: comparação entre espécies, letras maiúsculas: comparação entre lenhos. Letras diferentes – diferença significativa pelo teste de Tukey à 5% de significância; letras iguais – diferença não significativa.

Para o parâmetro  $\Delta a^*$ , no cerne e no alburno sem tratamento, as espécies *E. citriodora* (2,12 e 1,14), *E. urophylla x E. grandis* (2,71 e 3,52), *E. camaldulensis* (0,12 e 0,21), *E. cloeziana* (5,52 e 5,94) e *E. saligna* (1,73 e 0,01), mostraram a presença do pigmento vermelho, uma vez que seus valores diminuíram, porém, continuaram positivos. As espécies *E. urophylla* (0,07 e -0,90), *E. torelliana* (1,22 e -0,88) e *E. grandis* (-7,61 e -7,11), tiveram redução do pigmento vermelho, sendo essa redução mais intensa essa modificação na última espécie que teve maior presença do pigmento verde.

Para o parâmetro  $\Delta b^*$ , verificou-se no cerne que a espécie *E. grandis* (-4,16) apresentou maior redução do pigmento amarelo e as espécies *E. citriodora* (1,83), *E. urophylla x E. grandis* (5,75), *E. camaldulensis* (4,70), *E. cloeziana* (3,44) e *E. saligna* (6,07), menor redução. No alburno sem tratamento que as espécies *E. urophylla x E. grandis* (5,64), *E. cloeziana* (5,20) e *E. saligna* (3,67) apresentaram diminuição do pigmento amarelo, frente aos resultados verificados. As espécies *E. citriodora* (-0,73) e *E. grandis* (-3,59), apresentaram valores negativos, indicando que a madeira se tornou mais azulada.

Para o parâmetro  $\Delta E^*$ , as espécies *E. citriodora* e *E. grandis* foram as que sofreram menor variação de cor no cerne (-3,89 e -3,78), alburno sem tratamento (-12,00 e -7,41) e no alburno tratado (-16,75 e -15,23), respectivamente. A espécie *E. cloeziana* e a espécie apresentou a maior influência do intemperismo no cerne (15,78), no alburno sem tratamento (-16,64) e no alburno tratado (-27,70), indicando que essa espécie apresentou maior alteração em relação à cor original da madeira.

Teles e Costa (2014) estudaram a influência do intemperismo na madeira de *Hymenolobium petraum* (angelim pedra) durante um período de 240 hora e verificaram valores de  $\Delta L^*$  8,4  $\Delta a^*$  -0,6  $\Delta b^*$  7,1, indicando um escurecimento da madeira. Segundo os autores, esses resultados podem ser relacionados com a lixiviação dos produtos fotodegradados da superfície da madeira deixando a face exposta acinzentada dependendo da polimerização da lignina e da celulose.

Costa et al. (2011) verificaram uma tendência ao escurecimento das espécies *Hymenaea courbaril* (jatobá) e *Couratari oblongifolia* (tauari) após 168 horas de exposição ao intemperismo. Segundo os autores os valores apresentados indicam que a madeira de tauari de coloração amarela ( $\Delta L^* = -4,11$ ,  $\Delta a^* = 2,85$ ,  $\Delta b^* = 4,04$  e  $\Delta E^* = 6,43$ ), apresenta maior resistência à radiação UV do que a madeira de jatobá ( $\Delta L^* = -6,80$ ,  $\Delta a^* = 3,70$ ,  $\Delta b^* = 0,49$  e  $\Delta E^* = 7,75$ ).

Martins et al. (2011) ao estudarem o envelhecimento artificial acelerado por radiação ultravioleta de madeiras de *E. benthamii* e *Pinus caribaea* verificaram que ao final de 168 horas de exposição da madeira de *E. benthamii* à radiação ultravioleta ocorreu uma tendência ao escurecimento, que pode ser verificado através dos valores de  $\Delta L^*$  (-15,84) e das coordenadas  $\Delta a^*$  (4,93) e  $\Delta b^*$  (10,67).

Esses resultados são semelhantes aos verificados no presente estudo para o parâmetro  $\Delta L^*$ , onde as oito espécies de *Eucalyptus* estudadas, independente do

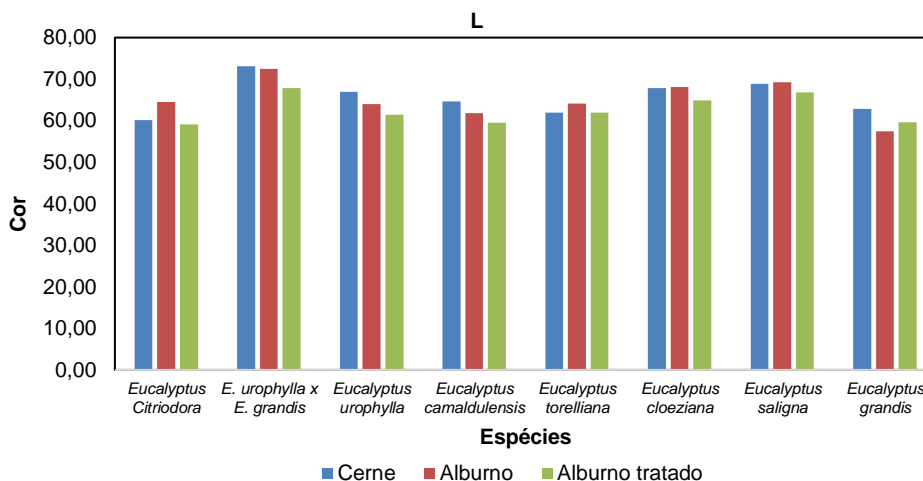
lenho, se tornaram mais escuras. Além disso, os parâmetros  $\Delta a^*$  e  $\Delta b^*$  do cerne e do albarno sem tratamento apresentaram redução dos seus pigmentos ao final do ensaio.

Em relação ao albarno tratado, nota-se que embora ele seja mais resistente à ação dos organismos xilófagos, ele sofreu maior influência do intemperismo, em todas as espécies estudadas. Tal fato pode ser explicado analisando os compostos químicos constituintes do produto preservativo utilizado e sua reação com a luz. A impregnação do CCB na madeira proporciona a diminuição do brilho, aumento do pigmento vermelho, redução do pigmento amarelo e assim, conseqüentemente, ocorre um escurecimento da superfície da madeira que se torna mais amarronzada (LEPAGE, 1986).

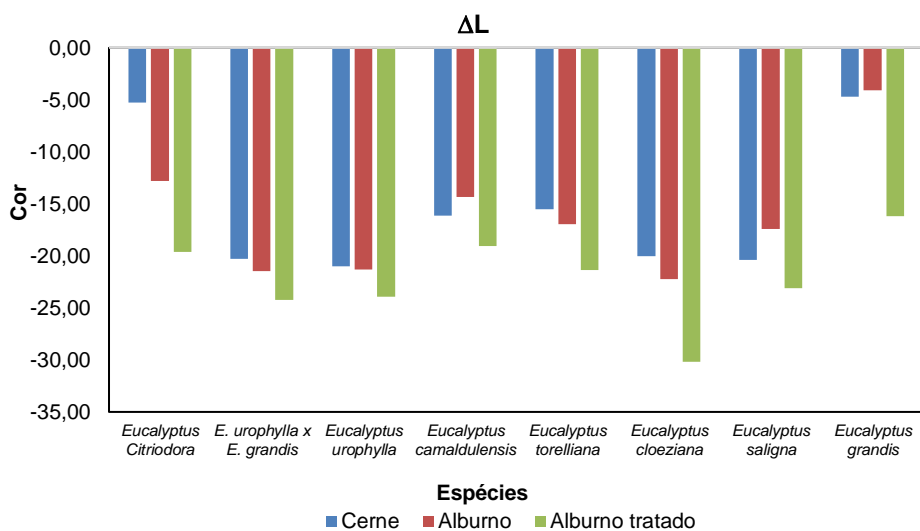
Os gráficos abaixo permitem visualizar os resultados apresentados anteriormente (item 4.3 e 4.4). Os Gráficos 1 e 2 representam as variáveis  $L^*$  e  $\Delta L^*$ , os Gráficos 3 e 4 representam as variáveis  $a^*$  e  $\Delta a^*$ , os Gráficos 5 e 6 representam as variáveis  $b^*$  e  $\Delta b^*$  e o Gráfico 7 representa a variável  $\Delta E$  (mudança total da cor). A variável  $L^*$  representa o brilho inicial (gráfico 1) e através do Gráfico 2 ( $\Delta L^*$ ), é possível verificar que a madeira das oito espécies de eucalipto estudadas escureceu após a exposição ao intemperismo. Através dos Gráficos 3 e 4, respectivamente, verifica-se a coloração vermelha da madeira e coloração com aumento do pigmento vermelho ao final do ensaio de intemperismo. O Gráfico 5 mostra a coloração mais amarela da madeira e o Gráfico 6, a redução do pigmento amarelo ao final do ensaio. O Gráfico 7 representa a mudança total da cor da madeira, onde pode-se verificar que o intemperismo reduziu o brilho de todas as espécies estudadas, deixando-a mais amarronzada.



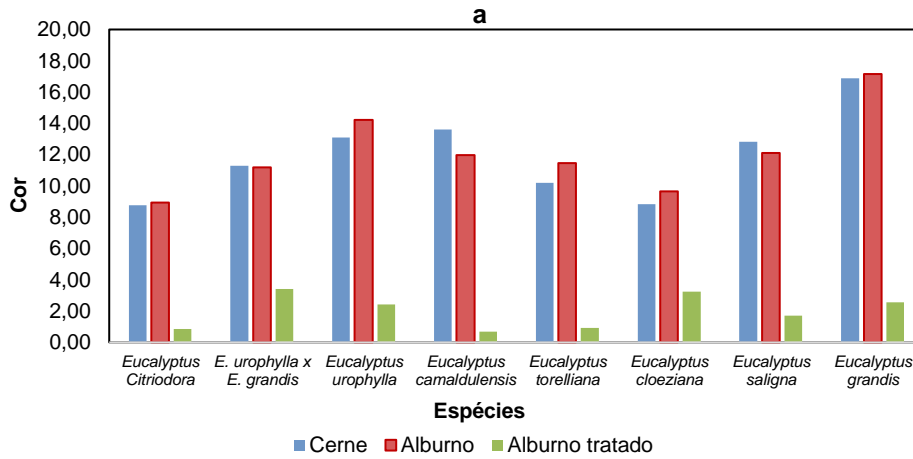
**Gráfico 1 - Representação da variável L\* (brilho) das oito espécies de eucalipto estudadas e dos lenhos cerne, alburno sem tratamento e alburno tratado.**



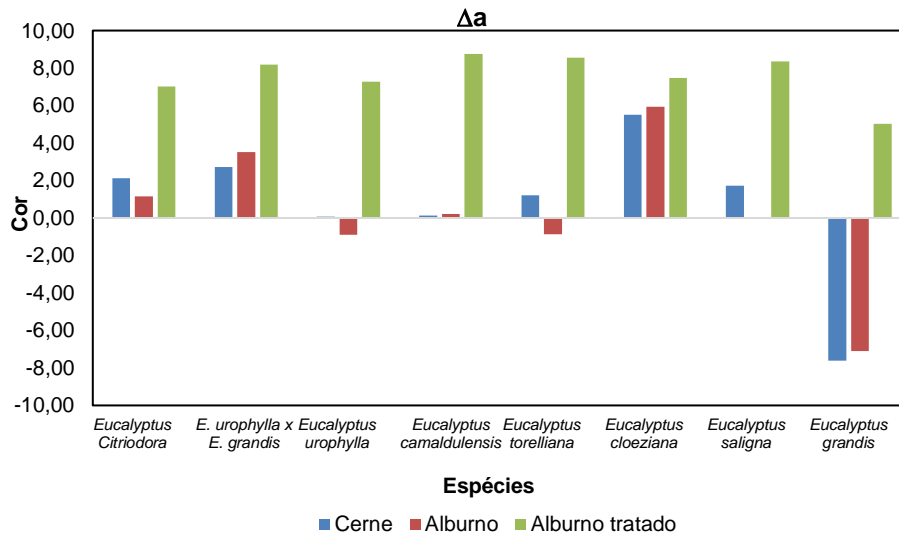
**Gráfico 2 - Representação da variação de  $\Delta L^*$  (brilho) das oito espécies de eucalipto estudadas e dos lenhos cerne, alburno sem tratamento e alburno tratado, após ensaio de intemperismo.**



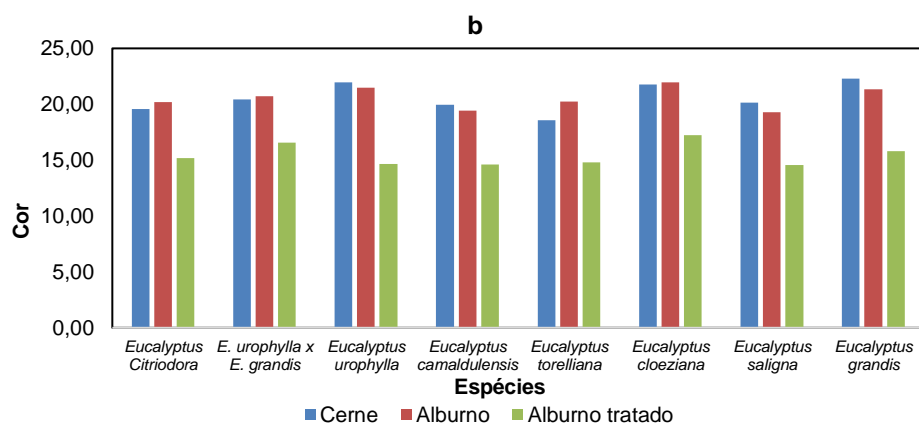
**Gráfico 3 - Representação da variável  $a^*$  (eixo vermelho-verde) das oito espécies de eucalipto estudadas e dos lenhos cerne, alburno sem tratamento e alburno tratado.**



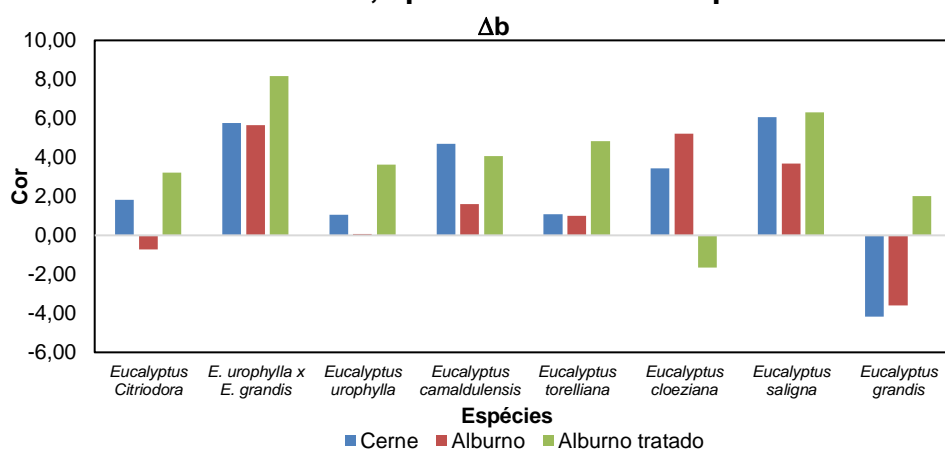
**Gráfico 4 - Representação da variação de  $\Delta a^*$  (eixo vermelho-verde) das oito espécies de eucalipto estudadas e dos lenhos cerne, alburno sem tratamento e alburno tratado, após ensaio de intemperismo.**



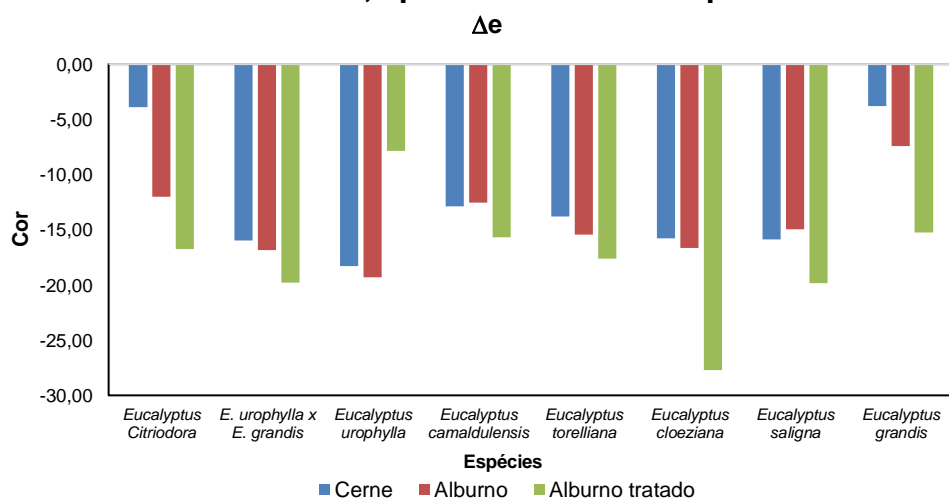
**Gráfico 5 - Representação da variável  $b^*$  (eixo amarelo-azul) das oito espécies de eucalipto estudadas e dos lenhos cerne, alburno sem tratamento e alburno tratado.**



**Gráfico 6 - Representação da variação de  $\Delta b^*$  (eixo amarelo-azul) das oito espécies de eucalipto estudadas e dos lenhos cerne, alburno sem tratamento e alburno tratado, após ensaio de intemperismo.**



**Gráfico 7 - Representação da variação de  $\Delta E^*$  (mudança total de cor) das oito espécies de eucalipto estudadas e dos lenhos cerne, alburno sem tratamento e alburno tratado, após ensaio de intemperismo.**

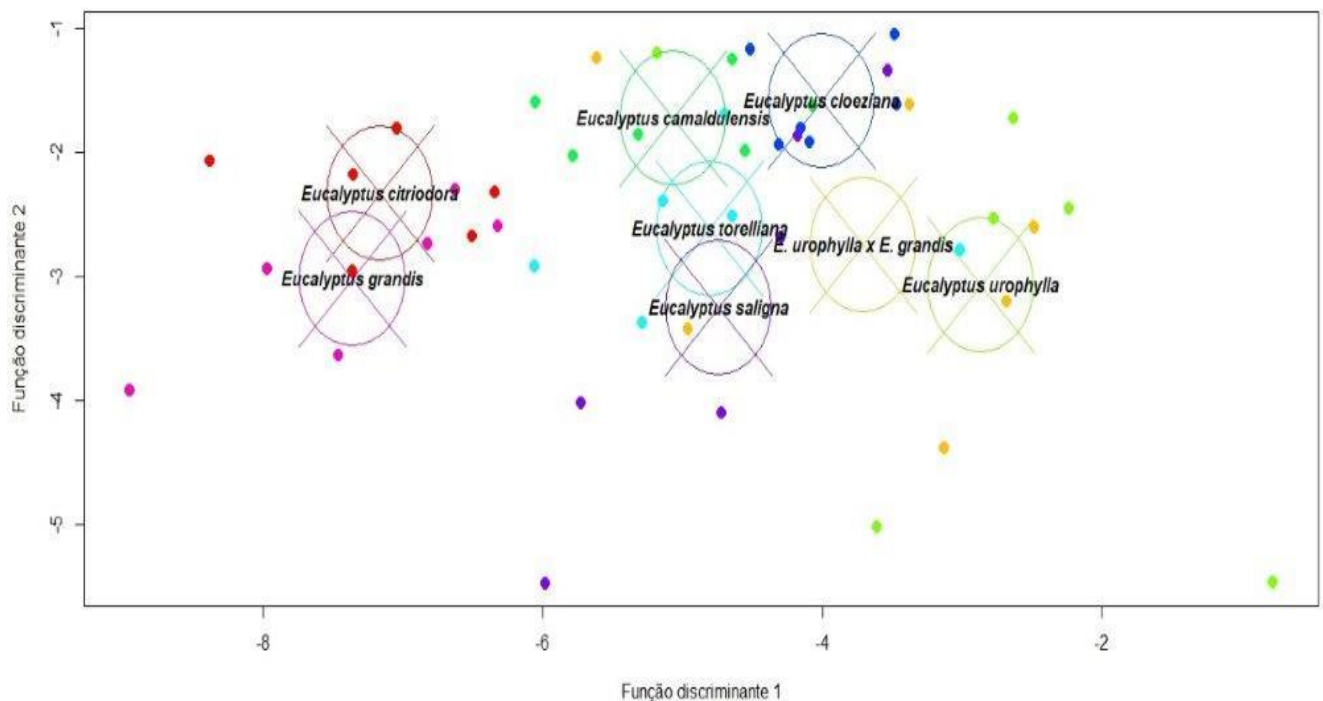


#### 4.5 Agrupamento das espécies através de análise discriminante

Após a análise individual de cada variável, para melhor elucidação dos resultados, foi realizada uma análise discriminante a fim de agrupar os lenhos cerne e alburno e todas as espécies estudadas em função das variáveis perda de massa após exposição da madeira aos fungos *G. trabeum*, *P. sanguineus*, ao cupim da madeira seca *C. brevis* e resistência ao intemperismo.

Essas variáveis foram selecionadas por estarem diretamente relacionadas com a durabilidade natural da madeira. A Figura 10 ilustra os resultados obtidos através da análise discriminante.

**Figura 10 - Agrupamento das oito espécies de eucalipto após análise discriminante.**



Através da figura, verificou-se a formação de dois grupos distintos onde em um estão as espécies *E. citriodora* e *E. grandis* e no outro as demais espécies. Afim de verificar a existência real desses grupos distintos, foi realizado o teste de Tukey. A Tabela 10 mostra os resultados verificados.

**Tabela 10 - Teste de Tukey para comparações das espécies em função das variáveis relacionadas com a durabilidade natural da madeira.**

Espécie	Perda de massa <i>G. trabeum</i>		Perda de massa <i>P. sanguineus</i>		Perda de massa <i>C. brevis</i>		$\Delta E$	
	Média	Tukey	Média	Tukey	Média	Tukey	Média	Tukey
<i>E. citriodora</i>	16,66	a	5,42	a	0,41	a	-7,94	ab
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	14,15	a	11,41	a	0,841	a	-16,40	c
<i>E. urophylla</i>	11,25	a	9,56	a	1,18	a	-18,80	c
<i>E. camaldulensis</i>	7,03	a	4,16	a	0,361	a	-12,69	bc
<i>E. torelliana</i>	13,67	a	6,09	a	0,80	a	-14,61	c
<i>E. cloeziana</i>	6,84	a	4,41	a	0,37	a	-16,21	c
<i>E. saligna</i>	16,65	a	6,07	a	1,17	a	-15,55	c
<i>E. grandis</i>	11,28	a	4,13	a	0,87	a	-5,59	a

Onde: médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey (alfa = 0,05).

Em relação ao cerne e o alburno, após a análise discriminante e o teste de Tukey verificou se que não houve diferença significativa entre os lenhos para nenhuma das quatro variáveis verificadas.

Através do teste de Tukey, verificou se que não houve diferença significativa entre as espécies estudadas para as variáveis perda de massa pelos fungos *G. trabeum* e *P. sanguineus* e pelo cupim *C. brevis*. No entanto, a variável  $\Delta E$  que representa a resistência da madeira ao intemperismo, mostra que há uma diferença entre as espécies e desse modo, a formação dos dois grupos distintos citados acima. Em um grupo estão as espécies *E. citriodora* e *E. grandis* que apresentaram menor influência do intemperismo e no outro grupo estão as espécies *E. urophylla* x *E. grandis*, *E. urophylla*, *E. camaldulensis*, *E. torelliana*, *E. cloeziana* e *E. saligna*, sendo as espécies que apresentaram maior influência após exposição ao intemperismo.

Desse modo, as espécies *E. citriodora* e *E. grandis* foram as espécies que menos sofreram à ação do intemperismo, e assim, podem ser consideradas as espécies mais resistentes.

## 5 CONCLUSÃO

Com relação à resistência natural da madeira de *Eucalyptus* spp. aos organismos xilófagos, conclui-se que:

- a) O cerne de todas as espécies estudadas apresentou menor perda de massa aos fungos deterioradores *G. trabeum* e *P. sanguineus*;
- b) Não houve diferença significativa na perda de massa entre o cerne e alburno sem tratamento para a resistência ao cupim da madeira seca *C. brevis*;
- c) As espécies *E. camaldulensis*, *E. cloeziana* e *E. urophylla* apresentaram menor perda de massa ao fungo *G. trabeum* e para o fungo *P. sanguineus* as espécies que apresentaram menor perda de massa foram *E. camaldulensis*, *E. cloeziana* e *E. grandis*;
- d) A espécie *E. citriodora* apresentou menor perda de massa ao cupim da madeira seca *C. brevis*;

Através da caracterização colorimétrica da madeira, conclui-se que:

- a) Não houve diferença significativa entre o cerne e o alburno das oito espécies estudadas. A cor do cerne e do alburno é classificada como amarelo avermelhado pois apresenta certa claridade e presença marcante do pigmento amarelo;
- b) O tratamento preservativo alterou significativamente a cor natural da madeira, promoveu a redução do brilho e predominância do pigmento verde;

Em relação ao efeito do tratamento preservativo com CCB na resistência biológica da madeira, conclui-se que

- a) O alburno tratado apresentou aumento significativo na resistência natural em relação ao cerne e ao alburno não tratado para todas as espécies estudadas à ação do fungo causador da podridão parda *G. trabeum* e da podridão branca *P. sanguineus* e ao cupim da madeira seca *C. brevis*;

Em relação à resistência ao intemperismo, pode-se concluir que:

- a) O cerne e o alburno sem tratamento apresentaram redução do brilho e dos pigmentos amarelo e vermelho;
- b) O alburno tratado apresentou redução do brilho, aumento do pigmento vermelho e redução do pigmento amarelo, tornando-se mais amarronzado.

- c) As espécies *E. citriodora* e *E. grandis* sofreram menor influência da ação do intemperismo, sendo consideradas mais resistentes que as demais.
- d) Embora o alburno tratado apresente maior resistência à ação dos organismos xilófagos, foi o lenho menos resistente à ação do intemperismo pois apresentou maior alteração da sua cor, tornando-se mais escuro e amarronzado.

Com relação ao agrupamento de espécies, através da análise discriminante, verificou-se a formação de dois grupos onde em um estão as espécies *E. citriodora* e *E. grandis* e no outro as demais espécies, sendo o intemperismo ( $\Delta E$ ), a variável mais importante para o agrupamento dessas espécies.

## REFERÊNCIAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Peças roliças preservadas de eucalipto para construções rurais – Requisitos, NBR 9480. Rio de Janeiro, 2009.
- ADORNO, M. F. C., GARCIA, J. N. Correlações lineares entre as principais características tecnológicas da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**. Curitiba. n. 63, p. 44-53, 2003.
- ALVES, R. C.; OLIVEIRA, A. L.; CARRASCO, D. V. M. Propriedades Físicas da madeira de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro 2017.
- ALVES, M. V. S., COSTA, A. F., E. D. S., VALE, A. T. Resistência natural de seis espécies de madeiras da região amazônica a fungos apodrecedores, em ensaios de laboratório. **Ciência Florestal**, v. 16, n. 1, p. 17-26, 2006.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. 2009. ASTM D2244. **Standard practice for calculation of color tolerances and color differences from instrumentally measured color coordinates**. Annual Book of ASTM Standard, International, West Conshohocken, PA, USA. 11 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM G 154: **Standard practice for operating fluorescent light apparatus for uv exposure of nonmetallic materials**. Philadelphia: Annual Book of ASTM Standard, 4p. 2006.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D-2017: **Standard method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of wood**. Annual Book of ASTM Standard, West Conshohocken, v. 410, p. 324-328, 2005.
- 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, West Conshohocken, v. 410, p. 119-121, 1994.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS – ASTM E-308. **Standard practice for computing the colors of objects by using the CIE system**. West Conshohocken: ASTM International, 32p., 1999.
- ANDRADE, M. C. N.; MINHONI, M. T. A.; SANSÍGOLO, C. A.; ZIED, D. C. Análise química da madeira e casca de diferentes tipos de eucalipto antes e durante o cultivo de shiitake em toras. **Árvore**, Viçosa – MG. v.34, n.1, p.165-175, 2010.
- ANDRADE, E.N. O Eucalipto. Cia Paulista de Estradas de Ferro, Jundiaí, São Paulo, 667p, 1961.
- ARAUJO, H. J. B., MAGALHÃES, W. L. E., OLIVEIRA, L. C., Durabilidade de madeira de eucalipto citriodora (*Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson) tratada com CCA em ambiente amazônico. **Acta Amazonica**, Manaus – AM. vol. 42 p. 49-58, 2012,



**Associação Brasileira de Produtores de Florestas Plantadas.** Anuário estatístico da ABRAF 2013 ano base 2012/ ABRAF. – Brasília, 2010. 140p. Brasília, 2013.

BATALLA, A.S. **Preservacion de la madeira.** Barcelona: Imprensa Hispano-Americana, 1961. 486 p.

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

BARRETO, C. C. K.; PASTORE, T. C. M. Resistência ao intemperismo artificial de quatro madeiras tropicais: o efeito dos extrativos. **Ciência Florestal**, v. 19, n. 1, p. 23-30, jan.-mar., 2009.

BARILLARI, C. T. **Durabilidade da madeira do gênero *Pinus* tratada com preservante: avaliação em campo de apodrecimento.** 2002. 68 p. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais, com Opção em Tecnologia de Produtos Florestais) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2002.

BERNI, C. A.; BOLZA, E.; CHRISTENSEN, F.J. South American Timbers – **The Characteristics, Properties and Uses of 190 Species.** CSIRO, 1979.

BEKHTA, P.; NIEMZ, P. Effect of high temperature on the change in color, dimensional stability and mechanical properties of spruce wood. **Holzforschung**, Berlin, v.57, p.539-546, 2003.

BLEW JR, J.O. **Preservative treatment of wood for farm use.** Forest Products Laboratory, Forest Service U.S. Department of Agriculture. 1965.

BOWYER, J. L.; SHMULSKY, R.; HAYGREEN, J. G. **Forest products and wood science: an introduction.** 4th ed. Iowa: Blackwell, 2003. 459 p.

BRAINARD, D. H. Color appearance and color difference specification. In: SHEVELL, S.K. **The science of color.** 2. ed. Amsterdam: Elsevier B.V., 2003. cap. 5, p.191-216.

BRISOLA, S. H.; DEMARCO, D. Análise anatômica do caule de *Eucalyptus grandis*, *E. urophyllae* e *E. grandis* x *urophylla*: desenvolvimento da madeira e sua importância para a indústria. **Scientia. Forestalis.**, Piracicaba, v. 39, n. 91, p. 317-330, set. 2011.

BRISOLARI, A. **Estudo da molhabilidade em madeiras tropicais ou de reflorestamento por medidas de ângulo de contato e permeabilidade.** 2008. 98 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais. Escola de Engenharia de São Carlos) – Universidade de São Paulo. São Carlos, 2008.

BRITO, J. O. & BARRICHELO, L. E. G. Correlações entre características físicas e químicas da madeira e a produção de carvão vegetal: Densidade e teor de lignina da madeira de eucalipto. **IPEF**, v.14, p. 9-20, 1977.

CAIXETA, R. P.; TRUGILHO, P. F.; ROSADO, S. C. S.; LIMA, J. T. Propriedades e classificação da madeira aplicadas à seleção de genótipos de *Eucalyptus*. **Árvore**, Viçosa. v.27, n.1, p.43-51, 2003.

Comunicado técnico, 83 - Produção e Rentabilidade do Eucalipto em Empresas Florestais. Derli Dossa, Helton Damin da Silva, Antonio Francisco Jurado Bellote, Honorino Roque Rodigheri. EMBRAPA, 2002.

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

CAMPOS, C. S.; VIANEZ, B. F.; MENDONÇA, M. S. Estudo da variabilidade da retenção do preservante CCA tipo A na madeira de *Brosimum rubescens* Taub. Moraceae – (Pau-Rainha) uma espécie madeireira da região amazônica. Sociedade de Investigações Florestais. **Árvore**, Viçosa. v.27, n.6, p.845-853, 2003.

CONSTANTINO, R. The pest termites of South America: taxonomy, distribution and status. **Journal of Applied Entomology-Zeitschrift Fur Angewandte Entomologie**. v.126, p.355-365, 2002.

CARMO, A. G. O. **Avaliação do potencial preservativo dos extratos do cerne no alburno da madeira de *Corymbia citriodora* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson**. Seropédica, 2008. 16p. Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Florestal, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Florestal, Instituto de Florestas da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.

CARVALHO, A. M. **Vaporização da madeira do híbrido *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha**. Piracicaba, 2000. Dissertação (Mestrado em Ciências/Ciência e Tecnologia de Madeiras). 129p. Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo.

COSTA, A. C. S.; LEAL, C. S.; SANTOS, L. C.; CARVALHO, S. M. L.; OLIVEIRA, A. O., PEREIRA, B. L. C. Propriedades da madeira de cerne e alburno de *Eucalyptus camaldulensis*. **Ciência da Madeira**, Pelotas, v. 8, p.10-20, 2017.

COSTA, J. A.; GONÇALEZ, J. C.; CAMARGOS, J. A. A.; GOMES, I. A. Fotodegradação de duas espécies de madeiras tropicais: Jatobá (*Hymenae courbaril*) e Tauari (*Couratari oblongifolia*) submetidas à radiação ultravioleta. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 1, p. 133-139, jan./mar. 2011a.

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, jul.-set., 2011b.

COSTA, A. F.; VALE, A. T.; GONZALEZ, J. C.; SOUZA, F. D. M. Durabilidade de madeiras tratadas e não tratadas em campo de apodrecimento. **Floresta e Ambiente**. Seropédica, v.12, n.1, p.07 - 14, 2005.

CREEMERS, J.; MEIJER, M.; ZIMMERMANN, T.; SELL, J. Influence of climatic factors on the weathering of coated wood. **Holz als Roh-und Werkstoff**, v. 60, n. 6, p. 411-420, dec. 2002.

CRUZ, C.R.; LIMA, J. T.; MUNIZ, G. I. B. Variação dentro das árvores e entre clones das propriedades físicas e mecânicas das madeiras de híbridos de *Eucalyptus*. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n.64, p.33-47, dez.2003.

CAVALCANTE, M. S. Implantação e desenvolvimento da indústria de preservação de madeira no Brasil. **Pesquisa & Desenvolvimento**, v. 14, p. 1-57, 1983.

DEL QUIQUI, E. M.; MARTINS, S. S.; SHIMIZU, J. Y. Avaliação de espécies e procedências de *Eucalyptus* para o noroeste do Estado do Paraná. **Acta Scientiarum Agronomy**, Curitiba, v. 23, n. 5, p. 1173-1177, 2001.

DOSSA, D.; SILVA, H. D.; BELLOTE, A. F. J.; RODIGHIERI, H. R. Produção e Rentabilidade do Eucalipto em Empresas Florestais. Comunicado técnico, 83 - EMBRAPA, 2002.

ELEOTÉRIO, E. S. R.; BERTI FILHO, E. Levantamento e identificação de cupins (Insecta: Isoptera) em área urbana de Piracicaba - SP. **Ciência Florestal**, Santa Maria v. 10, n. 1, p. 125-139, 2000.

EVANGELISTA, W. V. **Caracterização da madeira de clones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh e *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake, oriunda de consórcio agrossilvipastoril**. Visçosa, 2007. 120p. Dissertação (Mestrado/Ciência Florestal). Universidade Federal de Visçosa.

EVANS, T.A.; LAI, J.C.S.; TOLEDANO, E.; McDOWALL, L.; RAKOTONARIVO, S.; LENZ, M. Termites assess wood size by using vibrations signals. **PNAS**, v. 102, n. 10, p. 3732-3737, 2005.

FAO, 2010 - **Desmatamento mundial diminuiu, mas segue alarmante em muitos países**. Roma.

FARIAS SOBRINHO, D. W.; PAES, J. B. FURTADO, D. A. Tratamento preservativo da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) D.C.), pelo método de substituição de seiva. **Cerne**, Lavras, v.11, n.3, p.225-236, 2005.

FEIST, W. C.; HON, D. N. S. Chemistry of weathering e protection. In: ROWELL, R.M. **The chemistry of solid wood**. Washington, U.S.A.: Am. Chem. Soc, 1984. 614p

FERREIRA, M. Escolha de Espécies de Eucalipto. Circular técnica **IPEF**, Piracicaba, v.47, p.1-30, 1979.

FERREIRA, M. & KAGEYAMA, P.Y. **Melhoramento genético da densidade básica da madeira do eucalipto**. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3, Manaus, 1978. Anais. São Paulo, SBS, 1978. v.2, p. 148-52.

FOELKEL, C. E. B.; BARRICHELO, L. E. G.; MILANEZ, A. F. Estudo comparativo das madeiras de *eucalyptus saligna*, *e. paniculata*, *e. citriodora*, *e. maculata* e *e. tereticornis* para produção de celulose sulfato. **IPEF**, Piracicaba, n.10, p.17-37, 1975.

GALVÃO, A.P.M.; JANKOWSKY, I.P. Durabilidade de madeira de *Eucalyptus urophylla* S.T. BLAKE preservada por processos sem pressão – avaliação de ensaios de campo. **IPEF**, Piracicaba, n.33. p. 59-64. 1986.

GLÓRIA, B. A.; GUERREIRO, S. M. C. **Anatomia vegetal**. Universidade Federal de Viçosa, 2006, cap. 5 pag. 129. Editora UFV.

GOMES, J.F.S. **Padronização de metodologia para caracterização de cor por imagem aplicada à seleção de frutas**. Niterói, 2013. 256f. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Mecânica). Universidade Federal Fluminense.

GONÇALEZ, J. C.; FREIRE FÉLIX, T. L.; NUNES GOUVEIA, F.; ALVES CAMARGOS, J. A.; GOMES RIBEIRO, P. Efeito da radiação ultravioleta na cor da madeira de freijó (*cordia Goeldiana huber*) após receber produtos de acabamentos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, vol. 20, n. 4, p.657-664, 2010.

GONÇALEZ, J. C.; JANIN, G.; SANTORO, A. C. S.; COSTA, A. F.; VALE, A. T. Colorimetria quantitativa: uma técnica objetiva de determinar a cor da madeira. **Brasil Florestal**, ano XX, n. 72, p. 47- 48, nov. 2001.

GONÇALVES, F.G.; PINHEIRO, D.T.C.; PAES, J.B.; CARVALHO, A.G. de; 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.

GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S.; LUCIA, R. M. D.; SANTÓRIO, R. C. Estudo de algumas propriedades mecânicas da madeira de híbrido clonal de *Eucalyptus urophylla* X *Eucalyptus grandis*. **Árvore**, Viçosa, v. 33, p. 501-509, 2009.

GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S. Resistência ao ataque de cupim de madeira seca (*Cryptotermes brevis*) em seis espécies florestais. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 80-83, 2006.

GUEDES, F. T. P. **Qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* e genotipagem a partir de marcadores moleculares TRAP e microssatélites para estudo de associação**. Piracicaba, 2010. 59p. Dissertação (Mestrado em Ciências/Tecnologia de Produtos Florestais). Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo.

**Guia do Eucalipto**. Oportunidades para um desenvolvimento sustentável. Conselhos de informações em biotecnologia. Junho 2008. Disponível em [www.cib.org.br](http://www.cib.org.br). Acesso em 10/03/2014.

GUILLEY, E.; CHARPENTIER, J. P.; AYADI, N. SNAKKERS, G.; NEPVEU, G.; CHARRIER, B. Decay resistance against *Coriolus versicolor* in Tensile oak (*Quercus petraea* Liebl.): analysis of the between-tree variability and correlation with

extractives, tree growth and other basic wood properties. **Wood Science and Technology**, Berlin, v.38, p.539-554, 2004.

GUIMARÃES, I. L.; GUIMARÃES JUNIOR, J. B.; LISBOA, F. J. N.; ANDRADE, C. R.; SIQUEIRA, H. F. Caracterização química e física da madeira de procedências de *Eucalyptus*. **Enciclopédia biosfera**, v.9, n.17, 2013.

HASELEIN, C. R.; CARVALHO LOPES, M. C.; SANTINI, E. J.; LONGHI, S. J.; ROSSO, S.; FERNANDES, D. L.G.; MENEZES, L. F. Características tecnológicas da madeira de árvores matrizes de *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, Curitiba, v. 14, n. 2, p. 145-155, 2004.

HAUPT, M.; LEITHOFF, H.; MEIER, D.; RICHTER, H.G.; FAIX, O. Heartwood extractives and natural durability of plantation-grown teakwood (*Tectona grandis* L.) – a case study. **Holz als Roh- und Werkstoff**, Berlin, v.61, p.473-474, 2003.

HILLIS, W. E. **Heartwood and tree exudates**. Berlin: Springer-Verlag, 1987. 268 p.

HON, D.N.S. Weathering and photochemistry of wood. In: HON, D.N.-S.; SHIRAISHI, N. **Wood and cellulosic chemistry**. v.2, 928p. 2001.

HUMAR, M., PETRIC, M., POHLEVEN, F., SENTJURC, M., KALAN, P. Changes of copper EPR spectra during exposure to wood rotting fungi. **Holzforschung**. v.56, p.229-238, 2002.

HUMAR, M., SENTJURC, M., AMARTEY, S. S., POHLEVEN, F. Influence of acidification of CCB (Cu/Cr/B) impregnated wood on fungal copper tolerance. **Elsevier**. v. 58, p. 743-749, 2005.

Ibá – Instituto Brasileiro de Árvores. **Relatório Ibá 2016**. 2016.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura 2015**, 2016.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Informações sobre madeiras. Disponível em [http://www.ipt.br/consultas\\_online/informacoes\\_sobre\\_madeira/busca](http://www.ipt.br/consultas_online/informacoes_sobre_madeira/busca). Acesso em 16/08/2017.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT 1157. **Ensaio acelerado da resistência natural ou de madeira preservada ao ataque de térmitas do gênero *Cryptotermes* (Fam. Kalotermitidae)**. São Paulo: IPT, 1980.

ISHIGURI, F., MARUYAMA, S., TAKAHASHI, K., ABE, Z.; YOKOTA, S., ANDOH, M.; YOSHIZAWA, N. Extractives relating to heartwood color changes in sugi (*Crytomeria japonica*) by a combination of smoke-heating and UV radiation exposure. **Journal of Wood Science**, Kyoto, v. 49, p. 135-139, 2003.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. IPT. **Métodos de ensaios e análise em preservação de madeira: ensaio acelerado de laboratório da**

**resistência natural ou de madeira preservada ao ataque de térmitas do gênero *Cryptotermes* (Fam. Kalotermitidae).** São Paulo: 1980.

JANKOWSKY, I.P. **Fundamentos de preservação de madeiras.** Documentos florestais. Universidade de São Paulo. Piracicaba. n.11. p. 1-12. jun. 1990.

JANKOWSKY, I. P.; FERNANDES, P. S.; WEHR, J. P. P. **Utilização de moirões de diferentes espécies de *Pinus*.** IPEF, Piracicaba, v.9, n.27, p.91 – 98, 1993.

JOHANSSON, D.; MORÉN, T. The potential of colour measurement for strength prediction of thermally treated wood. **Holz als Roh- und Werkstoff**, Berlin, v.64, n.2, p.104-110, 2006.

KATAOKA, Y.; KIGUCHI, M. Depth profiling of photo-induced degradation in wood by FT-IR microspectroscopy. **Journal of Wood Science**, Tóquio, v.47, p.325-327, 2001.

KARTAL, S.M.; YOSHIMURA, T.; IMAMURA, Y. Modification of wood with Si compounds to limit boron leaching from treated wood and to increase termite and decay resistance. **International Biodeterioration & Biodegradation**, London, v.63, p.187-190, 2009.

KLOCK, U. **Introdução à engenharia industrial madeireira - Características gerais da madeira.** Disponível em <http://www.madeira.ufpr.br/disciplinasklock/introduengmad/Madeira2005.ppt>. Acesso em 15/03/2011.

KLOCK, U.; MUÑIZ, G. I. B.; HERNANDEZ, J. A.; ANDRADE, A. S. **Química da madeira.** 3ª Edição revisada. 2005. 86p.

LATORRACA, J.V.; DÜNISCH, O.; KOCH, G. Chemical composition and natural durability of juvenile and mature heartwood of *Robinia pseudoacacia* L. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v.83, n.3, p.1059-1068, 2011.

LELIS, A. T. de et al. **Biodeterioração de madeiras em edificações.** São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2001. 54 p.

LEPAGE, E.S. *et alli* **Manual de preservação de madeiras.** Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT. Divisão de madeiras. São Paulo, v. I e II, 707p, 1986.

LOFERSKI, J. R. Technologies for wood preservation in historic preservation. **Archives and Museum Informatics**, Dordrecht, v. 13, n. 3-4, p. 273-290, 2001.

LOPES, P. J. G., CALEGARI, L. C., AZEVEDO, S. M. A., OLIVEIRA, E. Resistência da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora*) tratada com CCB contra cupins xilófagos. **ACSA - Agropecuária Científica no Semiárido**, v.12, n.3, p.273-279, 2017a.

LOPES, E. D. **Qualidade de mudas de *Eucalyptus urophylla*, *E. camaldulensis*, *E. citriodora* produzidas em blocos prensados e em dois modelos de tubetes e**

**seu desempenho no campo.** Vitória da Conquista, 2005. 82p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

LOPEZ, G. A. C. **Resistência natural de madeiras nacionais a xilófagos marinhos.** In: I ENCONTRO BRASILEIRO DE PRESERVAÇÃO DE MADEIRAS, Anais. p. 167-175. 1982.

MAGALHÃES, W. L. E.; PEREIRA, J. C. D. **Método de substituição de seiva para preservação de mourões.** Comunicado técnico, 97 - EMBRAPA, 2003.

MARTINS, M. F., BELTRAME, R., DELUCIS, R. A., GATTO, D. A., PEDRO CADEMARTORI, H. G., SANTOS, G. A. Colorimetria como ferramenta de agrupamento de madeira de clones de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira.** 2015.

MARTINS, S. A., SANTOS, C. M. T., GONÇALEZ, J. C. G., CAMARGOS, J. A. A. Envelhecimento artificial acelerado por radiação ultravioleta de madeiras de *Eucalyptus benthamii* e *Pinus caribaea* var. hondurensis. **Floresta**, Curitiba v. 41, n. 1, p. 87-96, jan./mar. 2011.

MARTINS, S. S., SANTOS, C. M. T., JOAQUIM CARLOS GONÇALEZ, J. C., CAMARGOS, J. A. A. Envelhecimento artificial acelerado por radiação ultravioleta de madeiras de *Eucalyptus benthamii* e *Pinus caribaea* var. hondurensis. **Floresta**, Curitiba, v. 41, n. 1, p. 87-96, 2011.

MATTOS, B. D., GATTO, D. A., CADEMARTORI, P. H. G., STANGERLIN, D. M., BELTRAME, R. Durabilidade a campo da madeira de três espécies de *Eucalyptus* tratadas por imersão simples. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.8, n.4, p.648-655, 2013.

MATTOS, P. P.; SILVA, V. P.; MAGALHÃES, W. L. E. **Agregação de valor à pequena produção florestal madeireira.** Documentos 103. 29p. Colombo. Embrapa Florestas, 2004.

MEDEIROS, B. L. M. A.; GUIMARÃES JUNIOR, J. B.; RIBEIRO, M. X.; LISBOA, F. J. N.; GUIMARÃES, I. L.; PROTÁSIO, T. P. Avaliação das propriedades físicas e químicas da madeira de *Corymbia citriodora* e *Eucalyptus urophylla* x *Eucalyptus grandis* cultivadas no Piauí. **Nativa**, Sinop, v.4, n.6, p.403-407, nov./dez. 2016.

MELO, R. R., STANGERLIN, D. M.; SANTINI, E. J., HASELEIN, C. R., GATTO, D. A., SUSIN, F. Durabilidade natural da madeira de três espécies florestais em ensaios de campo. **Ciência Florestal**, Curitiba, v. 20, n. 2, p. 357-365, abr.-jun., 2010.

MENDOZA, F.; DEJMEK, P.; AGUILERA, J.M. Calibrated color measurements of agricultural foods using image analysis. **Postharvest Biology and Technology**, v.41, p.285-295, 2006.

MITSUI, K. Changes in the properties of light-irradiated wood with heat treatment: Part 2. Effect of light-irradiation time and wavelength. **Holz als Roh- und Werkstoff**, Berlin, v.62, p.23-30, 2004.

MITSUI, K.; MURATA, A.; TOLVAJ, L. Changes in the properties of light-irradiated wood with heat treatment: Part 3. Monitoring by DRIFT spectroscopy. **Holz als Rohund Werkstoff**, Berlin, v.62, p.164-168, 2004.

MITSUI, K.; TSUCHIKAWA, S. Low atmospheric temperature dependence on photodegradation of wood. **Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology**, v. 81, n. 2, p. 84-88, 2005.

MODES, K. S., LAZAROTTO, M. L., BELTRAME, R., VIVIAN, M. A. SANTINI, E. j., MUNIZ, M. F. B. Resistência natural da madeira de sete espécies florestais ao fungo *Pycnoporus sanguineus* causador da podridão-branca. **Cerne**, Lavras, v. 18, n. 3, p. 407-411, jul./set. 2012.

MORA, A. L.; GARCIA, C. H. **A cultura do eucalipto no Brasil**. São Paulo, 2000. 111p. Sociedade Brasileira de Silvicultura.

MORI, C.L.S. de O.; LIMA, J.T.; MORI, F.A.; TRUGILHO, P.F.; GONÇALEZ, J.C. Caracterização da cor da madeira de clones de híbridos de *Eucalyptus* sp. **Cerne**, Lavras, v.11, n. 1, p.137-146, 2005.

MORI, C.L.S. de O.; MORI, F.A.; LIMA, J.T.; TRUGILHO, P.F.; OLIVEIRA, A.C. Influência das características tecnológicas na cor da madeira de Eucaliptos. **Ciência Florestal**, Curitiba, v.14, n. 2, p.123-132, 2004.

OLIVEIRA, J. T. S., BENIGNO PAES, J. B. VIDAURRE, G. B., Resistência biológica da madeira de espécies de eucalipto ao ataque de cupim de madeira seca. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 45, n. 113, p. 145-150, mar. 2017.

OLIVEIRA, J. T., SOUZA, L. C., DELLA LUCIA, R. M., SOUZA JUNIOR, P. S. Influência dos extrativos na resistência ao apodrecimento de seis espécies de madeira. **Árvore**, Viçosa, v.29, n.5, p.819-826, 2005a.

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

OLIVEIRA, J. T. S.; HELLMEISTER, J. C.; SIMÕES, J. W.; TOMAZELLO FILHO, M. Caracterização da madeira de sete espécies de eucaliptos para a construção civil: 1- avaliações dendrométricas das árvores. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 56, p. 113-124, dez. 1999.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil**. 1997. 429 f. Tese (Doutorado em Engenharia) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.



- OLIVEIRA, J. T. S.; DELLA LUCIA, R. M. **Teores de extrativos de 27 espécies de madeiras nativas do Brasil ou aqui introduzidas**. Viçosa, 1994. 5 p. (Boletim Técnico SIF, 9).
- OLTEAN, L.; TEISCHINGER, A.; HANSMANN, C. Wood surface discoloration due to simulated indoor sunlight exposure. **Holz als Roh- und Werkstoff**, Berlin, v.66, p.51-56, 2008.
- PAES, J. B., GUERRA, S. C. S., SILVA, L. F., OLIVEIRA, J. G. L., SÃO TEAGO, G. B. Efeito do teor de extrativos na resistência natural de cinco madeiras ao ataque de cupins xilófagos. **Ciência Florestal**, Curitiba, v. 26, n. 4, p. 1259-1269, out.-dez., 2016.
- PAES, J. B.; RAMOS, I. E. C.; NASCIMENTO, J. W. B. Eficiência do CCB na resistência da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) D.C.) a cupins xilófagos, em ensaio de alimentação forçada. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 15, n.1, p.01-12, 2008.
- PAES, J. B.; MELO, R. R.; LIMA, C. R. Resistência natural de sete madeiras a fungos e cupins xilófagos, em condições de laboratório. **Cerne**, Lavras, v. 13, n. 2, p. 160-169, abr./jun., 2007.
- PAES, J. B.; MORESCHI, J. C.; LELLES, J. G. Avaliação do tratamento preservativo de moirões de *Eucalyptus viminalis* lab. e de bracatinga (*Mimosa scabrella* benth.) pelo método de substituição da seiva. **Ciência Florestal**, Curitiba, v. 15, n. 1, 2005a.
- PAES, J. B. MORAES, V. M., LIMA, C. R. Resistência natural de nove madeiras do semi-árido brasileiro a fungos causadores da podridão-mole. **Árvore**, Viçosa, v.29, n.3, p.365-371, 2005b.
- PAES, J.B., MORAES, V. M., LIMA, C. R. Resistência natural de nove madeiras do semi-árido brasileiro a fungos xilófagos em condições de laboratório. **Árvore**, Viçosa, v.28, n.2, p.275-282, 2004.
- PAES, J. B., MEDEIROS MORAIS, V. M., FARIAS SOBRINHO, D. W., BAKKE, O. A. Resistência natural de nove madeiras do semiárido brasileiro a cupins subterrâneos, em ensaio de laboratório. **Cerne**, Lavras, v. 9, n. 1, p. 36-47, 2003.
- PAES, J. B. Resistência natural da madeira de *Corymbia maculata* (hook.) K.D.Hill & L.A.S. Johnson a fungos e cupins xilófagos, em condições de laboratório. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 26, n. 6, p. 761-767, 2002a.
- PAES, J.B., MORAES, V. M., LIMA, C. R. Resistência das madeiras de aroeira (*Myracrodruon urundeuva*), cássia (*Senna siamea*) e ipê (*Tabebuia impetiginosa*) a fungos e cupins xilófagos, em condições de laboratório. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 9, n.1, p.135 - 144, 2002b.
- PAES, J. B.; MORESCHI, J. C.; LELLES, J. G. Tratamento preservativo de moirões de bracatinga (*Mimosa scabrella* BENTH.) e de *Eucalyptus viminalis* LAB. pelo método de imersão prolongada. **Cerne**, Lavras, v.7, N.2, P.065-080, 2001.

PAES, J. B.; VITAL, B. R. Resistência natural da madeira de cinco espécies de eucalipto a cupins subterrâneos, em testes de laboratório. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 97-104, 2000.

PANDEY, K.K. Study of the effect of photo-irradiation on the surface chemistry of wood. **Polymer Degradation and Stability**, v.90, p. 9-20, 2005.

PANDEY, K. K.; PITMAN, A. J. FTIR. Studies of the changes in wood chemistry following decay by brown-rot and white-rot fungi. **International Biodeterioration & Biodegradation**. Birmingham, v. 52, n. 3, p. 151-160, 2002.

PÊGAS, M. R. A. **Resistência natural de nove espécies de madeiras ao ataque de *Coptotermes gestroi* (Wasmann, 1896) (Isoptera: Rhinotermitidae)**. 2007. 24 f. Monografia (Graduação em Florestal)-Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

PEREIRA, J. C. D.; STURION, J. A.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; SHIMIZU, J. Y. In: **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 113 p., 2000

PEREZ, P. V. **Efeitos da adição de biossólido no crescimento inicial de *Eucalyptus citriodora* HOOK.** Marechal Cândido Rondon, 2008. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Sustentabilidade de Agrossistemas) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.

PINHEIRO, R. V. **Influência da preservação contra a demanda biológica em propriedades de resistência e de elasticidade da madeira**. São Carlos, 2001. 162p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

POHLEVEN, F., HUMAR, M., AMARTEY, S., BENEDIK, J. Tolerance of wood decay fungi to commercial copper based wood preservatives. **IRG/WP** 02-30291, p 12, 2002.

QUEIROZ, F. L. C., GONÇALEZ, J. C., DEL MENEZZI, C. H., RIBEIRO, E. S., LIMA, C., M. Intemperismo artificial em lâminas de *Tectona grandis* tratadas com produtos de acabamento. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v.23, n.4, pp.573-581, 2016.

RAMOS, I. E. C.; PAES, J. B.; SOBRINHO, D. W. F.; SANTOS, G. J. C. Eficiência do CCB na resistência da madeira de algaroba (*prosopis juliflora* (sw.) D.c.) em ensaio de apodrecimento acelerado. **Árvore**, v.30, n.5, p.811-820, 2006.

**Revista da Madeira**. A madeira de eucalipto na construção civil. n. 75, ago. 2003.

**Revista da Madeira**. Madeira tratada corretamente resiste ao tempo. São Paulo: n.92, ano XV, out. 2005.

**Revista da Madeira**. Postes de eucalipto tratado. São Paulo: n.97, ano XVI, jun. 2006.

RIBEIRO, M.X.; BUFALINO, L.; MENDES, L.M.; SÁ, V.A. de; SANTOS, A. dos; TONOLI, G.H.D. Resistência das madeiras de Pinus, cedro australiano e seus produtos derivados ao ataque de *Cryptoterme brevis*. **Cerne**, Lavras, v. 20, n. 3, p. 433-439, 2014.

RICHARDSON, H.W. **Handbook of copper compounds and applications**. Marcel Dekker, New York, p 93–122, 1997.

RODRIGUES, R. B.; BRITO, E. O. **Resistência natural de *Eucalyptus urophylla* e *Corymbia citriodora* a *Coptotermes gestroi* (Isoptera; Rhinotermitidae) em laboratório**. Floresta e Ambiente, Rio de Janeiro, n. 18, p. 9-15, 2011. (Mestrado em Ciências/Ciência e Tecnologia da Madeira) – Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo.

RODRIGUES, R. A. D. **Variabilidade de propriedades físico-mecânicas em lotes de madeira serrada de eucalipto para construção civil**. Piracicaba, 2002. 70p. Dissertação (Mestrado em Ciências/Ciência e Tecnologia da Madeira) – Escola Superior de Agricultura, Universidade de São Paulo.

RUY, O. F. **Variação da qualidade da madeira em clones de *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake da Ilha de Flores, Indonésia**. Piracicaba, 1998. 69p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

SANTOS, S. R.; SANSÍGOLO, C. A. Influência da densidade básica da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* na qualidade da polpa branqueada. **Ciência Florestal**, Curitiba, v. 17, n. 1, p. 53-63, jan-mar, 2007

SANTOS, H. S. **Padronização de ensaios para identificação de preservantes em postes de madeira e solos de áreas controladas**. Porto Alegre, 2010. 109p. Dissertação (Mestrado/Engenharia e Tecnologia de Materiais). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

SCANAVACA JUNIOR, L.; GARCIA, J. N. Determinação das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Eucalyptus urophylla*. **Scientia Forestalis**, Curitiba, n. 65, p.120 – 129, jun. 2004.

SEVERO, E.T.D., TOMASELLI, I. Vaporização no alívio das tensões de crescimento em toras de *Eucalyptus dunnii* de duas procedências. **Scientia Agraria**, Curitiba, v.1, n. 1-2, p. 29-32, 2000. Editora da UFPR.

SEGURA, T. E. S. **Avaliação das madeiras de *Corymbia citriodora*, *Corymbia torelliana* e seus híbridos visando à produção de celulose kraft branqueada**. Piracicaba, 2015. 198p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – USP.

SGAI, R. D. **Fatores que afetam o tratamento para preservação de madeiras**. Campinas, 2000. 122p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil/Edificações) – Universidade Estadual de Campinas.

SIAU, J. F. *Transport Processes in Wood*; Springer-Verlag: Berlin, 1984.

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

SILVA, G. A., MARINO, R. H., LOPES, M. E. G., ALMEIDA, T. A., COSTA, A. C. F., MARTINS, M. V.G. Avaliação do potencial de degradação de fungos causadores de podridão branca. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.5, n.2, p.225-231, 2010 a.

SILVA, M. R. S. MACHADO, G. O., DEINERB, J., CALIL JUNIOR, C. Permeability Measurements of Brazilian *Eucalyptus*. **Materials Research**. 281-286, 2010 b.

SILVA, J. C. **Anatomia da Madeira e suas Implicações Tecnológicas**. Viçosa, MG. 2008.

SILVA, C. A., MONTEIRO, M. B. B., BRAZOLIN, S., LOPEZ, G. A. C., RICHTER, A., BRAGA, M. R. Biodeterioration of brazilwood *Caesalpinia echinata* Lam. (Leguminosae - Caesalpinioideae) by rot fungi and termites. **International Biodeterioration & Biodegradation**, New York, v. 60, p. 285-292, 2007.

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

SILVA, J. O.; PASTORE, T. C. M. Fotodecomposição e proteção de madeiras tropicais. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 11, n. 2, p. 7-13, ago./dez. 2004.

SILVA, M. R. **Determinação da permeabilidade em madeiras brasileiras de florestas plantadas**. São Carlos, 2007. 135p. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo.

SMITH, V. C.; POKORNY, J. Color matching and color discrimination. In: SHEVELL, S.K. **The science of color**. 2. ed. Amsterdam: Elsevier B.V., 2003. cap. 3, p.103-148.

STANZIOLA, R. **Colorimetry and the calculation of color difference**. Trad. por: Luiz Fatarelli. São Paulo: Superlab, 1986. 27p. 1979

STUMPP, E. et al. Avaliação de sustentabilidade e eficácia de tratamentos preservantes naturais de madeiras de florestas plantadas no RS para o controle do cupim. **Ambiente Construído**, São Paulo, v. 6, p. 21-31, 2006.

SUDIYANI, Y.; TSUJIYAMA, S.; IMAMURA, Y.; TAKAHASHI, M.; MINATO, K.; KAJITA, H. Chemical characteristics of surfaces of hardwood and softwood deteriorated by weathering. **Journal of Wood Science**, v. 45, n. 4, p. 348-353, aug. 1999.

TARMIAN, A.; PERRÉ, P. **Air permeability in longitudinal and radial directions of compression wood of *Picea abies* L. and tension wood of *Fagus sylvatica* L.** *Holzforschung*, Berlim, v. 63, n. 3, p. 352 - 356, 2009.

TEIXEIRA, R. U. **Efeito da produtividade florestal e permeabilidade da madeira de *Eucalyptus* spp. na velocidade de secagem.** Viçosa. 2015. 47p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa.

TELES, R., F. **Ensaio não destrutivo para avaliar o desempenho de madeiras amazônicas tratadas quimicamente.** Tese (Doutorado). Brasília. Universidade de Brasília. 195p. 2014

TELES, R. F., COSTA, A. F. Influência do intemperismo acelerado nas propriedades colorimétricas da madeira de angelim pedra. **Nativa**, Sinop, v. 02, n. 02, p. 65-70, abr./jun. 2014.

TORRES, A.; MARCEL, P.; PAES, B.; LIRA FILHO, J. A.; NASCIMENTO, J. W. B. Tratamento preservativo da madeira juvenil de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. Pelo método de substituição de seiva. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 2, p. 275-282. 2001.

TREVISAN, H.; MARQUES, F. M. T.; CARVALHO, A. G. Degradação natural de toras de cinco espécies florestais em dois ambientes. **Floresta**, Curitiba, v. 38 n. 1, p. 33-41, 2008.

TRUGILHO, P. F.; GOULART, S. L.; ASSIS, C. O.; COUTO, F. B. S.; ALVES, I. C. N.; PROTÁSIO, T. P.; NAPOLI, A. Características de crescimento, composição química, física e estimativa de massa seca de madeira em clones e espécies de *Eucalyptus* jovens. **Ciência Rural**, 2014.

TSOUMIS, G. **Science and technology of wood: structure, properties, utilization.** New York: Chapman e Hall, 1991.

TURKULIN, H.; SELL, J. Investigations into the photodegradation of wood using microtensile testing. **Holz als Roh- und Werkstoff**, Berlin, v.60, p.96-105, 2002.

VIVIAN, M. A., SANTINI, E. J., MODES, K. S., GARLET, A., MORAIS, W. W. C. Resistência biológica da madeira tratada de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus cloeziana* a fungos apodrecedores em ensaios de laboratório. **Ciência Florestal**, v. 25, n. 1, p. 175-183, 2015.

VILAS BÔAS, O.; MAX, J. C. M.; MELO, A. C. G. Crescimento comparativo de espécies de *Eucalyptus* e *Corymbia* no município de Marília, SP. **Instituto Florestal**, v. 21, n. 1, p. 63-72, jun. 2009.

WEHR, J. P. P. **Método prático de tratamento preservativo de moirões roliços de *Pinus caribea* Morelet Var. hondurensis Bar et Golf.** 1985. 209 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.

YALINKILIC, M. K., SU, W. Y., IMAMURA, Y., TAKAHASHI, M., DEMIRCI, Z., YALINKILIC, A. C. Boron effect on decay resistance of some fire-retardant coatings applied on plywood surface. **Holz als Roh- und Werkstoff**. v.56, p.347-353, 1998.

ZANUNCIO, A. J. V.; COLODETTE, J. L., GOMES, F. J. B.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R. Composição química da madeira de eucalipto com diferentes níveis de desbaste. **Ciência Florestal**, Curitiba, v. 23, n. 4, p. 755-760, out.-dez., 2013.

ZENI, T. L.; SILVA, F. B.; FERREIRA, M. M.; MAGALHÃES, W. L. E.; AUER, C. G. **Resistência natural das espécies *Eucalyptus cloeziana*, *Eucalyptus myrcocoris*, *Eucalyptus umbra*, *Corymbia citriodora* e *Corymbia maculata* à degradação provocada pelo fungo *Agrocybe perfecta*, causador da podridão branca na madeira, *in vitro***. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 10., 2006, São Pedro. Anais...São Carlos: Instituto Brasileiro da Madeira e das Estruturas de Madeira, 2006.

WILLIAMS, R. S. Weathering of wood. In: ROWELL, R. M. **Handbok of wood chemistry and wood composites**. Florida: CRC Press, 2005. p. 139-185.

**APÊNDICE A - Análise de variância da resistência da madeira aos fungos *Gloeophyllum trabeum*, *Pycnoporus sanguineus*, teor de umidade final, resistência ao cupim da madeira seca *Cryptotermes brevis*, propriedades colorimétricas e resistência da madeira ao intemperismo**

**Tabela A - 1** Análise de variância da resistência da madeira ao fungo *Gloeophyllum trabeum*

Fonte de variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado médio	Estat. F	p - valor
Espécie	7	0,830	0,119	7,937	<0,001
Árvore	2	2,775	13,888	933,293	<0,001
Espécie x Árvore	14	1,930	0,138	9,265	<0,001
Resíduo	192	2,857	0,0149		
Total	215	33,393	0,155		

**Tabela A - 2** Análise de variância do teor de umidade final da madeira após o ensaio de resistência ao fungo *Gloeophyllum trabeum*

Fonte de variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado médio	Estat. F	p - valor
Espécie	7	0,0218	0,00312	6,154	<0,001
Árvore	2	0,159	0,0796	157,058	<0,001
Espécie x Árvore	14	0,0564	0,00403	7,941	<0,001
Resíduo	192	0,0973	0,000507		
Total	215	0,335	0,00156		

**Tabela A - 3** Análise de variância da resistência da madeira ao fungo *Pycnoporus sanguineus*

Fonte de variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado médio	Estat. F	p - valor
Espécie	7	0,711	0,102	1,425	0,197
Árvore	2	73,674	36,837	516,751	<0,001
Espécie x Árvore	14	5,261	0,376	5,272	<0,001
Resíduo	192	13,687	0,0713		
Total	215	93,333	0,434		

**Tabela A - 4** Análise de variância do teor de umidade final da madeira após o ensaio de resistência ao fungo *Pycnoporus sanguineus*.

Fonte de variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado médio	Estat. F	p - valor
Espécie	7	0,1000	0,0143	8,401	<0,001
Árvore	2	0,0553	0,0276	16,240	<0,001
Espécie x Árvore	14	0,1060	0,00760	4,466	<0,001
Resíduo	192	0,327	0,00170		
Total	215	0,588	0,00274		

**Tabela A - 5** Análise de variância da resistência da madeira ao cupim da madeira seca

Fonte de variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado médio	Estat. F	p - valor
Espécie	7	0,984	0,141	3,529	<0,002
Árvore	2	0,532	0,266	6,674	<0,002
Espécie x Árvore	14	0,833	0,0595	1,494	0,123
Resíduo	120	4,780	0,0398		
Total	143	7,129	0,0499		

**Tabela A - 6** Análise de variância da porcentagem de cupins mortos

Fonte de variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado médio	Estat. F	p - valor
Espécie	7	616942332,634	88134618,948	42,090	<0,001
Árvore	2	112644777,553	56322388,776	26,898	<0,001
Espécie x Árvore	14	101689183,439	7263513,103	3,469	<0,001
Resíduo	120	251275012,522	2093958,438		
Total	143	1082551306,148	7570288,854		

**Tabela A - 7** Análise de variância do número de furos

Fonte de variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado médio	Estat. F	p - valor
Espécie	7	7,000	1,000	4,235	<0,001
Árvore	2	6,056	3,028	12,824	<0,001
Espécie x Árvore	14	7,500	0,536	2,269	0,009
Resíduo	120	28,333	0,236		
Total	143	48,889	0,342		

**Tabela A - 8** Análise de variância da nota de ataque

Fonte de variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado médio	Estat. F	p - valor
Espécie	7	1,309	0,187	3,857	<0,001
Árvore	2	30,856	15,428	318,308	<0,001
Espécie x Árvore	14	0,894	0,0638	1,317	0,207
Resíduo	120	5,816	0,0485		
Total	143	38,875	0,272		

**Tabela A - 9** Análise de variância da variável colorimétrica L\*

Fonte de variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado médio	Estat. F	p - valor
Espécie	7	946,058	135,151	12,108	<0,001
Árvore	2	134,003	67,002	6,002	0,005
Espécie x Árvore	14	133,313	9,522	0,853	0,611
Resíduo	48	535,794	11,162		
Total	71	1749,169	24,636		



**Tabela A - 10** Análise de variância da variável colorimétrica a\*

Fonte de variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado médio	Estat. F	p - valor
Espécie	7	29,641	4,234	8,820	<0,001
Árvore	2	311,810	155,905	324,738	<0,001
Espécie x Árvore	14	17,236	1,231	2,564	0,008
Resíduo	48	23,045	0,48		
Total	71	381,732	5,377		

**Tabela A - 11** Análise de variância da variável colorimétrica b\*

Fonte de variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado médio	Estat. F	p - valor
Espécie	7	83438,007	11919,715	6,158	<0,001
Árvore	2	554698,825	277349,412	143,292	<0,001
Espécie x Árvore	14	31693,464	2263,819	1,170	0,328
Resíduo	48	92906,860	1935,560		
Total	71	762737,155	10742,777		

**Tabela A - 12** Análise de variância da variável colorimétrica h

Fonte de variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado médio	Estat. F	p - valor
Espécie	7	512,206	73,172	4,008	0,002
Árvore	2	8855,129	4427,565	242,527	<0,001
Espécie x Árvore	14	362,321	25,880	1,418	0,182
Resíduo	48	876,285	18,256		
Total	71	10605,941	149,379		

**Tabela A - 13** Análise de variância da variável colorimétrica C\*

Fonte de variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado médio	Estat. F	p - valor
Espécie	7	70761,509	10108,787	8,323	<0,001
Árvore	2	498191,147	249095,709	205,080	<0,001
Espécie x Árvore	14	39909,053	2850,647	2,347	0,014
Resíduo	48	58302,175	1214,629		
Total	71	667164,154	9396,678		

**Tabela A - 14** Análise de variância da variável colorimétrica  $\Delta L^*$ 

Fonte de variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado médio	Estat. F	p - valor
Espécie	7	1694,844	242,121	15,766	<0,001
Árvore	2	665,366	332,683	21,663	<0,001
Espécie x Árvore	14	293,456	20,961	1,365	0,207
Resíduo	48	737,132	15,357		
Total	71	3390,798	47,758		

**Tabela A - 15** Análise de variância da variável colorimétrica  $\Delta a^*$ 

Fonte de variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado médio	Estat. F	p - valor
Espécie	7	485,051	69,293	10,916	<0,001
Árvore	2	806,044	403,022	63,491	<0,001
Espécie x Árvore	14	148,562	10,612	1,672	0,094
Resíduo	48	304,691	6,348		
Total	71	1744,348	24,568		

**Tabela A - 16** Análise de variância da variável colorimétrica  $\Delta b^*$ 

Fonte de variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado médio	Estat. F	p - valor
Espécie	7	358,754	51,251	10,038	<0,001
Árvore	2	41,401	20,700	4,055	0,024
Espécie x Árvore	14	207,288	14,806	2,900	0,003
Resíduo	48	245,062	5,105		
Total	71	852,504	12,007		

**Tabela A - 17** Análise de variância da variável colorimétrica  $\Delta h$ 

Fonte de variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado médio	Estat. F	p - valor
Espécie	7	1009,099	114,157	2,237	0,047
Árvore	2	6047,047	3023,523	46,916	<0,001
Espécie x Árvore	14	340,047	24,289	0,377	0,975
Resíduo	48	3093,364	64,445		
Total	71	10489,557	147,74		

**Tabela A - 18** Análise de variância da variável colorimétrica  $\Delta C$ 

Fonte de variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado médio	Estat. F	p - valor
Espécie	7	670,188	95,741	11,727	<0,001
Árvore	2	226,616	113,308	13,879	<0,001
Espécie x Árvore	14	310,628	22,188	2,718	0,005
Resíduo	48	391,881	8,164		
Total	71	1599,313	22,526		

**Tabela A - 19** Análise de variância da variável colorimétrica  $\Delta C$ 

Fonte de variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado médio	Estat. F	p - valor
Espécie	7	670,188	95,741	11,727	<0,001
Árvore	2	226,616	113,308	13,879	<0,001
Espécie x Árvore	14	310,628	22,188	2,718	0,005
Resíduo	48	391,881	8,164		
Total	71	1599,313	22,526		

**Tabela A - 20** Análise de variância da variável colorimétrica  $\Delta E$ 

Fonte de variação	GL	Soma de Quadrado	Quadrado médio	Estat. F	p - valor
Espécie	7	825,124	117,875	3,492	0,004
Árvore	2	294,143	147,072	4,357	0,018
Espécie x Árvore	14	757,280	54,091	1,602	0,113
Resíduo	48	1620,309	33,756		
Total	71	3496,856	49,251		

**APÊNDICE B – Teste de Tukey para comparações  
variáveis classificadas segundo os tratamentos.**

**Tabela B - 1a:** Teste de comparações de médias de Tukey para a variável perda de massa ao fungo *G. trabeum*.

Espécie	Média das espécies					
	Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno Tratado	
	Média	Tukey	Média	Tukey	Média	Tukey
<i>Eucalyptus Citriodora</i>	4,70	ab	28,63	a	0,60	b
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	4,82	ab	23,49	a	0,63	ab
<i>Eucalyptus urophylla</i>	9,50	a	14,61	bcd	1,06	a
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	2,68	bc	11,38	d	0,64	ab
<i>Eucalyptus torelliana</i>	2,30	c	25,05	a	1,19	a
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	1,66	c	12,03	cd	1,02	ab
<i>Eucalyptus saligna</i>	2,80	c	30,52	a	0,85	ab
<i>Eucalyptus grandis</i>	2,08	c	19,82	abc	0,91	ab
	Média dos lenhos					
Cerne	3,82	B				
Alburno sem tratamento	20,69	A				
Alburno tratado	0,86	C				

**Tabela B - 1b:** Teste de comparações de médias de Tukey para a variável perda de massa ao fungo *P. sanguineus*.

Espécie	Média das espécies					
	Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno Tratado	
	Média	Tukey	Média	Tukey	Média	Tukey
<i>Eucalyptus Citriodora</i>	1,87	ab	8,97	abc	0,12	ab
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	1,72	ab	21,11	a	0,03	b
<i>Eucalyptus urophylla</i>	0,95	abc	18,20	ab	0,61	ab
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	1,75	ab	6,59	c	0,15	ab
<i>Eucalyptus torelliana</i>	2,54	a	9,65	abc	0,02	b
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	0,62	bc	8,21	bc	0,16	ab
<i>Eucalyptus saligna</i>	1,35	ab	14,15	abc	0,23	ab
<i>Eucalyptus grandis</i>	0,48	c	7,82	bc	0,18	a
	Média dos lenhos					
Cerne	1,41	B				
Alburno sem tratamento	11,84	A				
Alburno tratado	0,19	C				

**Tabela B - 2a:** Teste de comparações de médias de Tukey para a variável perda de massa ao cupim *C. brevis*.

Espécie	Média das espécies	
	Média	Tukey
<i>Eucalyptus Citriodora</i>	0,31	<b>b</b>
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	0,67	<b>ab</b>
<i>Eucalyptus urophylla</i>	0,86	<b>ab</b>
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	0,35	<b>ab</b>
<i>Eucalyptus torelliana</i>	0,70	<b>a</b>
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	0,38	<b>ab</b>
<i>Eucalyptus saligna</i>	0,99	<b>a</b>
<i>Eucalyptus grandis</i>	0,75	<b>a</b>
Média dos lenhos		
Cerne	0,78	<b>A</b>
Alburno sem tratamento	0,74	<b>A</b>
Alburno tratado	0,36	<b>A</b>

**Tabela B - 2b:** Teste de comparações de médias de Tukey para a variável porcentagem de cupins mortos.

Espécie	Média das espécies					
	Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno Tratado	
	Média	Tukey	Média	Tukey	Média	Tukey
<i>Eucalyptus Citriodora</i>	70,83	<b>bc</b>	86,67	<b>a</b>	90,83	<b>a</b>
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	51,67	<b>cd</b>	58,33	<b>b</b>	77,50	<b>ab</b>
<i>Eucalyptus urophylla</i>	71,67	<b>ab</b>	55,83	<b>b</b>	89,17	<b>ab</b>
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	88,75	<b>a</b>	88,33	<b>a</b>	85,00	<b>ab</b>
<i>Eucalyptus torelliana</i>	65,83	<b>bc</b>	80,00	<b>a</b>	80,00	<b>ab</b>
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	38,33	<b>c</b>	41,67	<b>b</b>	72,50	<b>bc</b>
<i>Eucalyptus saligna</i>	48,33	<b>c</b>	40,27	<b>b</b>	55,00	<b>cd</b>
<i>Eucalyptus grandis</i>	31,67	<b>c</b>	30,83	<b>a</b>	50,00	<b>d</b>
Média dos lenhos						
Espécie	Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno tratado	
	Média	Tukey	Média	Tukey	Média	Tukey
<i>Eucalyptus Citriodora</i>	70,83	<b>B</b>	86,67	<b>A</b>	90,83	<b>A</b>
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	51,67	<b>B</b>	58,33	<b>B</b>	77,50	<b>A</b>
<i>Eucalyptus urophylla</i>	71,67	<b>B</b>	55,83	<b>C</b>	89,17	<b>A</b>
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	88,75	<b>A</b>	88,33	<b>A</b>	85,00	<b>A</b>
<i>Eucalyptus torelliana</i>	65,83	<b>A</b>	80,00	<b>A</b>	80,00	<b>A</b>
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	38,33	<b>B</b>	41,67	<b>B</b>	72,50	<b>A</b>
<i>Eucalyptus saligna</i>	48,33	<b>A</b>	40,27	<b>A</b>	55,00	<b>A</b>
<i>Eucalyptus grandis</i>	31,67	<b>A</b>	30,83	<b>A</b>	50,00	<b>A</b>

**Tabela B - 2c:** Teste de comparações de médias de Tukey para a variável número de furos.

Espécie	Média das espécies					
	Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno Tratado	
	Média	Tukey	Média	Tukey	Média	Tukey
<i>Eucalyptus Citriodora</i>	0,00	<b>b</b>	0	<b>a</b>	0,00	<b>a</b>
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	0,00	<b>b</b>	0,00	<b>a</b>	0,33	<b>a</b>
<i>Eucalyptus urophylla</i>	0,83	<b>ab</b>	0,17	<b>a</b>	0,00	<b>a</b>
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	0,00	<b>b</b>	0,00	<b>a</b>	0,00	<b>a</b>
<i>Eucalyptus torelliana</i>	0,83	<b>ab</b>	0,67	<b>a</b>	0,00	<b>a</b>
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	0,83	<b>ab</b>	0,00	<b>a</b>	0,00	<b>a</b>
<i>Eucalyptus saligna</i>	1,17	<b>a</b>	0,83	<b>a</b>	0,00	<b>a</b>
<i>Eucalyptus grandis</i>	0,67	<b>ab</b>	0,33	<b>a</b>	0,00	<b>a</b>
Espécie	Média dos lenhos					
	Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno tratado	
	Média	Tukey	Média	Tukey	Média	Tukey
<i>Eucalyptus Citriodora</i>	0,00	<b>A</b>	0	<b>A</b>	0,00	<b>A</b>
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	0,00	<b>A</b>	0,00	<b>A</b>	0,33	<b>A</b>
<i>Eucalyptus urophylla</i>	0,83	<b>A</b>	0,17	<b>B</b>	0,00	<b>B</b>
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	0,00	<b>A</b>	0,00	<b>A</b>	0,00	<b>A</b>
<i>Eucalyptus torelliana</i>	0,83	<b>A</b>	0,67	<b>A</b>	0,00	<b>B</b>
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	0,83	<b>A</b>	0,00	<b>B</b>	0,00	<b>B</b>
<i>Eucalyptus saligna</i>	1,17	<b>A</b>	0,83	<b>A</b>	0,00	<b>B</b>
<i>Eucalyptus grandis</i>	0,67	<b>A</b>	0,33	<b>B</b>	0,00	<b>B</b>

**Tabela B - 2d:** Teste de comparações de médias de Tukey para a variável notas de ataque

Espécie	Média das espécies	
	Média	Tukey
<i>Eucalyptus Citriodora</i>	0,85 bc	<b>bc</b>
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	1,77 a	<b>a</b>
<i>Eucalyptus urophylla</i>	1,40 abc	<b>abc</b>
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	0,59 c	<b>c</b>
<i>Eucalyptus torelliana</i>	1,76 ab	<b>ab</b>
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	1,2 abc	<b>abc</b>
<i>Eucalyptus saligna</i>	1,89 abc	<b>abc</b>
<i>Eucalyptus grandis</i>	1,63 abc	<b>abc</b>
	Média dos lenhos	
	Cerne	2,43 <b>A</b>
	Alburno sem tratamento	1,73 <b>A</b>
	Alburno tratado	0 <b>B</b>

**Tabela B - 3a:** Teste de comparações de médias de Tukey para a variável L\*.

<b>Média das espécies</b>		
<b>Espécie</b>	<b>Média</b>	<b>Tukey</b>
<i>Eucalyptus Citriodora</i>	61,25	<b>e</b>
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	71,10	<b>a</b>
<i>Eucalyptus urophylla</i>	64,13	<b>cde</b>
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	61,97	<b>de</b>
<i>Eucalyptus torelliana</i>	62,62	<b>de</b>
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	66,94	<b>abc</b>
<i>Eucalyptus saligna</i>	68,30	<b>ab</b>
<i>Eucalyptus grandis</i>	59,97	<b>e</b>
<b>Média dos lenhos</b>		
Cerne	67,77	<b>A</b>
Alburno sem tratamento	65,20	<b>A</b>
Alburno tratado	62,63	<b>B</b>

**Tabela B - 3b:** Teste de comparações de médias de Tukey para a variável a\*.

<b>Espécie</b>	<b>Média das espécies</b>					
	<b>Cerne</b>		<b>Alburno sem tratamento</b>		<b>Alburno Tratado</b>	
	<b>Média</b>	<b>Tukey</b>	<b>Média</b>	<b>Tukey</b>	<b>Média</b>	<b>Tukey</b>
<i>Eucalyptus Citriodora</i>	8,78	<b>b</b>	8,92	<b>c</b>	0,85	<b>a</b>
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	11,29	<b>b</b>	11,20	<b>bc</b>	3,42	<b>a</b>
<i>Eucalyptus urophylla</i>	13,09	<b>ab</b>	14,23	<b>ab</b>	2,42	<b>a</b>
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	13,62	<b>ab</b>	11,96	<b>abc</b>	0,68	<b>a</b>
<i>Eucalyptus torelliana</i>	10,20	<b>b</b>	11,47	<b>bc</b>	0,91	<b>a</b>
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	8,84	<b>b</b>	9,64	<b>bc</b>	3,23	<b>a</b>
<i>Eucalyptus saligna</i>	12,81	<b>ab</b>	12,12	<b>abc</b>	1,71	<b>a</b>
<i>Eucalyptus grandis</i>	16,88	<b>a</b>	17,17	<b>a</b>	2,55	<b>a</b>
<b>Média dos lenhos</b>						
Cerne	11,94	<b>A</b>				
Alburno sem tratamento	12,09	<b>A</b>				
Alburno tratado	1,97	<b>B</b>				

**Tabela B - 3c:** Teste de comparações de médias de Tukey para a variável b\*.

<b>Média das espécies</b>		
<b>Espécie</b>	<b>Média</b>	<b>Tukey</b>
<i>Eucalyptus Citriodora</i>	18,31	<b>bc</b>
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	19,25	<b>abc</b>
<i>Eucalyptus urophylla</i>	19,37	<b>abc</b>
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	18,00	<b>c</b>
<i>Eucalyptus torelliana</i>	17,86	<b>c</b>
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	20,33	<b>a</b>
<i>Eucalyptus saligna</i>	18,01	<b>c</b>
<i>Eucalyptus grandis</i>	19,80	<b>abc</b>
<b>Média dos lenhos</b>		
Cerne	60,12	<b>B</b>
Alburno sem tratamento	60,40	<b>B</b>
Alburno tratado	83,78	<b>A</b>

**Tabela B - 3d:** Teste de comparações de médias de Tukey para a variável C\*.

<b>Média das espécies</b>						
<b>Espécie</b>	<b>Cerne</b>		<b>Alburno sem tratamento</b>		<b>Alburno Tratado</b>	
	<b>Média</b>	<b>Tukey</b>	<b>Média</b>	<b>Tukey</b>	<b>Média</b>	<b>Tukey</b>
<i>Eucalyptus Citriodora</i>	21,45	<b>c</b>	22,1	<b>b</b>	15,2	<b>a</b>
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	23,37	<b>bc</b>	23,61	<b>b</b>	17,01	<b>a</b>
<i>Eucalyptus urophylla</i>	25,58	<b>ab</b>	25,80	<b>ab</b>	14,92	<b>a</b>
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	24,21	<b>bc</b>	22,87	<b>b</b>	14,61	<b>a</b>
<i>Eucalyptus torelliana</i>	21,35	<b>c</b>	23,26	<b>b</b>	14,81	<b>a</b>
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	23,52	<b>bc</b>	23,99	<b>ab</b>	17,58	<b>a</b>
<i>Eucalyptus saligna</i>	23,90	<b>bc</b>	22,83	<b>b</b>	14,67	<b>a</b>
<i>Eucalyptus grandis</i>	27,95	<b>a</b>	27,42	<b>a</b>	16,05	<b>a</b>
<b>Média dos lenhos</b>						
Cerne	23,95	<b>A</b>				
Alburno sem tratamento	23,99	<b>A</b>				
Alburno tratado	15,61	<b>B</b>				



**Tabela B - 3e:** Teste de comparações de médias de Tukey para a variável h°

	<b>Média das espécies</b>	
<b>Espécie</b>	<b>Média</b>	<b>Tukey</b>
<i>Eucalyptus Citriodora</i>	72,92	<b>a</b>
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	67,74	<b>abc</b>
<i>Eucalyptus urophylla</i>	66,61	<b>abc</b>
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	67,16	<b>abc</b>
<i>Eucalyptus torelliana</i>	69,70	<b>abc</b>
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	70,58	<b>ab</b>
<i>Eucalyptus saligna</i>	66,34	<b>bc</b>
<i>Eucalyptus grandis</i>	63,78	<b>c</b>
	<b>Média dos lenhos</b>	
Cerne	60,12	<b>B</b>
Alburno sem tratamento	60,40	<b>B</b>
Alburno tratado	83,78	<b>B</b>

**Tabela B - 3f:** Teste de comparações de médias de Tukey para a variável E\*.

	<b>Média das espécies</b>	
<b>Espécie</b>	<b>Média</b>	<b>Tukey</b>
<i>Eucalyptus Citriodora</i>	64,37	<b>c</b>
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	74,28	<b>a</b>
<i>Eucalyptus urophylla</i>	67,98	<b>abc</b>
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	65,40	<b>c</b>
<i>Eucalyptus torelliana</i>	65,80	<b>bc</b>
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	68,75	<b>abc</b>
<i>Eucalyptus saligna</i>	71,43	<b>ab</b>
<i>Eucalyptus grandis</i>	64,74	<b>c</b>
	<b>Média dos lenhos</b>	
Cerne	70,04	<b>A</b>
Alburno sem tratamento	69,56	<b>A</b>
Alburno tratado	63,94	<b>B</b>

**Tabela B - 4a:** Teste de comparações de médias de Tukey para a variável  $\Delta L^*$ .

Espécie	Média das espécies	
	Média	Tukey
<i>Eucalyptus Citriodora</i>	-12,56	<b>ab</b>
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	-21,99	<b>cd</b>
<i>Eucalyptus urophylla</i>	-22,08	<b>cd</b>
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	-16,51	<b>bc</b>
<i>Eucalyptus torelliana</i>	-17,94	<b>bc</b>
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	-24,15	<b>d</b>
<i>Eucalyptus saligna</i>	-20,3	<b>cd</b>
<i>Eucalyptus grandis</i>	-8,31	<b>a</b>
Média dos lenhos		
Cerne	-15,41	<b>A</b>
Alburno sem tratamento	-16,33	<b>A</b>
Alburno tratado	-22,20	<b>B</b>

**Tabela B - 4b:** Teste de comparações de médias de Tukey para a variável  $\Delta a^*$ .

Espécie	Média das espécies	
	Média	Tukey
<i>Eucalyptus Citriodora</i>	3,42	<b>ab</b>
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	4,80	<b>ab</b>
<i>Eucalyptus urophylla</i>	2,15	<b>b</b>
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	3,02	<b>ab</b>
<i>Eucalyptus torelliana</i>	2,96	<b>ab</b>
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	6,31	<b>a</b>
<i>Eucalyptus saligna</i>	3,36	<b>ab</b>
<i>Eucalyptus grandis</i>	-3,23	<b>c</b>
Média dos lenhos		
Cerne	0,74	<b>B</b>
Alburno sem tratamento	0,24	<b>B</b>
Alburno tratado	7,57	<b>A</b>

**Tabela B - 4c:** Teste de comparações de médias de Tukey para a variável  $\Delta b^*$ .

Espécie	Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno Tratado	
	Média	Tukey	Média	Tukey	Média	Tukey
<i>Eucalyptus Citriodora</i>	1,83	a	-0,73	bc	3,23	ab
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	5,75	a	5,64	a	8,18	a
<i>Eucalyptus urophylla</i>	1,06	a	0,08	abc	3,63	ab
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	4,7	ab	1,59	abc	4,06	ab
<i>Eucalyptus torelliana</i>	1,07	a	1,01	abc	4,84	a
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	3,44	a	5,2	a	-1,66	b
<i>Eucalyptus saligna</i>	6,07	a	3,67	ab	6,32	a
<i>Eucalyptus grandis</i>	-4,16	b	-3,59	c	2,01	ab
<b>Média dos lenhos</b>						
Espécie	Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno tratado	
	Média	Tukey	Média	Tukey	Média	Tukey
<i>Eucalyptus Citriodora</i>	1,83	A	-0,73	A	3,23	A
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	5,75	A	5,64	A	8,18	A
<i>Eucalyptus urophylla</i>	1,06	A	0,08	A	3,63	A
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	4,7	A	1,59	A	4,06	A
<i>Eucalyptus torelliana</i>	1,07	A	1,01	A	4,84	A
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	3,44	A	5,2	A	-1,66	B
<i>Eucalyptus saligna</i>	6,07	A	3,67	A	6,32	A
<i>Eucalyptus grandis</i>	-4,16	B	-3,59	A	2,01	A

**Tabela B - 4d:** Teste de comparações de médias de Tukey para a variável  $\Delta h^\circ$ .

Espécie	Média das espécies	
	Média	Tukey
<i>Eucalyptus Citriodora</i>	-8,41	a
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	-6,21	a
<i>Eucalyptus urophylla</i>	-6,16	a
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	0,06	a
<i>Eucalyptus torelliana</i>	-7,27	a
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	-11,92	a
<i>Eucalyptus saligna</i>	-3,88	a
<i>Eucalyptus grandis</i>	-0,51	a
<b>Média dos lenhos</b>		
Cerne	1,17	A
Alburno sem tratamento	0,71	A
Alburno tratado	-18,50	B

**Tabela B - 4e:** Teste de comparações de médias de Tukey para a variável  $\Delta C^*$ .

Espécie	Média das espécies					
	Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno Tratado	
	Média	Tukey	Média	Tukey	Média	Tukey
<i>Eucalyptus Citriodora</i>	2,60	<b>a</b>	-0,16	<b>bc</b>	4,83	<b>a</b>
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	6,37	<b>a</b>	6,61	<b>ab</b>	7,74	<b>a</b>
<i>Eucalyptus urophylla</i>	1,00	<b>a</b>	-0,42	<b>bc</b>	5,81	<b>a</b>
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	4,02	<b>a</b>	1,56	<b>ab</b>	6,33	<b>a</b>
<i>Eucalyptus torelliana</i>	1,39	<b>a</b>	0,50	<b>ab</b>	6,99	<b>a</b>
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	5,57	<b>a</b>	7,33	<b>a</b>	1,34	<b>a</b>
<i>Eucalyptus saligna</i>	6,10	<b>a</b>	3,21	<b>ab</b>	8,55	<b>a</b>
<i>Eucalyptus grandis</i>	-7,59	<b>b</b>	-6,98	<b>c</b>	-140,18	<b>a</b>
Espécie	Média dos lenhos					
	Cerne		Alburno sem tratamento		Alburno tratado	
	Média	Tukey	Média	Tukey	Média	Tukey
<i>Eucalyptus Citriodora</i>	2,60	<b>A</b>	-0,16	<b>A</b>	4,83	<b>A</b>
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	6,37	<b>A</b>	6,61	<b>A</b>	7,74	<b>A</b>
<i>Eucalyptus urophylla</i>	1,00	<b>B</b>	-0,42	<b>B</b>	5,81	<b>A</b>
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	4,02	<b>A</b>	1,56	<b>A</b>	6,33	<b>A</b>
<i>Eucalyptus torelliana</i>	1,39	<b>AB</b>	0,50	<b>B</b>	6,99	<b>A</b>
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	5,57	<b>AB</b>	7,33	<b>A</b>	1,34	<b>A</b>
<i>Eucalyptus saligna</i>	6,10	<b>A</b>	3,21	<b>A</b>	8,55	<b>A</b>
<i>Eucalyptus grandis</i>	-7,59	<b>B</b>	-6,98	<b>B</b>	-140,18	<b>A</b>

**Tabela B - 4f:** Teste de comparações de médias de Tukey para a variável  $\Delta E^*$ .

Espécie	Média das espécies	
	Média	Tukey
<i>Eucalyptus Citriodora</i>	-10,88	<b>ab</b>
<i>E. urophylla</i> x <i>E. grandis</i>	-17,53	<b>bc</b>
<i>Eucalyptus urophylla</i>	-15,16	<b>abc</b>
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	-13,69	<b>abc</b>
<i>Eucalyptus torelliana</i>	-15,61	<b>abc</b>
<i>Eucalyptus cloeziana</i>	-20,04	<b>b</b>
<i>Eucalyptus saligna</i>	-16,89	<b>abc</b>
<i>Eucalyptus grandis</i>	-8,81	<b>a</b>
	Média dos lenhos	
	Cerne	-12,53 <b>A</b>
	Alburno sem tratamento	-14,39 <b>AB</b>
	Alburno tratado	-17,56 <b>B</b>