



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

JOYCE DE ALMEIDA PINTO

**MEDIDAS PROFILÁTICAS PARA PROTEGER MADEIRAS À AÇÃO DE INSETOS
XILÓFAGOS**

JERÔNIMO MONTEIRO - ES

2020

JOYCE DE ALMEIDA PINTO

**MEDIDAS PROFILÁTICAS PARA PROTEGER MADEIRAS À AÇÃO DE INSETOS
XILÓFAGOS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Ciências Florestais na Área de Concentração Ciências Florestais.
Orientador: Prof. Dr. Juarez Benigno Paes
Coorientador (a): Prof. Dr. Ulysses Rodrigues Vianna; Prof^a. Dr^a. Graziela Baptista Vidaurre

JERÔNIMO MONTEIRO - ES

2020

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

P659m Pinto, Joyce de Almeida, 1986-
Medidas profiláticas para proteger madeiras à ação de insetos xilófagos / Joyce de Almeida Pinto. - 2020.
101 f. : il.

Orientador: Juarez Benigno Paes.

Coorientadores: Ulysses Rodrigues Vianna, Graziela Baptista Vidaurre.

Tese (Doutorado em Ciências Florestais) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias.

1. Qualidade da madeira. 2. Colorimetria. 3. Coleobrocas. 4. Hábitos e incidência. 5. Medidas profiláticas. I. Paes, Juarez Benigno. II. Vianna, Ulysses Rodrigues. III. Vidaurre, Graziela Baptista. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e Engenharias. V. Título.

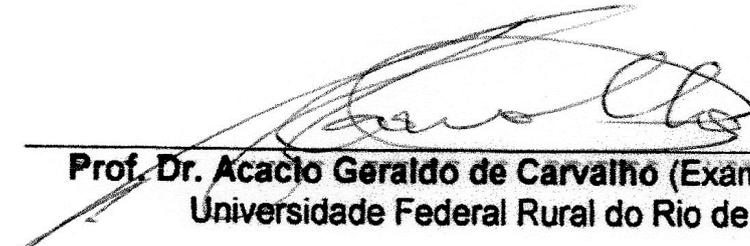
CDU: 630*38

**MEDIDAS PROFILÁTICAS PARA PROTEGER MADEIRAS À AÇÃO DE INSETOS
XILÓFAGOS**

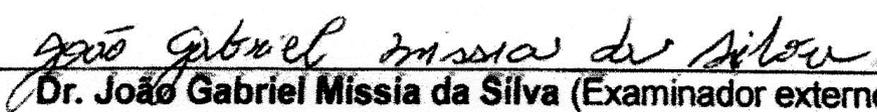
Joyce de Almeida Pinto

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

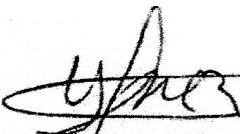
Aprovada em: 30 de abril de 2020.



Prof. Dr. Acacio Geraldo de Carvalho (Examinador externo)
Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro



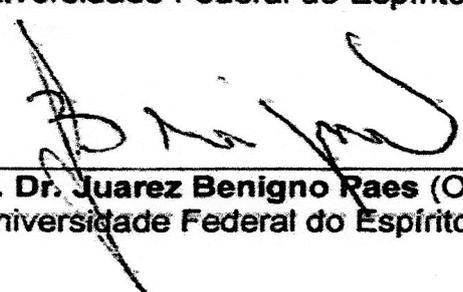
Dr. João Gabriel Missia da Silva (Examinador externo)
Pesquisador



Dr. Yonny Martinez Lopez (Examinador externo)



Prof. Dr. Ulysses Rodrigues Vianha (Coorientador)
Universidade Federal do Espírito Santo



Prof. Dr. Juarez Benigno Raes (Orientador)
Universidade Federal do Espírito Santo

A cada um que esteve comigo nos bons e
maus momentos dessa caminhada, em
especial, ao meu esposo, aos meus pais e
sogros, pelo amor, cuidado e paciência... é
bom sempre ter para onde voltar.

Carinhosamente dedico!

AGRADECIMENTOS

Ao Senhor Deus, por me abençoar a cada dia, com forças para trilhar essa jornada, e por me permitir conviver com pessoas tão especiais que alegram a minha vida.

À minha família, que sempre está comigo em todos os momentos, em especial aos meus pais, Eucilene e Édimo e, meus sogros, Marilda e Jader, que não medem esforços para que nossos sonhos se tornem realidade. Aos meus irmãos e cunhadinhas, que sempre quebram meus galhos e me fazem sentir amparada. Ao meu cunhado e família, que sempre nos permitem comemorar a vida e esquecer as dificuldades. Enfim, aos que de perto ou longe, sei que torceram e oraram por mim durante todos esses anos.

Ao meu esposo, Israel, que em cada um dos dias dessa etapa me incentivou, motivou, amparou e consolou, me animando a persistir. Você torna mais plena em mim, a percepção de amor e cuidado.

À Universidade Federal do Espírito Santo, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, por me conceder essa oportunidade e me dar condições de completar esta etapa.

Ao Laboratório de Biodeterioração e Proteção de Madeiras (LBPM) pelo apoio em todos os momentos desta pesquisa.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

À Banca Examinadora, pelas valiosas sugestões que contribuíram de veras com este trabalho.

Ao meu orientador, Juarez Benigno Paes, pela paciência, pelo tempo dedicado a cada um de nós, pelos momentos de descontração e pelas valiosas sugestões.

À minha coorientadora, Graziela Baptista Vidaurre, pelo incentivo desde o começo do curso e pelas valiosas contribuições sempre muito práticas ao longo deste trabalho.

Ao meu coorientador e amigo, Ulysses Rodrigues Vianna, por sempre me incentivar e contribuir nesta e em tantas outras etapas na minha vida acadêmica e pessoal; obrigada por me inspirar a ser sempre melhor.

Ao professor Djeison Cesar Batista, pessoa essencial durante o desenvolvimento deste trabalho. As modificações térmicas são fruto de seu apoio constante e de sua paciência em nos ensinar.

Ao senhor Renato Collares e sua esposa Vanusa, por concederem a madeira de *Khaya grandifoliola* e por toda a atenção dedicada durante nossa estadia e durante a concepção deste trabalho.

À Reserva Nacional Vale, pela concessão das madeiras de *Khaya ivorensis* e *K. senegalensis*, em especial à Jackeceli e técnicos pelo apoio e paciência.

Ao Complexo Agroindustrial Pindobas, principalmente na pessoa do senhor Almir, pela concessão da madeira de eucalipto, e por dividir seu conhecimento conosco, mesmo nos breves momentos de conversa e coleta.

Aos meus tios, José e Vera, por concederem a madeira de cedro australiano, e pelo carinho.

Aos apoios nas coletas de campo, vocês foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

Ao professor Fabrício Gomes Gonçalves, por permitir o uso da mufla em seu laboratório, e pela paciência, quando as coisas não saíam como previsto.

À galera do Laboratório de Energia pelo empréstimo de materiais. E aos Laboratórios de Anatomia e Qualidade da Madeira, pelo cafezinho sempre animado e pelo apoio ao desenvolvimento do trabalho.

Aos incentivadores e amigos, Rosembergue, Magda, Wendel, Zé Romário, José Carlos, Júnior e Anderson.

Ao marceneiro, Elecy, parte essencial deste trabalho, obrigada pela ajuda com os materiais, pelos conselhos e boas risadas.

Aos técnicos José Geraldo, Gilson e Luciano, obrigada pela ajuda em todos os momentos e pelas boas conversas.

À Elisângela, Stela, meninas da biblioteca e todos os demais, pelo auxílio e paciência durante estes anos.

Aos vigilantes que durante dia e noite, cuidaram de nossa segurança no departamento.

Ao senhor Gilson, que tão gentilmente me indicou a família de José Natal (dona Maria, João Paulo, Rayane e Renan), que acolheram meu experimento e abraçaram meu trabalho em Muniz Freire. Obrigada pelo apoio e pelos cafezinhos. Também à Disnelda e família, que tão gentilmente cederam o espaço para o desenvolvimento do trabalho em Santa Maria de Jetibá, "daitchen".

Aos queridos colegas da Escola Família Agrícola de São João do Garrafão, pelo apoio neste trabalho e momentos de risada e comilança.

Aos queridos Daniela e Guilherme, pelo carinho em me receber sempre tão afetuosamente durante todos os meses deste experimento, pela amizade sempre presente. Sentirei falta do pão de queijo e das risadas.

Ao João Gabriel, pessoa fantástica profissional e pessoalmente, obrigada pelos ensinamentos, pelas dicas práticas, pelo apoio em cada momento de conversa, você foi um entusiasta deste trabalho.

À Camilla e Damiele, essas “migas” que além de me ajudarem sempre, animam os meus dias.

Aos que me ajudaram em diversos momentos, seja nos trabalhos, ou risadas, muito obrigada, Nicácio, Sara, Thaís, Cileidinha, Ramon, Vinícius, Lourdes, Naruna, Ritinha, Ana Boa, Ana Paula, Jean, Letícia, Lorrainy, Steffany, Sofia, Jayne, Jéssica, Fernanda, Katiúcia, Lucas, Isabela, Rafael, Jaily, Emanuel, Kaíse, Yonny, Luciana e, tantos outros. À querida Quétilla, pela amizade sempre tão tímida e sincera e pela brilhante ajuda com o trabalho. Ao querido Vinícius, meu agrônomo companheiro nessa jornada, pela amizade, paciência e os muitos “galhos quebrados”.

À dona Dadá e sua família, que sempre me acolheram com tanto carinho.

A tio Elias (*in memorian*) pelos cupins e os sábios e cômicos conselhos, e à sua família; cada Palácio fez toda a diferença nestes anos. Obrigada, tia Neusa, por tantos bons momentos! Obrigada, Jozi, pela amizade incondicional. Obrigada Alice pelos ternos momentos! Obrigada, Bruna, por sempre me ensinar a ser mais forte!

Às minhas queridas avós, Inês e Evanilda, e querido avô José (*in memorian*) pelo carinho e amor em todos os momentos. Ao meu avô Elias (*in memorian*), que sempre curioso e cuidadoso com todos, esperava o término dessa etapa, para termos mais tempo para conversar, cantar e viajar... o tempo infelizmente não chegou, e, em breve nos encontraremos para cantar mais e melhor.

Aos amigos de todas as horas, os agrônomos que levo sempre em minha vida, faça chuva ou faça sol.

Às amigas essenciais que já me cercam de longa data, e às que construí aqui, Rosinha, Érica, Marcinha, Didi, Karlinha, Laís e Brocco pela ajuda e amor.

Às minhas queridas e imprescindíveis, Ana Carla e Dani “Mimimi”, eu realmente não sei o que seria de mim e dos meus experimentos sem vocês nesses

anos. Vocês foram presentes cuidadosos que o Senhor me deu. Obrigada por tudo, em todos os momentos. Amo vocês!

A todos os amigos, de perto ou de longe, e a todas as pessoas que ajudaram, direta ou indiretamente, na realização deste trabalho, tornando-o ainda mais especial.

A cada um que, nos bons ou maus momentos, me fizeram sorrir.

“Se enxerguei mais longe foi por estar
apoiado sobre os ombros de gigantes”

Isaac Newton

RESUMO

PINTO, Joyce de Almeida. **Medidas profiláticas para proteger madeiras à ação de insetos xilófagos**. 2020. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES.

Orientador: D.Sc. Juarez Benigno Paes. Coorientador (a): D.Sc. Ulysses Rodrigues Vianna; D.Sc. Graziela Baptista Vidaurre.

A Ordem Coleoptera, pertencente à Classe Insecta, possui grande destaque no meio florestal. No entanto, há a necessidade de estudos que relatem os coleópteros que comumente atacam as madeiras processadas em diversos ambientes, bem como sua preferência em relação à espécie madeireira. Logo, objetivou-se diagnosticar as espécies de coleópteros que atacam a madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis*, *K. senegalensis* e *K. grandifoliola*), cedro australiano (*Toona ciliata*) eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*) e verificar o efeito da modificação térmica na cor da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis*), e eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*) exposta a intempéries em ambientes do estado do Espírito Santo e indicar medidas profiláticas e de controle mais eficientes. Foram amostrados quatro toretes com 50 cm de comprimento ao longo da árvore de todas as espécies selecionadas, e serrados em amostras de acordo com os ensaios e testes a que foram submetidos. Para o ensaio de campo os toretes foram serrados em pequenas tábuas, e receberam tratamentos que consistiram em amostras sem tratamento (controle); tratamento químico (ácido bórico e bórax) e modificação térmica (180 e 200 °C). Após aplicação dos tratamentos as tábuas foram alocadas a céu aberto e em local coberto, em cada local escolhido. O experimento foi conduzido por um período de um ano (2018-2019), sendo avaliado mensalmente, por meio da coleta dos insetos presentes nas madeiras e colorimetria. Os tratamentos térmicos e químicos foram eficientes em aumentar a resistência das madeiras a insetos xilófagos. Há grande variação na coloração da madeira exposta a intempéries, sobretudo nos primeiros meses de exposição.

Palavras-chave: Qualidade da madeira. Colorimetria. Coleobrocas. Hábitos e incidência. Medidas profiláticas.

ABSTRACT

PINTO, Joyce de Almeida. **Prophylactic measures to protect wood from the action of xylophagous insects**. 2020. Thesis (Doctorate in Forest Sciences) – Federal University of Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, ES. Advisor: D.Sc. Juarez Benigno Paes. Co-advisor: D.Sc. Ulysses Rodrigues Vianna; D.Sc. Graziela Baptista Vidaurre.

The Order Coleoptera, belonging to the Insecta Class, has great prominence in the forest environment. However, there is a need for studies that report the beetles that commonly attack processed wood in different environments, as well as their preference in relation to the wood species. Therefore, the objective was to diagnose the species of beetles that attack African mahogany wood (*Khaya ivorensis*, *K. senegalensis* and *K. grandifoliola*), Australian cedar (*Toona ciliata*) eucalyptus (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*) and verify the effect of thermal change in the color of African mahogany wood (*Khaya ivorensis*), and eucalyptus (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*) exposed to bad weather in environments in the state of Espírito Santo and to indicate more efficient prophylactic and control measures. Four 50 cm long logs were sampled along the tree of all selected species, and sawn in samples according to the tests and tests to which they were submitted. For the field test, the logs were sawn on small boards, and received treatments that consisted of samples without treatment (control); chemical treatment (boric acid and borax) and thermal modification (180 and 200 °C). After applying the treatments, the boards were allocated in the open and in a covered place, in each chosen place. The experiment was conducted for a period of one year (2018-2019), being evaluated monthly, through the collection of insects present in the woods and colorimetry. The thermal and chemical treatments were efficient in increasing the resistance of the wood to xylophagous insects. There is great variation in the color of the wood exposed to bad weather, especially in the first months of exposure.

Keywords: Wood quality. Colorimetry. Wood borers. Habits and incidence. Prophylactic measures.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 OBJETIVOS.....	15
1.1.1 Objetivo geral	15
1.1.2 Objetivos específicos	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 MADEIRA DE MOGNO AFRICANO (<i>Khaya ivorensis</i> , <i>K. senegalensis</i> e <i>K. grandifoliola</i>).....	17
2.2 MADEIRA DE CEDRO-AUSTRALIANO (<i>Toona ciliata</i>).....	18
2.3 MADEIRA DE EUCALIPTO (<i>Eucalyptus</i> spp.).....	20
2.4 DURABILIDADE NATURAL DA MADEIRA.....	21
2.5 BIODETERIORAÇÃO DA MADEIRA.....	24
2.6 TIPOS DE DANOS CAUSADOS POR INSETOS.....	26
2.7 ORDEM COLEOPTERA.....	28
2.7.1 Família Cerambycidae	30
2.7.2 Família Bostrychidae	30
2.7.3 Família Anobiidae	31
2.7.4 Família Chrysomelidae	32
2.7.5 Família Curculionidae	33
2.7.5.1 Subfamília Platypodinae.....	33
2.7.5.2 Subfamília Scolytinae.....	33
2.8 TRATAMENTO DA MADEIRA.....	34
2.9 COLORIMETRIA APLICADA À MADEIRA.....	36
3 METODOLOGIA	39
3.1 PROCEDÊNCIA E AMOSTRAGEM DAS MADEIRAS ESTUDADAS.....	39
3.2 DENSIDADE DAS MADEIRAS ESTUDADAS.....	41
3.3 TRATAMENTOS TÉRMICOS E QUÍMICOS.....	42
3.4 ENSAIOS FÍSICO-QUÍMICOS EM LABORATÓRIO.....	44
3.4.1 Colorimetria antes e após os tratamentos	44
3.4.2 Análise química das madeiras estudadas após os tratamentos	45
3.5 ENSAIO COM TÉRMITAS DE MADEIRA SECA.....	46
3.6 ENSAIOS BIOLÓGICOS COM COLEOPTEROS XILÓFAGOS EM CAMPO.....	47
3.6.1 Determinação da escala de umidade	47
3.6.2 Ensaio para identificação de coleópteros xilófagos em campo	48
3.8 ENSAIOS DE COLORIMETRIA EM CAMPO.....	50
3.9 ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS.....	52
3.9.1 Colorimetria da madeira antes e após os tratamentos preservativos	52
3.9.2 Análises químicas da madeira	52
3.9.3 Ensaios com térmitas de madeira seca	52
3.9.4 Ensaios de campo com coleópteros xilófagos	53
3.9.5 Colorimetria da madeira em campo	53
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
4.1 DENSIDADE DAS MADEIRAS ESTUDADAS.....	54
4.2 ENSAIOS FÍSICO-QUÍMICOS EM LABORATÓRIO.....	55
4.2.1 Colorimetria antes e após os tratamentos	55
4.2.2 Composição química das madeiras estudadas após os tratamentos	60
4.3 ENSAIO COM TÉRMITAS DE MADEIRA SECA.....	62
4.4 ENSAIOS BIOLÓGICOS COM COLEOPTEROS XILÓFAGOS EM CAMPO.....	65
4.5 ENSAIOS DE COLORIMETRIA EM CAMPO.....	75
5 CONCLUSÕES	87
6 REFERÊNCIAS	88

1 INTRODUÇÃO

As florestas, uma vez cultivadas e manejadas adequadamente, fornecem serviços e diversos produtos para suprir as necessidades do homem, e conseqüentemente do mercado. A madeira serrada é um desses produtos que é utilizado pela humanidade desde os primórdios de sua evolução, sendo uma de suas primeiras atribuições a oferta de subsídios para a construção de habitações para sobreviver aos obstáculos impostos pela natureza (ALMEIDA et al., 2013).

Para aumentar as possibilidades de utilização das espécies madeireiras provenientes de reflorestamento, como mogno africano, cedro australiano e outras, e da substituição das nativas tradicionais com tendência à escassez e protegidas por lei, são necessários estudos sobre as características e propriedades da madeira para definir as potencialidades e a sua viabilidade no setor da economia florestal (BOTELHO, 2011). Além disso, diversas espécies são requeridas no mercado consumidor pela coloração de sua madeira (MARTINS et al., 2015), tornando assim a variação da cor, um fator importante, quando se trata do processamento e armazenamento do material.

A madeira é um material biológico e heterogêneo, composto principalmente por três diferentes tipos de células, vasos, fibras e parênquima, adaptadas ao desempenho de funções específicas, e entre as espécies há variações em suas propriedades químicas, físicas e anatômicas. E dentro de um mesmo indivíduo, variações também ocorrem de acordo com a idade, posição na árvore, fatores genéticos e ambientais (SHIMOYAMA, 1990). Além disso, a maior parte destas variações podem ser percebidas e ter efeito na cor e na resistência natural a organismos xilófagos da madeira.

As madeiras que demonstram alta resistência natural a organismos xilófagos se destacam por possuir boa qualidade para fins estruturais, indústria moveleira e de pisos e conseqüentemente, maior procura no mercado (TRUGILHO; LIMA; MENDES, 1996). No entanto, a madeira pode ser deteriorada pela ação de agentes físicos (fogo, calor e radiações), químicos (ação de substâncias ácidas, básicas e óxidos), mecânicos (movimento mecânico com desgaste na madeira), físico-químicos (em decorrência da poluição ambiental e intemperismo), e biológicos [ação de fungos, insetos (coleóptera, isóptera, himenóptera e díptera), moluscos,

crustáceos, bactérias] (SILVA, 2005; SCHMIDT, 2006) e vírus (SCHMIDT, 2006) em árvores vivas.

Estes agentes físicos podem alterar de forma significativa a estrutura da madeira, e de modo mais rápido e visível, sua cor natural (MENDES; ALVES, 1988). Logo, é necessário compreender essas variações de cor em madeiras expostas às intempéries, bem como seu comportamento em diferentes condições climáticas.

Em relação aos insetos, a complexidade de danos que podem causar em ambientes nos quais eles se adaptam, deve-se ao processo evolutivo dos seus caracteres morfológicos, como exoesqueleto, asas funcionais, tamanho, metamorfose e diferentes tipos de aparelhos bucais que possibilitam uma diversificação nas formas de alimentação. Estes fatores podem ter permitido e facilitado a dispersão e adaptação dos mesmos nos mais diversos ecossistemas florestais (LOURENÇO; SOARES, 2003).

Dentre as diversas ordens da Classe Insecta, com destaque no meio florestal, a Coleoptera possui várias famílias com espécies xilófagas (OLIVEIRA et al., 1986). Estas apresentam uma ampla faixa de degradação em diversas fases de processamento e umidade da madeira, sendo as principais Cerambycidae (ataca diversos tipos de madeira, em diferentes fases), Scolytidae e Platypodidae (atacam árvores vivas ou recém-abatidas); Bostrychidae (ataca produto em processo de secagem); Lyctidae e Anobidae (atacam material totalmente seco). Atualmente as famílias Scolytidae e Platypodidae passaram a ser subfamílias de Curculionidae, sendo denominadas de Scolytinae e Platypodinae, respectivamente, e a família Lyctidae foi inserida como subfamília de Bostrychidae (RAFAEL et al., 2012).

Assim, os coleópteros (coleobrocas) podem causar diversos danos à madeira e em diversas etapas do seu processamento, diretamente com túneis e orifícios ao longo da estrutura da mesma, ou ainda sendo vetores de fungos manchadores ou apodrecedores (como os besouros da ambrosia). Algumas espécies de coleópteros podem depositar seus ovos em árvores mortas ou recém-abatidas, e pela formação de túneis, as larvas continuam o processo de deterioração do lenho (MORRELL, 2012).

No entanto, há poucos estudos relacionando as espécies de coleópteros às madeiras processadas, bem como a sua incidência em determinados ambientes. É de grande importância para a cadeia produtiva de madeira serrada, a busca por

medidas de controle e ajuste de processos de desdobro e armazenamento adequados para reduzir perdas relacionadas ao ataque de coleópteros xilófagos. Além disso, é necessário compreender se as diferentes condições climáticas interferem na severidade dos ataques à madeira no momento do processamento e armazenamento. Assim, percebeu-se a necessidade de pesquisas que relatem os coleópteros que comumente atacam as madeiras processadas em diversos ambientes, e sua preferência em relação às espécies florestais a serem avaliadas, bem como a influência da exposição (tempo e condição) na variação da cor da madeira.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Diagnosticar as espécies de coleópteros que atacam a madeira de mogno africano, cedro australiano e eucalipto e verificar o efeito da modificação térmica na cor da madeira de mogno africano e eucalipto exposta a intempéries em ambientes do estado do Espírito Santo e indicar medidas profiláticas e de controle mais eficientes.

1.1.2 Objetivos específicos

- Avaliar a variabilidade ao longo do tronco da densidade básica da madeira;
- Determinar se os tratamentos profiláticos aplicados às madeiras em estudo, alteram a sua coloração;
- Determinar se os tratamentos profiláticos aplicados às madeiras em estudo alteram a composição química das madeiras;
- Avaliar se a resistência à cupins de madeira seca é alterada pelos tratamentos profiláticos;
- Identificar a incidência de coleópteros xilófagos encontrados nas madeiras avaliadas;

- Avaliar a eficiência das medidas profiláticas e de controle para coleópteros xilófagos;
- Constatar se há diferença entre as espécies de insetos encontradas nas madeiras em estudo, em diferentes municípios (altitudes e temperaturas) avaliados, bem como, na intensidade de ataque em locais abertos e protegidos;
- Avaliar se há semelhança entre a resistência à cupins de madeira seca e à coleópteros xilófagos do material ao natural e submetido aos tratamentos profiláticos;
- Verificar se há variação na cor das madeiras nas diferentes altitudes em que foram expostas às intempéries.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 MADEIRA DE MOGNO AFRICANO (*Khaya ivorensis*, *K. senegalensis* e *K. grandifoliola*)

O gênero *Khaya* pertence à família Meliaceae que compreende 51 gêneros que abrangem 1.400 espécies, dentre as quais 60% fazem parte da economia florestal de vários países (BARROSO, 1984). De acordo com Guimarães et al. (2004) e Silva et al. (2016), este é nativo da África continental e Madagascar, e as espécies *K. ivorensis*, *K. senegalensis*, *K. grandifoliola* (mais utilizada em plantações comerciais), *K. anthotheca*, *K. madagascariensis* e *K. nyasica* são conhecidas como mogno-africano e apresentam interesse econômico na indústria madeireira.

A introdução e o cultivo de meliáceas exóticas no Brasil ocorreram principalmente, em substituição ao mogno nativo (*Swietenia macrophylla*), pois são resistentes à *Hypsipyla grandella*, características de crescimento e valor no mercado internacional. Além disso, um atrativo aos produtores florestais brasileiros está relacionado à falta de restrições legais, imposta ao uso das espécies do gênero (FRANÇA et al., 2015; SOUZA, 2015). A *K. ivorensis* (identificada anteriormente como *K. ivorensis*) foi introduzida no Brasil na década de 70, sobretudo pelas características tecnológicas e físicas da madeira que possuem algumas semelhanças com o mogno brasileiro, sua cor castanho avermelhado brilhante, e sua utilização em móveis de alto valor e arquitetura de interiores (PINHEIRO et al., 2011; MOURA, 2014).

Nos últimos anos, tem aumentado o plantio de mogno africano no Brasil, tendo como objetivo atender à crescente demanda por madeira para produtos sólidos (SILVA et al., 2016). Este tem se adaptado bem no território brasileiro, desde os estados de Santa Catarina ao Pará, tendo uma ampla área com condições para plantio, sendo mais abrangente que a teca (*Tectona grandis*) e o cedro australiano (*Toona ciliata*) e menos exigente em fertilidade do solo (ROSSI; SARTORETTO, 2014). De acordo com Reis, Oliveira e Santos (2019), o Brasil, é provavelmente, o maior plantador mundial do gênero *Khaya* (*K. grandifoliola*, *K. senegalensis*, *K. ivorensis* e *K. anthotheca*), pois estima-se que em território brasileiro já tenha

ultrapassado 37 mil hectares em 2018, seguido da Austrália com 14 mil hectares, principalmente de *K. senegalensis*.

A *Khaya ivorensis* e a *K. senegalensis* são espécies arbóreas de grande porte e produzem madeira de qualidade para produtos sólidos; por possuírem valor comercial e utilização, principalmente, para móveis, pisos, produção de lâminas decorativas, instrumentos musicais, construção naval e decoração de ambientes (ARNOLD, 2004). Para a produção de tais produtos, as espécies devem apresentar boa forma do fuste, baixos níveis de tensões de crescimento, rachaduras e empenamentos (ARNOLD, 2004; SILVA et al., 2016).

Alguns autores, dentre eles, Pinheiro et al. (2011), Ribeiro; Ferraz Filho e Scolforo (2017), relatam que em condições naturais, a espécie *K. ivorensis* pode chegar a um diâmetro de 2,10 metros (DAP), e altura de 60 metros, com fuste reto, cilíndrico e sem galhos até aproximadamente 30 metros de altura. Ao estudar árvores de *K. ivorensis*, Cunha (2010) afirma que, aos 16 anos elas já podem ser utilizadas para obtenção de madeira serrada, com retorno financeiro satisfatório, uma vez que já apresentam dimensões adequadas, mesmo em curto período de tempo, se comparadas a outras espécies nativas. Além disso, as madeiras de *K. ivorensis* e *K. senegalensis* apresentam boas resistências aos ataques de algumas espécies de cupins, em ambientes acima do solo (REIS; OLIVEIRA; SANTOS, 2019).

Também conhecida como mogno africano e nativa do continente africano, a espécie *Khaya grandifoliola* se destaca pelo seu potencial madeireiro. A espécie é amplamente difundida no Brasil, tendo sido, inicialmente, confundida com a espécie *K. ivorensis*, e possuindo grande semelhança com *K. anthoteca*. Após a análise de especialistas, verificou-se a grande difusão de materiais genéticos da espécie, que se diferencia visualmente das demais pelas folhas de tamanho maior (REIS; OLIVEIRA; SANTOS, 2019). Estas espécies vem sendo estudadas com o intuito de definir corretamente os melhores usos da madeira.

2.2 MADEIRA DE CEDRO-AUSTRALIANO (*Toona ciliata*)

Pertencente à família Meliaceae, o cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roemer), é uma espécie originária das regiões tropicais da Austrália até a Índia e Malásia, e que teve boa adaptação no Brasil, apresentando boas condições de desenvolvimento, sobretudo no sul do estado da Bahia e na região Sudeste, e está entre as espécies que foram plantadas nas últimas décadas visando a produção de madeira para serraria (SOUZA; BARROSO; CARNEIRO, 2010). Além disso, o cedro-australiano é muito utilizado em sistemas agroflorestais, sendo plantado e manejado em conjunto com mamoeiros e/ou cafeeiros, sendo viável e uma alternativa importante de diversificação dentro das propriedades rurais (SALES; BALDI, 2020).

De acordo com Pinheiro et al. (1994), a espécie possui rápido crescimento, podendo atingir 8 metros de altura e 15 cm de diâmetro com três anos de idade. Logo, proporciona retorno financeiro em curto espaço de tempo, quando comparado aos cedros nativos do gênero *Cedrella* encontrados no bioma Mata Atlântica, e outras espécies, inclusive o mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*) da Floresta Amazônica, com os quais possui similaridade botânica (LORENZI et al., 2003; MORETTI, 2011).

O cedro australiano, é atacado pela broca *Hypsipyla robusta*, que não é de ocorrência natural na América, contudo, apresenta resistência à broca da gema apical (*Hypsipyla grandella*), que ataca outras meliáceas (como o mogno brasileiro e outras meliáceas nativas) e é encontrada na América (CUNNINGHAM et al., 2005).

De acordo com Nigoski et al. (2011), a coloração da madeira do cedro-australiano é vermelho-clara e escurece com o tempo, apresenta densidade média, boa trabalhabilidade, é durável e resistente a cupins de madeira seca (GONÇALVES; OLIVEIRA, 2006), o que pode ser questionável quando são considerados materiais oriundos de árvores jovens. Ribeiro et al. (2014), ao avaliar madeira de *Pinus* e cedro australiano com 18 anos de idade, observou que a madeira de *Toona ciliata* foi mais resistente ao ataque de *Cryptotermes brevis* em relação à madeira de *Pinus* sp. Já Almeida (2010) classificou a madeira como moderadamente resistente à fungos xilófagos.

A madeira da espécie é indicada para acabamentos na construção civil e fabricação de móveis, tendo em vista que é considerada de uso nobre (LAMPRECHT, 1990). Logo, a espécie *Toona ciliata*, é considerada de grande

potencial, pois a madeira possui interessantes propriedades tecnológicas, que devem ser melhor estudadas para que haja uma correta utilização da madeira.

2.3 MADEIRA DE EUCALIPTO (*Eucalyptus* spp.)

Introduzido no Brasil no início do século XIX, há evidências de que o Jardim Botânico do Rio de Janeiro tenha sido o local que recebeu o plantio das primeiras árvores em 1825 (PEREIRA et al., 2000). Apesar da diversidade de espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Corymbia*, com características físico-mecânicas e estéticas diferenciadas, poucas delas têm sido plantadas em escala comercial. Segundo Santos, Lavoranti e Salante (2007), o Brasil reúne inúmeras vantagens para o desenvolvimento de árvores dos gêneros citados (áreas para silvicultura, condições favoráveis para o crescimento e conhecimentos tecnológicos reconhecidos no mundo), o que acarreta o desempenho e importância do país.

A utilização da madeira de eucalipto tem seu potencial aumentado, sobretudo com o plantio de florestas de múltiplo uso, o que possibilita a exploração de todo o potencial da madeira das diversas espécies. Já existem usos tradicionais e consolidados para muitas das espécies e híbridos, como energia (queima direta e carvão) e celulose. Mas alguns usos ainda precisam ser aprimorados e analisados, como a construção civil, produção de postes, dormentes, movelaria, componentes estruturais diversos, que podem contribuir com um retorno econômico de maior valor agregado (SILVA, 2011). Contudo, para o uso correto dos produtos produzidos a partir da madeira de eucalipto, são necessárias avaliações da resistência natural da mesma (MEDEIROS NETO, 2017).

O destaque conferido à utilização do gênero *Eucalyptus* no Brasil, , deve-se à variedade de espécies botânicas cultivadas e melhoradas, à boa adaptabilidade às condições edafoclimáticas brasileiras, e, também, às práticas sustentáveis de manejo e pesquisas no campo florestal, que favorecem o desenvolvimento das tecnologias silviculturais das plantações, e acarretam sucesso nos programas de melhoramento genético dessas espécies, produção de híbridos e agregação de valor ao produto final (OLIVEIRA et al., 2012).

Quando se tem por objetivo a produção de madeira de qualidade para os mais variados fins, observa-se, em vista, duas estratégias que podem ser empregadas. Uma delas, a mais utilizada, consiste no melhoramento genético das espécies mais plantadas. Outra opção utilizada é a identificação de espécies florestais madeireiras que possuam características satisfatórias para o uso pretendido, seguida da implantação de programas destinados ao aumento da produtividade das mesmas (PEREIRA et al., 2000).

O eucalipto urograndis é um híbrido de *Eucalyptus urophylla* e *E. grandis*. O *E. urophylla* é rústico, apresenta resistência mecânica e tolerância ao déficit hídrico, enquanto o *E. grandis* possui boas características silviculturais, resultando em materiais homogêneos e com qualidade para a indústria (BARBOSA, 2013). Logo, o eucalipto urograndis é utilizado como matéria-prima em serrarias e demais indústrias madeireiras no Brasil, em decorrência de seu rápido crescimento e qualidade para estes fins. Além disso, Silva (2018), observou que madeiras de clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, com 14 anos de idade, foram pouco atacadas por térmitas de madeira seca apresentaram altas taxas de mortalidade, e afirmou que o fato poderia ser decorrente da presença de alguma substância tóxica em concentrações suficientes para causar a mortalidade das mesmas, após consumirem a madeira.

2.4 DURABILIDADE NATURAL DA MADEIRA

A madeira é formada pela atividade de um conjunto de células designado de câmbio vascular, sendo que, a maioria das células formadas tem função de suporte, e após a sua formação ocorre um espessamento e lenhificação da parede celular, o que garante a resistência do tronco a ações permanentes (peso próprio) ou de curta duração (como o vento, por exemplo), e posteriormente não há alteração de carácter morfológico ou de constituição química da sua parede celular. Logo, no momento do corte da árvore, não é possível alterar a resistência mecânica da madeira (MACHADO; CRUZ; NUNES, 2003).

A época do corte da árvore só irá influenciar se houver uma maior ou menor coincidência com condições propícias à degradação da madeira (o que pode ser pelo ataque por organismos xilófagos. Por este motivo, alguns autores afirmam que

se deve determinar a época de abate em associação com a época de menor crescimento vegetativo da árvore (outono-inverno), uma vez que, neste período a temperatura do ar será menor, o que pode limitar o crescimento de fungos, bem como a dispersão de insetos alados, que é a fase do ciclo de vida em que ocorre a postura de ovos e consequente infestação de madeiras sãs (MACHADO; CRUZ; NUNES, 2003). Por esta razão, Sousa (1954) já recomendava que a secagem da madeira deve ocorrer tão logo ocorra o abate, para que então, a época de corte deixe de ser um problema.

A durabilidade natural da madeira é entendida como a vida média útil em serviço que esta possui quando exposta a condições adversas (temperatura, umidade, luminosidade e acidez) e também a organismos xilófagos (JANKOWSKY, 1990). Segundo Paes (2002), a resistência da madeira à deterioração pode ser definida como a capacidade inerente à espécie de resistir à ação de agentes deterioradores, incluindo os agentes biológicos, físicos e químicos.

Sendo um material heterogêneo, a madeira possui diferentes tipos de células, adaptadas ao desempenho de funções específicas, visto que entre as espécies há variações nas suas composições químicas, físicas e anatômicas, que dentro de um mesmo indivíduo também ocorrem de acordo com a idade, posição na árvore, fatores genéticos e ambientais (BODIG; JAINE, 1993).

Dentre os principais polímeros que compõem a madeira, Winandy e Rowel (2005) citam, a celulose (40-45%), a hemicelulose (aproximadamente 20%), a lignina (15-35%) e outros constituintes (até 10%); mencionam ainda que a celulose está presente na maior parte dos tecidos vegetais das plantas. No entanto, podemos encontrar valores um pouco diversos em trabalhos mais recentes, como de Araujo (2020), por exemplo, onde afirmam que a madeira é constituída quimicamente por diversos polímeros, em proporções bastante variáveis, sendo os principais: lignina (22 a 40%); celulose (30 a 50%); pentosanas (9 a 28%); mananas e galactanas (0 a 12%); e, produtos extrativos (0,2 a 20%). O principal componente da parede celular de folhosas e coníferas é a celulose, um polímero linear de grau de polimerização elevado, responsável por grande parte das propriedades da madeira (MODES et al., 2017).

As hemiceluloses são polímeros ramificados com grau de polimerização baixo e que funcionam como um material de enchimento na qual está imersa a celulose. O

último componente estrutural é a lignina, uma substância amorfa com estrutura tridimensional que é responsável pela rigidez da parede celular e consequente resistência mecânica (MORAIS; NASCIMENTO; MELO, 2005). Segundo Winandy e Rowel (2005), a madeira pode ainda conter outras substâncias em sua constituição que são conhecidas como extrativos (exemplo das terebentinas, do breu, compostos fenólicos, aromáticos, taninos, compostos nitrogenados e inúmeros carboidratos).

A densidade básica da madeira é uma variável muito utilizada para se correlacionar a qualidade da madeira (inclusive uma maior durabilidade natural), bem como para a definição de melhores usos dos materiais, juntamente com outras características. É um fator de alta variabilidade de acordo com o material genético, idade, local de plantio e tratos culturais. Em clones de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, por exemplo, Rodrigues (2017) encontrou densidades médias entre 0,45 à 0,48 g.cm⁻³ em árvores de sete anos de idade. Já Queiroz et al. (2004) ao estudar dois clones, também de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* mas com seis anos de idade, encontrou densidades básicas entre 0,45 e 0,55 g.cm⁻³.

A degradação biológica da madeira ocorre devido ao fato de alguns organismos utilizarem, como fonte de alimento, os polímeros naturais da parede celular, e alguns deles são providos de sistemas enzimáticos específicos, que são hábeis em metabolizá-los em unidades assimiláveis, bem como, utilizar os constituintes da madeira (até mesmo a casca) como fonte de energia e abrigo. Estes organismos podem atuar em conjunto com agentes físicos e químicos para acelerar o processo de deterioração da madeira (VIVIAN et al., 2014).

O desenvolvimento, crescimento e reprodução das árvores podem ser diretamente influenciados pelos insetos degradadores de madeira, pois eles provocam danos em diferentes partes, e também podem atuar como vetores de doenças, bactérias, fungos e vírus (FLECHTMANN, 1995).

A utilização da madeira para os mais variados fins pode ser limitada pelos diversos fatores já citados. Sendo assim, a sua durabilidade natural ao ataque de organismos xilófagos (em virtude de ocasionarem maiores danos econômicos), se torna um requisito importante para a utilização correta da madeira, principalmente no setor industrial (RICHARDSON, 1993).

2.5 BIODETERIORAÇÃO DA MADEIRA

Por ser um material de origem biológica, a madeira é susceptível a degradação por um conjunto de agentes (bióticos e abióticos); e o risco de degradação da mesma por um determinado tipo de organismo irá depender de condições propícias ao seu desenvolvimento, principalmente do teor de umidade presente na madeira (MACHADO; CRUZ; NUNES, 2003). Segundo a Norma Portuguesa e Europeia - NP EN 335-1 (1994), abaixo de 20% de umidade a madeira está protegida do ataque de fungos decompositores, porém, está sujeita à degradação por coleópteros e térmitas de madeira seca.

O teor de umidade é um fator de grande importância no uso da madeira, bem como no método de secagem do material, pois isso influenciará seus diversos usos, e também a sua maior ou menor suscetibilidade à biodeterioração. Segundo Almeida et al. (2016), a madeira possui grande variabilidade em suas propriedades físicas e mecânicas, as quais são diretamente influenciadas pelo teor de umidade. Como a madeira é um material anisotrópico e higroscópico, a caracterização completa dessas variações requer conhecimento de seus atributos dependentes da umidade, pois ela será exposta a diferentes condições climáticas nas diversas utilizações (OZYHAR et al., 2012).

Conforme a Norma Europeia - EN 844-4 (1995), a utilização de termos inadequados para definição de “madeira seca” tem por consequência, a recepção de material com diferentes teores de umidade, que podem variar, geralmente, entre 7 e 25%. A madeira comercialmente seca deve estar abaixo de 25%, sendo necessário especificar o teor de umidade adequado ao uso pretendido (CRUZ; RODRIGUES, 1997).

No entanto, mesmo o produto com umidade inferior a 20%, ainda pode ser deteriorado, quando utilizado durante um período prolongado em local com umidade relativa e temperatura, que proporcione umidade de equilíbrio superior a esse teor. Uma vez que, a incidência de ataques de organismos xilófagos pode estar diretamente relacionada ao teor de umidade, é essencial o controle dessa variável, que pode ser realizado de forma rápida, eficiente e não destrutiva em campo por medidores elétricos de umidade.

Segundo Melo et al. (2010), ocorrerá a instalação e o ataque de agentes biodeterioradores somente se houverem condições favoráveis no ambiente, como a temperatura, oxigênio e umidade (do ar e da madeira); sendo a temperatura e umidade as de maior importância. Dependendo das circunstâncias, pode ocorrer o ataque de um ou vários organismos ao mesmo tempo. Outros fatores também afetam a biodegradação da madeira, como as suas características físicas e químicas, à concentração dos extrativos tóxicos presentes no lenho, e também os organismos presentes a comunidade onde a madeira está alocada (SWIFT; HEAL; ANDERSON, 1979).

De acordo com Schmidt (2006), há diferenças entre biodegradação e biodeterioração. A biodegradação é definida como uma alteração desejável nas propriedades de um material, proporcionada por atividades de organismos vivos, sendo uma ação benéfica, transformando-o em formas utilizáveis pelo homem (como o processo de fermentação e biorremediação de áreas ou materiais contaminados, por exemplo). Já a biodeterioração é uma alteração indesejável, provocada pela atividade não controlada de agentes bióticos (ataque de cupins de madeira seca).

Dentre os agentes deterioradores bióticos mais conhecidos, estão os cupins, pertencentes a ordem Blattodea, subordem Isoptera, que comumente causam grandes prejuízos em produtos madeireiros. No Brasil as espécies são conhecidas como cupins ou térmitas, e atacam madeiras em contato com o solo (cupins subterrâneos) ou não (cupins de madeira seca). Os cupins de madeira seca possuem algumas espécies de importância no mundo, como a *Cryptotermes brevis* (Walker), que apesar de exótica, ocorre em quase todo o Brasil, com colônias pequenas, mas causadoras de grandes danos, sobretudo pelo tardar na percepção da infestação (RAFAEL et al., 2012).

A madeira está sujeita a biodeterioração durante as diferentes etapas industriais, até seu emprego definitivo, podendo ser atacada por diferentes agentes biodeterioradores. Entre estes, os coleópteros, principalmente Bostrychidae, Lyctinae e Anobiidae, podem causar prejuízos financeiros, o que leva à preocupação as indústrias de compensados, laminados, moveleiras, e de pisos, serrarias, marcenarias, que sempre buscam soluções para evitar infestações em seus estoques (MATOSKI; ROCHA, 2006; RAFAEL et al., 2012).

2.6 TIPO DE DANOS CAUSADOS POR INSETOS

Os insetos podem provocar diferentes tipos de injúrias de natureza física, química e biológica nas plantas, e esses danos variam de acordo com a biologia dos mesmos e com a forma como as plantas ou materiais hospedeiros são utilizados (abrigo, alimento ou local para reprodução) (RAFAEL et al., 2012; COSTA; D'ÁVILA; CANTARELLI, 2014). Uma vez atacados pelos insetos, a gravidade dos danos irá variar de acordo com o tipo de injúria e a severidade do ataque.

Os danos podem ser diretos, indiretos, toxinas, transmissão de patógenos e exsudatos. Os diretos são representados pela ação das brocas, que destroem completamente a planta hospedeira ou as partes desta que serão comercializadas (frutos, sementes e madeira). Os indiretos ocorrem quando os insetos destroem partes da planta que influenciam em algum processo da mesma, como no caso de reduzir a capacidade fotossintética, ou em alguns casos, por afetar a qualidade final do produto (cor, aparência e resistência natural) (COSTA; D'ÁVILA; CANTARELLI, 2014).

As toxinas, produzidas pelos insetos, podem ser injetadas nas plantas no momento da alimentação ou oviposição, e estas podem alterar o crescimento, desenvolvimento ou reprodução das mesmas, favorecendo sua colonização. O ataque dos insetos também pode transmitir patógenos, uma vez que podem atuar como disseminadores de fungos, bactérias, nematoides e vírus. Há ainda alguns como cochonilhas e psíldeos, que secretam exsudatos (substâncias açucaradas) que favorecem o desenvolvimento de fungos que reduzem a capacidade fotossintética da planta (RAFAEL et al., 2012; COSTA; D'ÁVILA; CANTARELLI, 2014).

Em alguns casos, os insetos podem causar mais de um tipo de dano às plantas, como é o caso das vespas da madeira (*Sirex noctilio*), que atacam árvores de pinus e, além de causar dano direto, com a construção de galerias na madeira, provocam ainda o manchamento (azulado), causado pela toxina e fungos introduzidos no momento da oviposição (COSTA; D'ÁVILA; CANTARELLI, 2014).

Segundo Rafael et al. (2012), a identificação de insetos-praga que causam danos é o ponto inicial para a solução do problema, pois a partir desta, são levantadas todas as informações existentes ou são desenvolvidas novas pesquisas

para se obter informações sobre a biologia, plantas hospedeiras, distribuição, métodos de controle e outras características relevantes sobre a espécie. Neste contexto, desenvolveu-se a Entomologia Florestal, ciência que visa o estudo de todas as espécies de insetos que habitam e interagem nos ecossistemas florestais, e o manejo dos insetos-praga que causam danos às árvores vivas, bem como aos produtos obtidos do beneficiamento das mesmas (COSTA; D'ÁVILA; CANTARELLI, 2014).

Em relação aos insetos, a complexidade de danos que podem causar e ambientes onde podem se adaptar, deve-se ao processo evolutivo dos seus caracteres morfológicos, como exoesqueleto, asas funcionais, tamanho, metamorfose e diferentes tipos de aparelhos bucais que possibilitam uma diversificação nas formas de alimentação. Estes fatores podem ter permitido e facilitado a dispersão e adaptação dos mesmos nos mais diversos ecossistemas florestais (LOURENÇO; SOARES, 2003), o que se observa nos mais diferentes nichos onde os insetos atuam. Há diversos estudos que relatam a ocorrência de coleópteros atacando árvores vivas (saudáveis ou doentes), e alguns relatos sobre o ataque a madeira recém-cortada, estocada ou processada, mesmo após vários anos.

Alguns trabalhos são realizados com ensaios diretamente no campo, e ainda com madeiras em contato com o solo, ou em locais onde já se encontrem madeiras estocadas, visando a avaliação da durabilidade natural da madeira, ou seja, a sua susceptibilidade a organismos xilófagos. A partir destes, pode se inferir sobre alguns possíveis usos da madeira, pois está sob direta ação e influência da umidade e temperaturas do ar, uma vez que, é um material altamente higroscópico.

O ambiente influencia o desenvolvimento de quaisquer organismos vivos, uma vez que delimita suas possibilidades de crescimento, desenvolvimento, alimentação e reprodução. Os coleópteros xilófagos, ou seja, que se alimentam de madeira, podem ser considerados fleófagos (se alimentam do floema e são conhecidos como besouros da casca), os xilomicetófagos (se alimentam de fungos simbióticos, que introduzem e cultivam na planta hospedeira) e os verdadeiros xilófagos (se alimentam diretamente do cerne das árvores ou de madeira seca) (MONTEIRO; GARLET, 2016).

2.7 ORDEM COLEOPTERA

A ordem registra o maior número de espécies conhecidas (aproximadamente 40%) dentro da Classe Insecta. Estes indivíduos são conhecidos como besouros, apresentam tamanhos variados, podendo atingir de 0,3 a 200 mm de comprimento, com corpos robustos e compactos, fortemente esclerotizados e de coloração diversa, aparelho bucal mastigador e metamorfose completa. Vivem em diversos tipos de habitat e se alimentam de todos os tipos de material animal e vegetal (RAFAEL et al., 2012; COSTA; D'ÁVILA; CANTARELLI, 2014).

Ainda, segundo os mesmos autores, a ordem é dividida em quatro subordens; Archostemata, Myxophaga, Adephaga e Polyphaga. As duas primeiras são pequenas e de pouca importância econômica, mas, em Adephaga, a família Carabidae é uma das maiores, com 30.000 espécies, sendo todos predadores. Os Polyphaga (família Scarabaeidae) formam o maior grupo, com mais de 300.000 espécies.

Os besouros possuem um mecanismo de redução da perda de água bem desenvolvido, que é um efeito principal da forte esclerotização de todas as partes expostas do corpo e a transformação das asas anteriores em élitros, com mecanismo de encaixe com o escutelo e o metanoto (RAFAEL et al., 2012).

A ordem coleóptera é uma das que possui maior importância econômica entre os insetos de florestas, em função, principalmente, do grande número de representantes. Causa danos parciais até a destruição total de todas as partes da árvore e, em todos os estágios de desenvolvimento da floresta, além de danificarem também a madeira processada (RAFAEL et al., 2012; COSTA; D'ÁVILA; CANTARELLI, 2014).

Ainda segundo Costa, D'Ávila e Cantarelli (2014), para a Entomologia Florestal, as famílias e subfamílias mais importantes são a Cerambycidae (serra-pau), Curculionidae (brocas e besouros de folhas), Platypodinae e Scolytinae (besouros de ambrosia e besouros da casca), Bostrychidae, Lyctinae e Anobiidae (besouros pulverizadores) e Chrysomelidae (besouros desfolhadores). As espécies representantes destas famílias e subfamílias, de acordo com Oliveira et al. (1986),

podem atacar a madeira, desde a árvore viva até seca em um gradiente decrescente de umidade.

As espécies com hábito broqueador estão representadas em maior número na Ordem Coleoptera. As coleobrocas fazem galerias no interior das plantas (FERREIRA-FILHO et al., 2002) e são consideradas de difícil controle, pois, passam a maior parte de sua vida no interior da madeira (BERTI-FILHO, 1997). Apesar de sua importância, estas, no Brasil, são consideradas pragas secundárias em reflorestamentos, mesmo que proporcionem danos expressivos na madeira de toras proveniente de árvores recém-colhidas, quando expostas no campo (CARVALHO; TREVISAN, 2015).

Fator muito comum é a preocupação apenas quando começam a aparecer os danos nas toras, tábuas ou produtos finais produzidos com a madeira já infestada por coleobrocas. Neste momento, é muito complexo realizar o controle, pois a praga já se instalou e está causando danos. Há muitas informações sobre as pragas florestais que atacam as plantações ainda vivas, porém, não há muitos relatos sobre o ciclo de vida destas, diretamente correlacionado às espécies, bem como o melhor modo de se realizar um monitoramento, profilaxia e/ou controle das mesmas.

Um estudo de Paes et al. (2014) relata que em um povoamento de teca, no distrito de Santa Angélica - ES, 28,3% dos insetos coletados eram de famílias de coleópteros com representantes xilófagos [Bostrychidae, Cerambycidae, Curculionidae (subfamília Scolytinae)], enquanto no município de Cachoeiro de Itapemirim - ES, as famílias de xilófagos representaram 17,5% do total, o que ratifica a ideia da importância da ordem para o setor florestal.

Também foram encontrados diversas espécies de besouros Scolytinae associados a plantios de eucalipto no sul do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, uma percepção clara de sua importância (WOLLMANN et al., 2017). Zanúncio et al. (2005) também relatou o ataque de Scolytidae e Platypodidae em talhão de clone de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* em Montes Claros - MG. Também em Minas Gerais, Covre et al. (2018a) observaram o ataque de *Euplatypus parallelus* (Platypodinae) em plantios de *K. grandifoliola*. Os mesmos autores (2018b) relataram a ocorrência de ataques de bostríquídeos (*Micrapate germaini* e *Xyloperthella picea*) ao tronco de árvore viva (em bom estado fitossanitário) em plantios de *K. senegalensis*, localizados no Mato Grosso do Sul, em 2017.

Para a classificação e identificação, as famílias e subfamílias de importância econômica para o setor florestal possuem caracteres morfológicos distintos, que são descritos e organizados por diversos autores para sistematização em livros e chaves de identificação (RAFAEL et al., 2012; COSTA; D'ÁVILA; CANTARELLI, 2014).

2.7.1 Família Cerambycidae

Os insetos desta família pertencem à Subordem Polyphaga, e possuem como características a ausência de rostró na cabeça, os élitros cobrem totalmente o abdome ou quase, os tarsos são criptopentâmeros (aparentemente 4-4-4), não apresentam cerdas eretas, as antenas são geralmente longas (inseridas em elevação frontal) e apresentam clava apical com mais de três segmentos ou ausência de clava (COSTA; D'ÁVILA; CANTARELLI, 2014; COSTA LIMA, 1953).

Muitas espécies desta família atacam árvores vivas e saudáveis, como os serra-paus, até danificadas ou mortas. Apesar de exercerem importante papel na decomposição e ciclagem de nutrientes, elas são pragas de árvores que produzem madeira para comercialização, causando danos consideráveis (MENDES; ALVES, 1988; RAFAEL et al., 2012). São muito encontradas em pequenas e médias serrarias, que operam com madeiras de folhosas, pois possuem o hábito de atacar o alburno de toras que são estocadas com casca (MENDES; ALVES, 1988).

2.7.2 Família Bostrychidae

Os bostríquídeos possuem coxas posteriores não dividindo o urosternito basal (Subordem Polyphaga), os élitros cobrem totalmente o abdome ou quase, e estes são truncados posteriormente [além de serem achatados na parte posterior (em forma de bisel) e possuírem sutura entre o pronoto], os palpos maxilares são mais curtos do que as antenas, o abdome apresenta cinco ou seis esternitos visíveis, as coxas posteriores possuem uma cavidade para alojar o fêmur, apresentam o corpo cilíndrico e tegumento fortemente esclerotizado e cabeça hipognata (COSTA LIMA, 1953; COSTA; D'ÁVILA; CANTARELLI, 2014).

A maioria das espécies possui cor negra, parda ou acinzentada mais ou menos escura, e podem atingir de 1 a 30 milímetros de comprimento. Geralmente são bons voadores, mas não apresentam velocidade ao caminhar por possuírem pernas curtas (COSTA LIMA, 1953; RODRIGUES JUNIOR, 2007). A maioria dos representantes da família Bostrichidae retira seus nutrientes de amidos e açúcares presentes nos tecidos das plantas em que se alimentam (LIU et al., 2008). Existem algumas espécies economicamente importantes, com destaque para *Rhyzopertha dominica* e *Prostephanus truncatus*, que atacam cereais, e *Sinoxylon* spp., *Dinoderus* spp. e *Lyctus* spp., que causam danos a madeira, bambu e derivados destes.

As espécies de insetos que atacam a madeira são denominadas por Peres Filho, Dorval e Berti-Filho (2006), "besouros pulverizadores da madeira", uma vez que, a transformam em pó ao abrirem suas galerias, o que deprecia seu valor. Isso ocorre porque as larvas se alimentam do lenho ao escavarem galerias paralelas aos vasos, o que causa danos irreparáveis (SARLO, 2000). Estes insetos se desenvolvem em madeira seca (COSTA; VANIN; CASARI-CHEN, 1988), e conseguem completar seu ciclo de vida nas mesmas, contudo, na maioria dos casos, não as reinfestam (OLIVEIRA et al., 1986).

A maioria dos insetos desta família pode ser reconhecida pelo pronoto em forma de capuz, mas podem ser confundidos com Scolytinae (Curculionidae), dos quais são separados especialmente pelas antenas retas, que apresentam antenômeros da clava livres (RAFAEL et al., 2012).

Os indivíduos da subfamília Lyctinae não possuem pronoto em forma de capuz, e possuem os mesmos hábitos dos demais representantes da família. Possuem ciclo de vida de aproximadamente de um ano. O gênero *Lyctus* se destaca por causar sérios danos em madeira seca, e este é capaz de reinfestá-la até reduzi-la a pó (GOODELL; NICHOLAS; SCHULTZ, 2003). A madeira de *K. senegalensis* é considerada suscetível ao *Lyctus*, demandando um maior cuidado e custo no momento de tratar as madeiras (ARMSTRONG et al., 2007).

2.7.3 Família Anobiidae

De acordo com RAFAEL et al. (2012), os insetos adultos desta família apresentam pernas contráteis e cabeça bastante flexionada para baixo (e geralmente coberta pelo pronoto). Os anóbídeos se diferenciam dos bostríquídeos pelas características descritas, por ovipositarem na superfície da madeira e por apresentarem ciclo de vida de aproximadamente cinco anos, podendo, em alguns casos variar entre dois a cinco anos, de acordo com as condições climáticas e a qualidade de alimento do substrato.

Estes insetos são mundialmente distribuídos, e capazes de atacar, desde madeiras recém-cortadas, até as secas há um período longo de tempo. Têm preferência por madeiras de coníferas, embora as de folhosas também sejam suscetíveis ao ataque (MENDES; ALVES, 1988). São popularmente conhecidos por broca de museus ou insetos bibliófagos (PERPETUO, 2015).

2.7.4 Família Chrysomelidae

Estes insetos apresentam as coxas posteriores não dividindo o urosternito basal (subordem Polyphaga), os élitros cobrem totalmente o abdome ou quase, as antenas apresentam clava apical com mais de três segmentos ou ausência de clava e são mais curtas do que o corpo e não inseridas em elevação frontal, o que os diferencia dos cerambicídeos (COSTA; D'ÁVILA; CANTARELLI, 2014).

É uma das maiores famílias de besouros. Possuem corpo com tamanho que varia de 0,5 a 35 milímetros e coloração variável. Todas as espécies são fitófagas, e atacam folhas (fase adulta ou larval), pólen, anteras, caules e raízes. Na área florestal os crisomelídeos causam danos mais intensos ao se alimentarem de folhas e diminuírem a área fotossintética, e conseqüentemente a produção e qualidade da madeira (RAFAEL et al., 2012; COSTA; D'ÁVILA; CANTARELLI, 2014). Por esta razão, estes insetos apresentam importância no meio florestal, bem como outros, como a broca dos ponteiros (*H. grandella*), uma mariposa (Lepidoptera), que ataca os ponteiros das meliáceas causando nós, bifurcações e tortuosidades no caule (OHASHI et al., 2008).

2.7.5 Família Curculionidae

Esta família é, provavelmente, a de maior importância econômica dentre os coleópteros. Os curculionídeos se diferenciam por apresentarem a sua cabeça prolongando-se em um rostro alongado, e no ápice se insere o aparelho bucal mastigador (COSTA; D'ÁVILA; CANTARELLI, 2014).

Eles apresentam comprimento do corpo entre 0,5 a 90 milímetros, sendo geralmente compactos e bem esclerotizados. A coloração vai de negra a castanho-escura e possui antenas geniculadas. A maioria dos insetos é estritamente fitófaga (RAFAEL et al., 2012).

2.7.5.1 Subfamília Platypodinae

A subfamília Platypodinae é composta por broqueadores de madeira, conhecidos como besouros de ambrosia (pois se alimentam do fungo ambrosia, que é inoculado pelos mesmos nas galerias que produzem), e também são responsáveis pelo manchamento da madeira. Nidificam em hospedeiros estressados, doentes e em madeiras recém-cortadas. Estes insetos apresentam rostro apenas vestigial (MARINONI et al., 2001; RAFAEL et al., 2012).

De acordo com Ueda e Kobayashi (2005), as galerias são iniciadas por machos adultos e cada macho é acompanhado por uma única fêmea. Em alguns insetos desta subfamília, um feromônio de agregação é emitido pelo macho, o que induz a concentração de indivíduos na atividade de perfuração. Estes insetos se reproduzem em madeira com alto teor de umidade, degradada ou morta recentemente. Dentro dos túneis parentais as larvas se movem livremente e escavam as células pupais fora dos túneis principais e de forma individual (MONTEIRO; GARLET, 2016).

2.7.5.2 Subfamília Scolytinae

Pertencente, anteriormente à família Scolytidae, são denominados de escolitíneos, apresentando aproximadamente 6.000 espécies conhecidas,

distribuídas em 181 gêneros (WOOD, 1982; MARINONI et al., 2001; BRITO; ABREU; VIANEZ, 2010).

Segundo Castro (1960), o critério utilizado para divisão desta subfamília é a preferência alimentar. Os grupos mais relevantes são os fleófagos (se alimentam do floema e são conhecidos como besouros de casca ("bark beetles") e os xilomicetófagos (têm como principal alimento fungos simbióticos, que introduzem e cultivam na planta hospedeira e conhecidos como besouros de ambrosia ("ambrosia beetles").

Os escolitíneos são indivíduos com cerca de meio milímetro de comprimento, de cor uniforme escura, corpo cilíndrico e élitros truncados, com dentes e dentículos (GALLO et al., 2002). Apresentam rostro vestigial, cabeça mais estreita que o pronoto, que geralmente fica escondida em vista dorsal. A maioria das espécies vive em galerias sob a casca, formando o padrão conhecido como pena. Outros podem broquear a madeira e viver sob o fungo ambrosia que cresce nas suas galerias (RAFAEL et al., 2012).

2.8 TRATAMENTO DA MADEIRA

A madeira é um material versátil e de grande importância nas atividades humanas, o que leva ao desenvolvimento de diversas técnicas para melhorar as propriedades da mesma. Dentre as técnicas, diversos tratamentos têm sido estudados e empregados visando aumentar a utilização da madeira. Dentre estes, pode-se citar os tratamentos térmico (com diferentes temperaturas) e químico (com ácido bórico e bórax) que são comumente estudados e utilizados na proteção de madeiras.

A modificação térmica melhora a estabilidade dimensional, o comportamento higroscópico e a resistência biológica da madeira (ALMEIDA; BRITO; PERRE, 2009; BAL, BEKTAS, 2012; MODES et al., 2017). Dentre os diversos fatores que podem ser afetados pela modificação térmica, percebe-se que a durabilidade da madeira, em muitos estudos, é aumentada pelo processo. Contudo, devem-se observar atentamente as características de cada processo escolhido, além de verificar a temperatura e tempo de exposição adequados à espécie, e ainda, se para a espécie

em estudo, o resultado da modificação térmica será o esperado, com o aumento da durabilidade da madeira, da estabilidade dimensional, sem muitas perdas na resistência mecânica do material e escurecimento da madeira.

Segundo Gunduz et al. (2009), de acordo com o tempo de exposição e temperatura escolhidas para o processo de modificação térmica, este pode contribuir significativamente para a perda de resistência da parede. Contudo, em temperaturas menores que 160 °C, as mudanças na estrutura da madeira são desconsideráveis (SILVA; MACHADO; GOMES JUNIOR, 2008). As propriedades da madeira serão influenciadas pela ação do calor, contudo, a intensidade e efetividade dos resultados sempre será dependente da espécie em questão, o tempo e temperatura a que o material será exposto (FIGUEROA; MORAES, 2009).

Ao considerar os diversos fatores que afetam a durabilidade e o uso da madeira, Brito (2017) afirmou para as madeiras jovens de *Tectona grandis* e *Eucalyptus grandis*, que o processo de modificação térmica reduziu a higroscopicidade e a resistência mecânica à flexão estática e à compressão paralela às fibras; também verificou o aumento na resistência à biodeterioração causada por térmitas subterrâneas; e para madeira exposta a térmitas de madeira seca, somente o *E. grandis* apresentou aumento da resistência.

Paes et al. (2007) relata que a maior ou menor suscetibilidade da madeira a deterioração irá depender de condições ambientais. Pois, a madeira pode ser deteriorada por organismos biológicos, pois estes, reconhecem os carboidratos da parede celular como fonte de alimento (BELLON et al., 2014). Dentre os quais, podem ser citados principalmente fungos e insetos. E quando a madeira é modificada termicamente, sua resistência ao ataque de fungos aumenta, devido degradação das hemiceluloses e redução na higroscopicidade, a modificação química dos polissacarídeos e lignina, o que acarreta em inibição enzimática degradativa (BELLON et al., 2014).

Há controvérsias nos estudos relacionados madeira termicamente tratada e uma maior resistência a organismos xilófagos. Para Poncsák et al. (2006) o tratamento térmico da madeira aumenta a vida útil de madeiras em ambientes úmido, uma vez que no processo, ocorrem modificações da capacidade de absorção de água por parte do material (redução nas pontes de hidrogênio). Silva (2012) observou que para ensaios de alimentação forçada com cupins subterrâneos

(*Nasutitermes* sp.), houve menor perda de massa das madeiras de eucalipto citriodora e pinus tratados termicamente; no entanto, para os ensaios de preferência alimentar, não houve diferença significativa entre a maioria dos tratamentos e a testemunha, com exceção do tratamento térmico a 160 °C para o eucalipto e 200 °C para o pinus. O mesmo autor, observou redução na biodeterioração por fungos de podridão mole (*Paecilomyces variotti*) a medida em que a temperatura do tratamento era aumentada para as duas espécies de madeira avaliadas.

No caso dos tratamentos químicos, estes são amplamente utilizados, pois têm como objetivo reduzir a suscetibilidade da madeira ao ataque de organismos deterioradores (a partir da impregnação com produtos tóxicos aos mesmos), uma vez que, tornam indisponíveis aos organismos xilófagos, as substâncias que constituem a estrutura da parede celular (MENDES; ALVES, 1988).

Dentre os produtos químicos utilizados para madeira estão o bórax (tetraborato de sódio decahidratado) e ácido bórico, visto que esta, quando tratada com boratos inorgânicos e utilizada fora do contato do solo e da água, possui grande resistência à fungos apodrecedores, cupins e brocas. Os boratos podem ser aplicados por pincelamento, imersão ou por pressão em autoclaves, e se difundem facilmente em madeira úmida, além de poder ser utilizados para o tratamento curativo (GALVÃO; MAGALHÃES; MATTOS, 2004), depois que o material em serviço apresenta alguma forma de ataque de organismos xilófagos. O boro já foi utilizado para tratamento de espécies como a *K. senegalensis*, para aumentar sua resistência a coleópteros xilófagos, como o *Lyctus*, por exemplo (ARMSTRONG et al., 2007).

2.9 COLORIMETRIA APLICADA À MADEIRA

A cor da madeira é uma das propriedades organolépticas de destaque, uma vez que é percebida pelos sentidos humanos, além de ser importante para a identificação de madeiras (CAMARGOS; GONÇALEZ, 2001). No entanto, de acordo com Mori et al. (2004), a cor não é um parâmetro estável, pois a madeira tende a oxidar com o tempo e forma de armazenamento ou uso, e escurece pela ação fotoquímica, uma vez que, a luz reage com os componentes químicos da madeira,

como a lignina e extrativos. Além disso, diversos outros fatores podem afetar a cor da madeira, como teor de umidade, temperatura e degradação por organismos xilófagos (ATAYDE; GONÇALEZ; CAMARGOS, 2011). De acordo com Gonçalves (1993), há outros fatores que podem influenciar a cor da madeira, como, composição química, estrutura anatômica, métodos de colheita da árvore, posições de amostragem, altura, diâmetro e idade das árvores e fatores genéticos característicos de cada espécie analisada.

A madeira e seus diversos derivados, estão sujeitos a variações físicas e químicas, quando submetidos à ação do calor. O processo de secagem do material ocorre pela transferência de massa que é induzida pelo gradiente térmico advindo do aquecimento do material. No entanto, em temperaturas mais elevadas, poderá ocorrer a despolimerização da madeira, a combustão do material lenhoso, a carbonização e a combustão incandescente do carbono fixo (WINANDY; ROWELL, 2005).

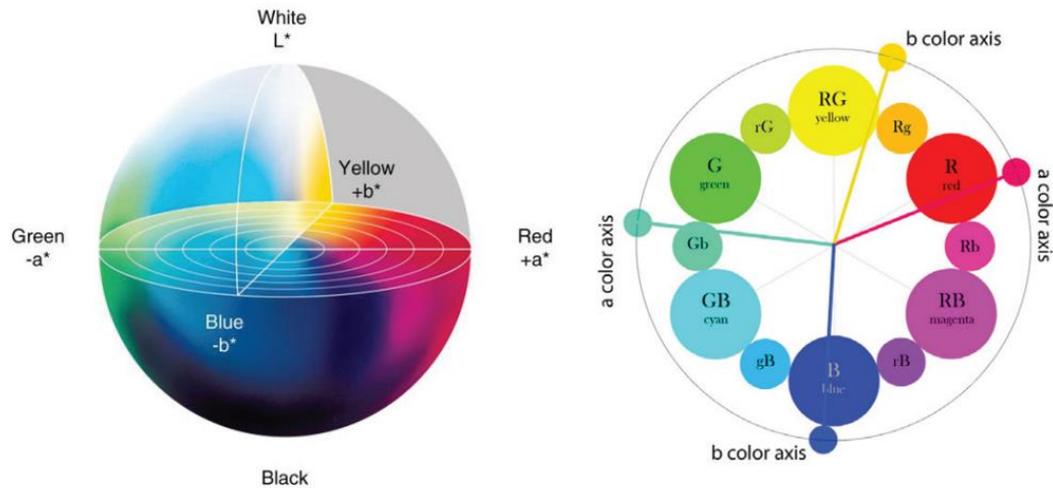
A cor também é um fator de determinação complexa, pois é um parâmetro subjetivo, e dependente de quem avalia. Isto levou ao desenvolvimento de métodos para determinação matemática da cor, como o comparativo de Munsell e a colorimetria, que é um método quantitativo (BONFATTI JÚNIOR; LENGOWSKI, 2018). Para a determinação precisa da cor, Siqueira (2015) afirma que devem ser utilizados espectrofotômetros, pois permitem medir e analisar cada elemento de sua composição de forma quantitativa.

Para trabalhos relacionados à cor, Camargos e Gonçalves (2001) utilizaram o sistema CIE $L^*a^*b^*$ (Figura 1), que é a base para a realização da colorimetria. O sistema CIE da Comissão Internacional de Iluminantes, define a cor com base em três elementos: a luminosidade ou claridade, a tonalidade ou matiz e a saturação ou cromaticidade.

No sistema CIE, a variável “L” representa a luminosidade ou claridade na escala cinza entre o branco e o preto, podendo ter valores entre 0 (preto absoluto) e 100 (branco total). Já a tonalidade é expressa pelas cores vermelho, verde, amarelo e azul, definidas pelas variáveis “+a*”; “-a*”, “+b*” e “-b*”, respectivamente, em que cada variável varia de 0 a 60 (sem unidade de medida) (MEDEIROS NETO, 2017). Os elementos claridade, saturação e tonalidade é que compõem o sistema

conhecido como CIE L*a*b*, atualmente utilizado na colorimetria (BARCÍK; GASPARÍK; RAZUMOV, 2015; MARINI, 2019).

Figura 1 - Representação gráfica do sistema de cores CIE L*a*b*



Fonte: Barcık, Gasparík e Razumov (2015, p.386).

A saturação ou cromaticidade é o desvio a partir do ponto correspondente ao cinza no eixo L ou de luminosidade, ou seja, quanto mais distante do eixo, mais saturada será a cor; é expressa pela variável “C” que é dada de 0 a 60. O iluminante recomendado pelo CIE é o padrão D65, sendo utilizado por representar uma média da luz do dia. Já o ângulo de visão recomendado é o de 10°, que é na área do campo de visão, que possibilita melhor acuidade visual (MARINI, 2019).

Ao considerar as madeiras que foram estudadas neste trabalho, a colorimetria pode ser utilizada para verificação da influência de determinados tratamentos (químico, térmico e intemperismo) na variação de cor do material, uma vez que elas são consideradas como madeiras nobres para usos de valor agregado, sendo, portanto, requeridas também pela sua cor. Fato corroborado pelos resultados encontrados por Lima (2019), em que o tratamento térmico (180 e 200 °C) promoveu melhorias na uniformidade da cor, podendo agregar valor comercial às madeiras estudadas.

3 METODOLOGIA

3.1 PROCEDÊNCIA E AMOSTRAGEM DAS MADEIRAS ESTUDADAS

No presente trabalho foram avaliadas madeiras de cinco essências florestais (*Khaya ivorensis*, *K. senegalensis*, *K. grandifoliola*, *Toona ciliata* e *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*), cultivados para produção de madeira serrada, quando submetidas a tratamentos térmicos ou químicos, a coleópteros e térmitas xilófagos, em ensaios de campo e laboratório, bem como a variação de cor durante os tratamentos (todas as espécies) e armazenamento (*K. ivorensis* e eucalipto) dos materiais. As árvores foram selecionadas com melhor estado fitossanitário e ausência de defeitos, sendo amostradas três ou quatro árvores de acordo com a disponibilidade nas plantações.

As árvores das espécies *K. ivorensis* e *K. senegalensis* (mogno africano) foram coletadas em plantação experimental seminal com idade de 25 anos na Reserva Natural Vale, localizada no município de Sooretama – ES. A plantação foi inserida entre uma gama de espécies cultivadas pela Reserva, e o local apresenta características de clima do bioma Mata Atlântica. As três árvores da espécie *K. ivorensis* apresentavam, em média, diâmetro a altura do peito (DAP) de 39,6 cm, altura comercial de 11,7 m e altura total de 23,2 m. Já as três de espécie *Khaya senegalensis* apresentavam, em média, DAP de 21,6 cm, altura comercial de 9,1 m e altura total de 18,9 m.

As árvores de *K. grandifoliola* estavam com idade de oito anos no momento da coleta, e foram provenientes de plantação comercial do município de Araçuaí – MG. A plantação está inserida em um local com características intermediárias entre os biomas Mata Atlântica e Caatinga, e é proveniente de material seminal, irrigado e que estava no momento do primeiro desbaste. As quatro árvores amostradas apresentavam, em média, DAP de 22,1 cm, altura comercial de 12,0 m e altura total de 20,3 m.

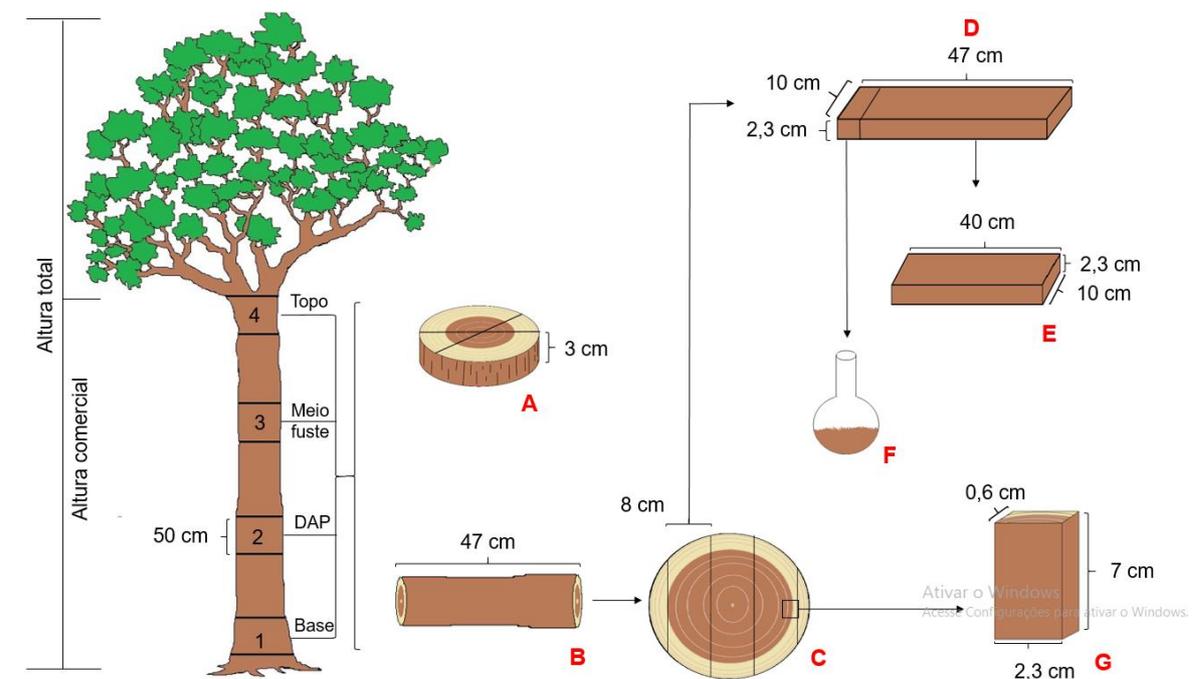
As amostras de cedro australiano (*T. ciliata*) foram cedidas por um produtor do município de Muniz Freire - ES, e são advindas de uma plantação seminal com 12 anos de idade. As árvores estavam em plantio solteiro, entre plantações de café,

e inseridas em uma região com características do bioma Mata Atlântica. As três árvores amostradas apresentavam, em média, DAP de 22,66 cm, altura comercial de 11,7 m e altura total de 17,3 m.

A madeira de eucalipto foi fornecida pelo Complexo Agroindustrial Pindobas Ltda., localizado no município de Venda Nova do Imigrante - ES. O clone selecionado foi resultado do cruzamento entre os progenitores *Eucalyptus grandis* e *E. urophylla*, pois em trabalhos anteriores, foi observada sua susceptibilidade ao ataque de coleópteros. As três árvores amostradas tinham idade de 16 anos, e apresentavam em média, DAP de 48,86 cm, altura comercial de 30,8 m e altura total de 44,0 m.

As árvores colhidas de cada espécie foram seccionadas em quatro toretes de 50 cm de comprimento, retirados da base, região contendo o DAP e duas acima desta (Figura 2).

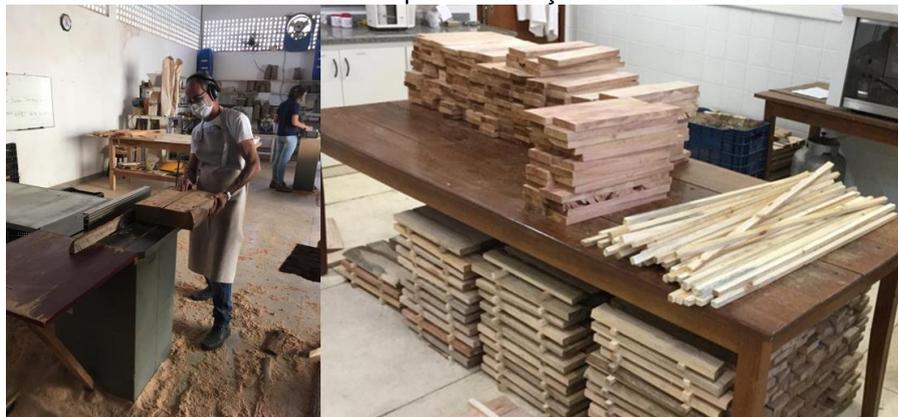
Figura 2 - Esquema de coleta das amostras de madeira em campo e desdobro dos toretes. A – Disco para confecção das cunhas para densidade básica da madeira; B – Torete para as desdobro das demais amostras; C – Detalhes de desdobro dos pranchões para confecção das amostras; D – Amostra utilizada para os tratamentos preservativos; E – Amostra confeccionada para os ensaios de campo; F – Amostras preparadas para as análises químicas; G – Amostras confeccionadas para os ensaios com térmitas de madeira seca.



Imediatamente após a colheita de cada árvore, as amostras foram identificadas, acondicionadas em sacos de tecido não tecido (TNT), de coloração marrom escura, com medidas de 100 cm de altura e 60 cm de largura, e fechadas com lacres numerados, para evitar possíveis contaminações por insetos durante o transporte e armazenamento até o momento do desdobro dos toretes.

Os toretes obtidos foram transportados para o Laboratório de Usinagem e Beneficiamento da Madeira (LUMber), no Departamento de Ciências Florestais e da Madeira (DCFM), Centro de Ciências Agrárias e Engenharias (CCAe), Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), localizado no município de Jerônimo Monteiro, ES. De cada torete foram retirados um disco da base do torete para determinação da densidade da madeira, e posteriormente desdobrados em pranchas de 8 cm de espessura, que foram desdobradas tangencialmente, em tábuas e corpos de prova, ou moídos de acordo com os ensaios e testes a que foram submetidos para avaliação (Figura 3).

Figura 3 – Desdobro dos toretes em amostras para realização das análises.



Fonte: o autor.

3.2 DENSIDADE DAS MADEIRAS ESTUDADAS

A densidade básica das madeiras foi determinada pela relação massa/volume, proposta por Vital (1984), ao serem utilizadas duas cunhas diametralmente opostas por disco, retirados ao longo da altura da árvore (Figura 2). As cunhas foram saturadas em água, tiveram seus volumes obtidos por deslocamento em água, ao ser utilizada uma balança semianalítica (0,01 g) e

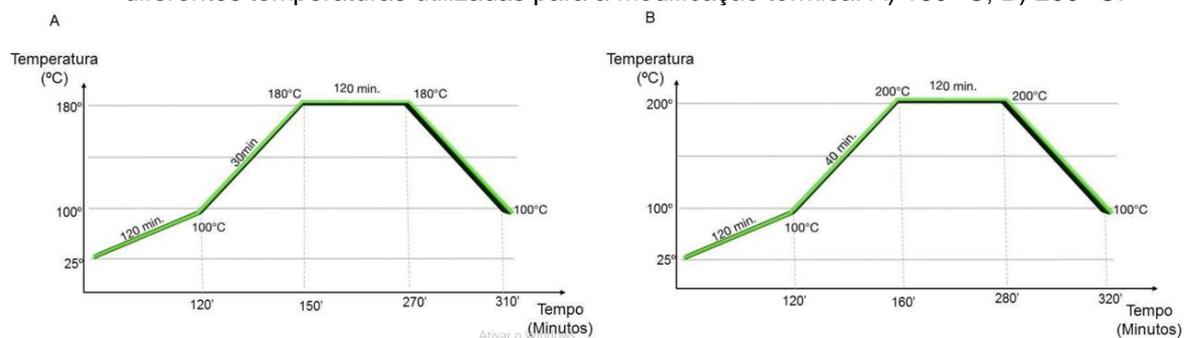
posteriormente secas em estufa com circulação de ar ($103 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$), até obtenção de massa constante. A densidade básica foi obtida ao dividir a massa seca, pelo volume saturado das amostras.

3.3 TRATAMENTOS TÉRMICOS E QUÍMICOS

Para realização dos tratamentos, as pranchas com espessura de 8 cm foram serradas em pequenas amostras com dimensões de 47 x 10 x 2,5 cm (comprimento x largura x espessura), em diferentes orientações para o maior aproveitamento do material, tendo a presença de cerne e alburno. Os tratamentos consistiram em testemunhas (amostras sem tratamento); tratamento químico a base de boro (ácido bórico e bórax) e modificação térmica (180 e 200 $^\circ\text{C}$). Somente a espécie *Toona ciliata* não passou por tratamento térmico em virtude do excesso de rachaduras que o material apresentou logo após a coleta.

Os programas utilizados para a modificação térmica seguiram os modelos propostos por Lima (2019) (Figura 4). A modificação térmica foi realizada nas temperaturas de 180 e 200 $^\circ\text{C}$, com duas horas de duração na temperatura máxima de teste de cada situação. A mesma foi realizada em um forno Linn Elektro, com controlador programável de tempo e temperatura, em meio com presença de oxigênio (Figura 5A). O início dos tratamentos térmicos ocorreu em temperatura ambiente (25 – 30 $^\circ\text{C}$). As peças de uma mesma temperatura final de ciclo (180 ou 200 $^\circ\text{C}$) foram modificadas termicamente na mesma carga, devidamente tabicadas, e distribuídas aleatoriamente entre as cargas, das diferentes espécies (Figura 5B).

Figura 4 - Programa de modificação térmica: rampa de aquecimento e resfriamento durante as diferentes temperaturas utilizadas para a modificação térmica. A) 180 $^\circ\text{C}$; B) 200 $^\circ\text{C}$.



Fonte: Lima (2019, p.27).

Figura 5- Forno utilizado para a modificação térmica da madeira: A) vista frontal do equipamento; B) vista do equipamento com madeira das espécies em estudo para início do tratamento térmico



Fonte: o autor.

Os tratamentos químicos foram realizados com produtos à base de boro (Figura 6), sendo ácido bórico (H_3BO_3) e bórax ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$), com o emprego de solução de 4% de concentração, na qual as amostras permaneceram imersas, em baldes plásticos com capacidade de 100 L, até atingirem uma retenção mínima (verificada mediante pesagem das tábuas antes e após o tratamento) de 0,5% de equivalente em ácido bórico (EAB), sendo estas estabelecidas com base em pesquisas já realizadas por Willerding e Vianez (2003).

Figura 6 – Produtos utilizados para o tratamento químico - ácido bórico (A) e bórax (B), e amostras após o tratamento (C).



Fonte: o autor.

3.4 ENSAIOS FÍSICO-QUÍMICOS EM LABORATÓRIO

3.4.1 Colorimetria antes e após os tratamentos

Foi avaliada a cor da madeira antes e após os tratamentos, a fim de verificar a sua variação nas amostras. Tal efeito foi verificado no espaço de cor no sistema CIE $L^*a^*b^*$ - 1976, com utilização de espectrofotômetro portátil Konica Minolta (Figura 7), mediante a obtenção das coordenadas L^* (luminosidade), a^* (matizes do eixo vermelho - verde) e b^* (matizes do eixo amarelo - azul). Durante a utilização do equipamento, o diâmetro de abertura para a área de iluminação do aparelho foi de 3 mm (SAV - *Small Area View*), iluminante padrão D65, ângulo de observação de 10° e luz especular incluída.

Figura 7 - Espectrofotômetro portátil Konica Minolta utilizado para colorimetria da madeira.



Fonte: o autor.

As leituras foram realizadas em 10 diferentes pontos nas tábuas (cinco na face tangencial e cinco na radial), que representavam visualmente a média da coloração das mesmas. As leituras foram tomadas antes e após cada tratamento, sendo realizada também nas tábuas sem tratamento para verificar a variação na coloração oriunda da oxidação durante o período em que ficaram armazenadas.

O cálculo para determinar a variação total da cor foi conforme orientações do fabricante (MINOLTA, 1998) e da International Organization for Standardization - ISO 11664-4 (2008) (Equação 1).

$$\Delta E^* = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2} \quad (1)$$

Em que: ΔE^* é a variação total da cor da madeira; e ΔL^* , Δa^* e Δb^* variações das coordenadas L^* , a^* e b^* , respectivamente, após cada tratamento.

Os parâmetros e coordenadas colorimétricas para a face tangencial e radial foram obtidos para cada espécie, antes e após a exposição aos tratamentos [controle – sem tratamento, ácido bórico, bórax e modificação térmica (180 e 200 °C)]. Após a obtenção dos dados, foi obtida a variação total da cor (ΔE^*), sendo calculada à partir da variação dos fatores L^* , a^* e b^* , antes e após cada tratamento. As medidas de ΔE^* foram classificadas com base na tabela 1, que descreve os níveis de percepção visual propostos por Stangerlin (2012).

Tabela 1 - Classificação da variação total da cor (ΔE^*) da madeira após os tratamentos das madeiras

Varição total da cor (ΔE^*)	Classificação colorimétrica
Ligeiramente perceptível	0,0 – 4,0
Perceptível	4,1 - 8,0
Muito perceptível	Acima de 8,1

Fonte: Stangerlin (2012, p.113).

3.4.2 Análise química das madeiras estudadas após os tratamentos

Para as análises químicas das madeiras, foram avaliadas as amostras de cada tratamento, antes do ensaio de campo. As amostras foram retiradas das mesmas tábuas a serem expostas no campo (todas as espécies e tratamentos), que foram transformadas em palitos, moídos em moinho do tipo Willey em serragem para a realização das análises.

A serragem utilizada foi a que passou pela peneira de 40 *mesh* e ficou retida na de 60 *mesh*, foi acondicionada a uma umidade relativa de $65 \pm 5\%$ e temperatura de 25 ± 2 °C. A massa absolutamente seca das amostras foi determinada de acordo com a *Technical Association of the Pulp and Paper Industry –TAPPI - T 264 om - 88*

(1996). O teor de extrativos totais da madeira foi efetuado segundo a *American Society for Testing and Materials* - ASTM D-1105 (2013).

As amostras foram submetidas à extração com o solvente etanol:tolueno (1:2, volume: volume – v:v), etanol e água destilada quente realização da extração total. Os resíduos obtidos foram pesados para a determinação do teor de extrativos. A extração em etanol/tolueno 1:2, seguiu os procedimentos da *American Society for Testing and Materials* - ASTM D-1107 (1994), substituindo, nesse caso, o benzeno pelo tolueno.

A lignina total foi a soma da lignina solúvel e a não solúvel, sendo a não solúvel obtida pela diferença do peso da amostra. O teor de lignina foi determinado pelo método Klason, modificado de acordo com o procedimento proposto por Gomide e Demuner (1986). Do filtrado restante da análise da lignina Klason foi realizada a leitura em espectrofotômetro, para determinação da lignina solúvel em ácido (GOLDSCHIMID,1971). O teor de holocelulose foi obtido por diferença a partir da expressão: Holocelulose (%) = {100 - [extrativos (%) + lignina (%)]}.

3.5 ENSAIO COM TÉRMITAS DE MADEIRA SECA

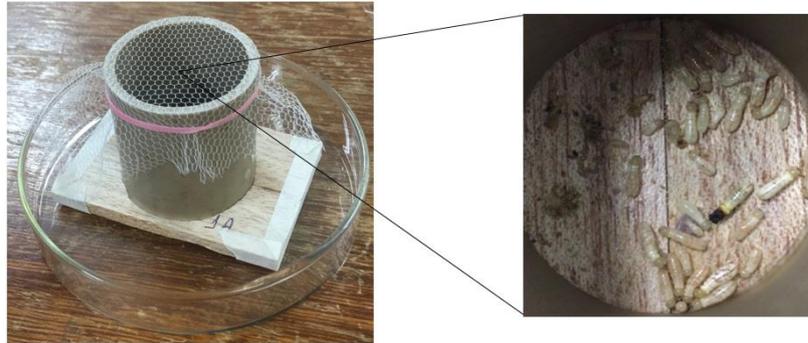
O ensaio foi realizado com térmitas de madeira seca (*Cryptotermes brevis* Walker), no Laboratório de Biodeterioração e Proteção de Madeiras - LBPM, DCFM/UFES, Jerônimo Monteiro, ES, conforme metodologia proposta pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas/Divisão de Madeira - IPT/DIMAD D - 2 (1980). Os corpos de prova foram produzidos com dimensões de 7,0 x 2,3 x 0,6 cm (longitudinal x radial x tangencial) e tratados conforme as amostras alocadas em campo (item 3.3).

O ensaio foi montado após um ano de armazenamento dos corpos de prova, com três repetições (conjuntos) para cada tratamento e espécie madeireira. Os corpos de prova foram agrupados dois a dois, e em cada conjunto foi fixado com parafina, um recipiente de policloreto de polivinila (PVC) de diâmetro igual a 3,5 cm e altura de 4,0 cm.

Dentro de cada recipiente foram inseridos 40 térmitas, sendo 39 operários e 1 soldado (proporção citada na metodologia adotada e adaptada pelo LBPM). Estes conjuntos ficaram dispostos em placa de Petri para evitar a fuga dos insetos, e

mantidos em sala climatizada (27 ± 2 °C e $65 \pm 5\%$ de umidade relativa - UR), durante 45 dias (Figura 8).

Figura 8 - Ensaio com térmitas de madeira seca (*Cryptotermes brevis* Walker)



Fonte: o autor.

Os indivíduos remanescentes foram removidos ao final do ensaio e contados novamente para determinação da porcentagem de mortalidade, número de orifícios produzidos e do desgaste causado nas amostras. Este foi avaliado por sistema de atribuição de notas, sendo 0 (nenhum desgaste), 1 (desgaste superficial), 2 (desgaste moderado), 3 (desgaste acentuado), 4 (desgaste profundo). Também foi avaliada a perda de massa produzida pelos cupins nos corpos de prova, conforme a ASTM D-2017 (2005), corrigida pela perda de massa operacional. Os danos causados nas amostras foram comparados com aqueles provocados pelos insetos em amostras de pinus, conforme indicação da metodologia e normativa utilizadas.

3.6 ENSAIOS BIOLÓGICOS COM COLEOPTEROS XILÓFAGOS EM CAMPO

3.6.1 Determinação da escala de umidade

Dentre as amostras produzidas para o ensaio de campo, foram selecionadas duas em cada tratamento e espécie, as quais foram destinadas a avaliação do teor de umidade, que foi realizado no momento de montagem das pilhas, e monitorado, pelo uso de medidor elétrico, nas avaliações mensais das mesmas.

Para aferição da umidade do material em campo foi utilizado um medidor de umidade do tipo resistivo Gann Hydromette HT65. Para determinar a escala do medidor mais apropriada ao uso na madeira das espécies de *Khaya ivorensis*, *K. senegalensis*, *K. grandifoliola*, *Toona ciliata* e *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, a umidade foi medida em todas as escalas (4) com 10 repetições aleatórias nas tábuas, que após aferição foram, imediatamente, seccionadas, pesadas e secas em estufa com circulação de ar, mantida a 103 ± 2 °C, até obtenção de massa constante. Esta determinação foi utilizada para um melhor controle do teor de umidade das madeiras em escalas adequadas (Figura 9).

Figura 9 - Medidor do tipo resistivo Gann Hydromette HT65 (A) e madeiras das espécies analisadas (B)



Fonte: o autor.

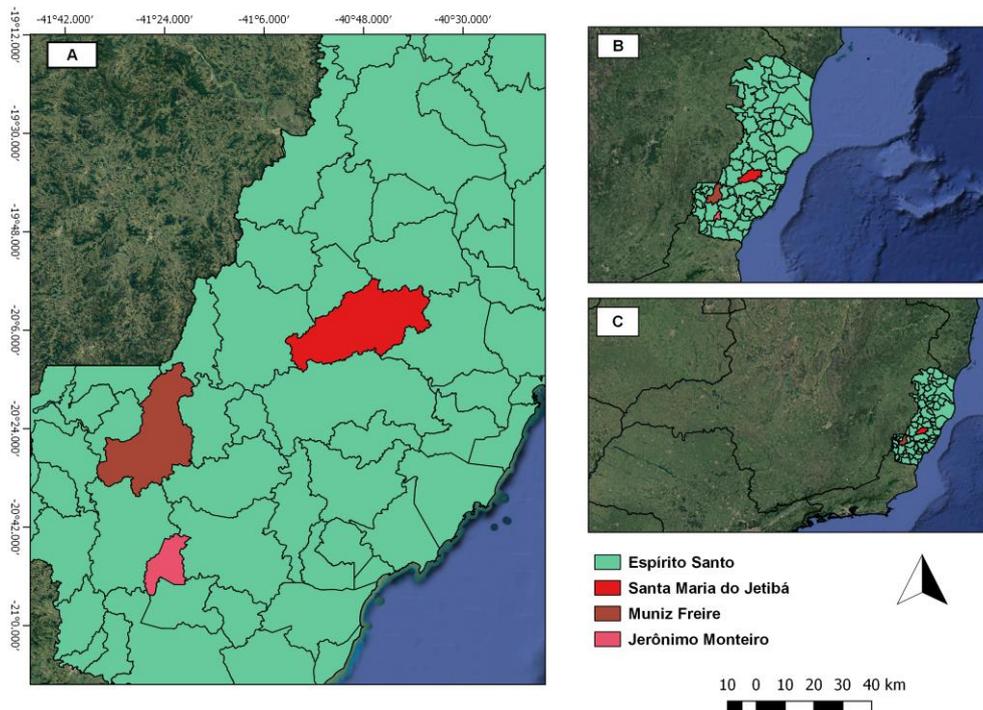
Os resultados das medições de umidade foram comparados pelo teste t de Student (pareado, $p \leq 0,05$), para comparação das médias e utilização em campo.

De acordo com os resultados obtidos entre as medições das quatro escalas de dispositivos e as do método de secagem em estufa, foi possível inferir e recomendar, preliminarmente, o uso das respectivas escalas por espécie: 2 para *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*, *Khaya senegalensis* e *Khaya grandifoliola*; 3 para *Khaya ivorensis*; e 4 para *Toona ciliata*.

3.6.2 Ensaio para identificação de coleópteros xilófagos em campo

A realização do ensaio de campo ocorreu com tábuas seccionadas às medidas de 40 x 10 x 2,3 cm (comprimento x largura x espessura). Para todas as espécies, foram montadas pequenas pilhas, semelhantes às de secagem e armazenamento em serrarias (com a presença dos tabiques de *pinus*), contendo quatro amostras (repetição) de cada espécie e tratamento em cada pilha. As pilhas do experimento foram dispostas em três locais com diferentes altitudes, precipitação pluviométrica e temperaturas médias anuais: Jerônimo Monteiro, Muniz Freire e Santa Maria de Jetibá, todos localizados no estado do Espírito Santo (Figura 10).

Figura 10 - Localização dos municípios de alocação do experimento: Jerônimo Monteiro, Muniz Freire e Santa Maria de Jetibá.



Fonte: o autor.

O município de Jerônimo Monteiro – ES tem altitude de 120 m, e segundo a classificação internacional de Köppen, o clima da região é do tipo “Cwa”, ou seja, tropical quente úmido, com inverno seco e verão quente (LIMA et al., 2008), precipitação média anual entre 1301 a 1350 mm e temperatura média anual entre 24 a 26 °C (INCAPER, 2015b). Já o município de Muniz Freire – ES, tem aproximadamente 534 m de altitude (EMBRAPA, 1990), precipitação média anual entre 1351 a 1400 mm e temperatura média anual entre 20 a 22 °C (INCAPER, 2015a; 2015b). Nessa região, segundo a classificação internacional de Köppen,

Cwb, clima temperado úmido com inverno seco e rigoroso, apresentando chuvas concentradas no verão ameno, com temperatura média do mês mais quente inferior a 22 °C

No município de Santa Maria de Jetibá – ES, o experimento foi instalado no distrito de São João do Garrafão, que apresenta altitude média de 1000 m. A precipitação média anual entre 1201-1250 mm e temperatura média anual entre 16 a 18 °C (INCAPER, 2015a; 2015b). Segundo a classificação internacional de Köppen, o clima da região é o subtropical de altitude (Cwb) semelhante ao município de Muniz Freire (EMBRAPA, 1990).

Em cada local de experimento, foram montadas pilhas de madeira a céu aberto e em local coberto (Figura 11), para verificação da existência ou não de influência destes ambientes no ataque dos insetos. O experimento foi conduzido por um período de um ano, sendo avaliado mensalmente, no primeiro ano (2018 – 2019) pela coleta dos insetos que, porventura, atacaram as madeiras, contagem de perfurações, medição da umidade e pesagem do material. As umidades relativas do ar e temperaturas médias dos locais foram aferidas por meio de um datalogger com conexão USB (modelo KR420, Akrom). Nas coletas onde foram encontrados coleópteros sobre as tábuas, estes foram coletados, acondicionados em álcool (70%), levados ao laboratório e identificados em lupa estereoscópica.

Figura 11 - Alocação das pilhas de madeira no campo à céu aberto (A) e em local coberto (B).



Fonte: o autor.

3.8 ENSAIOS DE COLORIMETRIA EM CAMPO

Para as espécies *Khaya ivorensis* e *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, foram realizadas análises da variação da cor da madeira em campo (ambiente externo) durante o período de um ano (dezembro/2018 à dezembro/2019). As tábuas de ambas as espécies, foram tratadas termicamente às temperaturas de 180 e 200 °C (item 3.3). Destas amostras, foram retiradas três repetições para cada espécie e tratamento (testemunha – sem tratamento; 180 e 200 °C).

A avaliação de cor inicial foi em todas as tábuas do experimento, anteriormente a alocação em campo. As leituras foram realizadas em 20 pontos da face tangencial (Figura 12), visando representar de forma fidedigna a cor inicial da amostra. O espectrofotômetro portátil foi utilizado seguindo os mesmos procedimentos descritos no item 3.4.1.

Figura 12 - Tábuas com pontos de avaliação de cor, expostas às intempéries nas localidades de estudo.



Fonte: o autor.

Essas amostras foram alocadas, aleatoriamente, na parte superior da pilha do experimento a céu aberto (item 3.4), perfazendo um total de 18 tábuas por localidade (duas espécies x três tratamentos x três repetições), distribuídas nos três municípios onde foi realizada a pesquisa (Jerônimo Monteiro - ES, Muniz Freire - ES e Santa Maria de Jetibá – ES). As avaliações foram repetidas em um intervalo mensal (30 ± 2 dias) durante o período de um ano (365 dias), e ao final as tábuas eram realocadas na mesma posição anterior. Desta forma, verificou-se a ação do intemperismo natural na variação da cor das tábuas de mogno africano e eucalipto submetidas a tratamento térmico e expostas as intempéries nas três localidades.

3.9 ANÁLISES E AVALIAÇÃO DOS RESULTADOS

Para todos os casos foi verificada a normalidade dos dados pelo teste de Kolmogorov–Smirnov e homogeneidade das variâncias pelo teste de C de Cochran.

3.9.1 Colorimetria da madeira antes e após os tratamentos preservativos

Para os ensaios de colorimetria antes e após os tratamentos preservativos foram avaliadas três repetições para cada espécie, em um total de 69 amostras, tendo sido realizadas 10 leituras por amostra (cinco na face radial e cinco na tangencial), totalizando 690 leituras. Foi aplicada a análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ($p \leq 0,05$), para verificação de possíveis variações provocadas pelo processo de tratamento da madeira.

3.9.2 Análises químicas da madeira

As análises químicas foram realizadas com três repetições para cada espécie e tratamento, perfazendo um total de 69 amostras, que foram analisadas por estatística descritiva, ao serem consideradas as médias aritméticas.

3.9.3 Ensaios com térmitas de madeira seca

Nos ensaios com cupins de madeira seca foram avaliados os mesmos fatores do ensaio de campo, exceto pelos locais e ambientes. Estes ensaios foram utilizados em correlações com os resultados finais dos ensaios de campo e de laboratório. Para os ensaios com cupins de madeira seca, foram utilizadas seis repetições para cada espécie e tratamento, bem como para o controle (*Pinus* sp.), em um total de 144 amostras. Às análises dos ensaios com cupins de madeira seca, foi aplicada a análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey ($p \leq 0,05$), para verificação de possíveis variações provocadas pelo processo de tratamento da

madeira. Mediante a necessidade, foram aplicadas transformações logarítmicas ou angulares aos dados do ensaio de cupins de madeira seca para permitir as análises estatísticas.

3.9.4 Ensaio de campo com coleópteros xilófagos

O experimento em campo foi realizado em delineamento inteiramente casualizado, em que as madeiras de cada espécie foram analisadas em tratamentos, com cinco níveis [controle, tratamento químico (ácido bórico e bórax) e térmico (180 e 200 °C)]; ambientes, com dois níveis (coberto e a céu aberto), com base nos resultados obtidos para ataque e grau de infestação dos insetos ao longo dos primeiros 12 meses de avaliação. Esses ensaios foram analisados de forma descritiva nos diferentes locais de alocação do experimento de campo, com três níveis (altitudes: 120, 534 e 1000m). Para os ensaios com agentes xilófagos em campo foram avaliadas quatro repetições por tratamento, ambiente e local, totalizando 552 amostras avaliadas mensalmente. Não houve comparação entre as espécies, pois são materiais com características e idades diferentes.

3.9.5 Colorimetria da madeira em campo

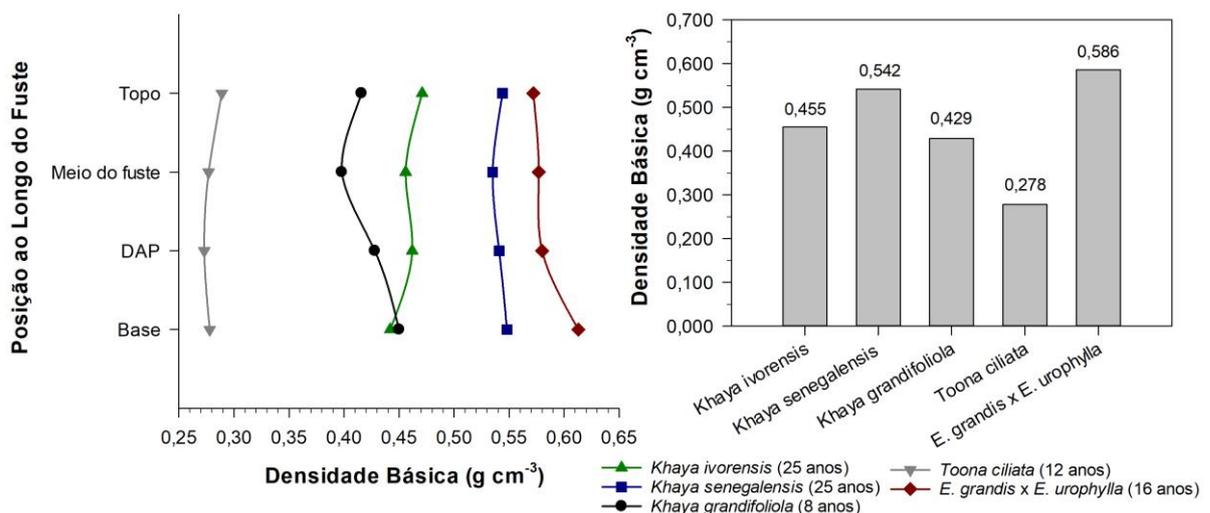
Para as análises do ensaio de colorimetria da madeira em campo das espécies *Khaya ivorensis* e *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, foram avaliadas três [controle e térmico (180 e 200 °C)] e local (3 municípios), repetições para cada espécie, tratamento [controle e térmico (180 e 200 °C)] e local (3 municípios), perfazendo um total de 54 amostras, tendo sido realizadas 20 leituras por amostra (a cada mês de exposição, durante 1 ano de avaliação), totalizando 14.040 leituras de cada parâmetro (L^* , a^* e b^*) avaliado. A estes resultados foi aplicado o teste de Scott - Knott ($p \leq 0,05$), para o agrupamento de médias, para os fatores [tratamento, local e período de avaliação (meses)] e interações detectados como significativos pelo teste de F ($p \leq 0,05$). Para a variação total da cor (ΔE^*) foi utilizada a análise de regressão.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 DENSIDADE DAS MADEIRAS ESTUDADAS

A madeira de cedro australiano apresentou a menor densidade básica, dentre todas as espécies avaliadas (Figura 13), sendo considerado ainda de baixa resistência mecânica, o que pode ser explicado pela idade das árvores (12 anos). Os mognos africanos apresentaram uma densidade média de 0,455, 0,542 e 0,429 g cm⁻³, para *K. ivorensis*, *K. senegalensis* e *K. grandifoliola*, respectivamente. Alguns autores encontraram densidades básicas médias entre 0,48 e 0,53 g.cm⁻³ para a espécie *K. ivorensis*, semelhante ao valor encontrado neste estudo (FRANÇA et al., 2015; MARIANO, 2017; LIMA, 2019).

Figura 13 – Descrição das densidades básicas médias ao longo da altura comercial das madeiras avaliadas.



Fonte: o autor.

Nota-se maior densidade básica na espécie *K. senegalensis* o que é intrínseco a genética da espécie, sendo um reflexo de sua estrutura anatômica; também possui baixo DAP (21,6 cm), o que denota o seu baixo incremento médio anual, quando comparado à *K. ivorensis*, que na mesma idade atingiu DAP de 39,6 cm, embora as duas espécies tenham tido os mesmos tratos culturais e cresceram

em área conexa. Ao estudar árvores de *K. ivorensis* e *K.*, com idade de 19 anos, França et al. (2015) encontrou valores de densidade básica similares na posição da altura comercial, e também médias de densidade básica maiores para *K. senegalensis*, em relação a *K. ivorensis*, ao longo da altura comercial do tronco.

A espécie *K. grandifoliola*, embora jovem (8 anos), apresentou densidade semelhante aos mognos de idade adulta, o que indica possibilidades de uso da madeira para diversos fins, e a obtenção de uma madeira mais densa, na idade adulta (o que necessita de estudos para verificar tal correlação). Além disso, permite uma maior rotatividade nos plantios, acarretando maior lucratividade, uma vez que evita-se um prolongamento de plantio desnecessário.

Para *Toona ciliata*, os valores de densidade média foram abaixo dos encontrados por Sá et al. (2010), que, ao analisar árvores de cedro australiano de 18 anos de idade, obteve densidade básica média de 0,324 g/cm³. Isto poderia ser explicado pela maior idade do plantio, contudo, os mesmos autores encontraram valores entre 0,285 e 0,320 g/cm³ de densidade básica para árvores de cedro australiano com 4 anos de idade. Estes valores corroboram os resultados de Ribeiro et al. (2011), que encontraram valores médios entre 0,285 e 0,310 g/cm³ de densidade básica também em árvores de cedro de 4 anos de idade. A baixa densidade do presente material, pode ter ocorrido devido à falta de alguns tratamentos culturais durante o processo de cultivo.

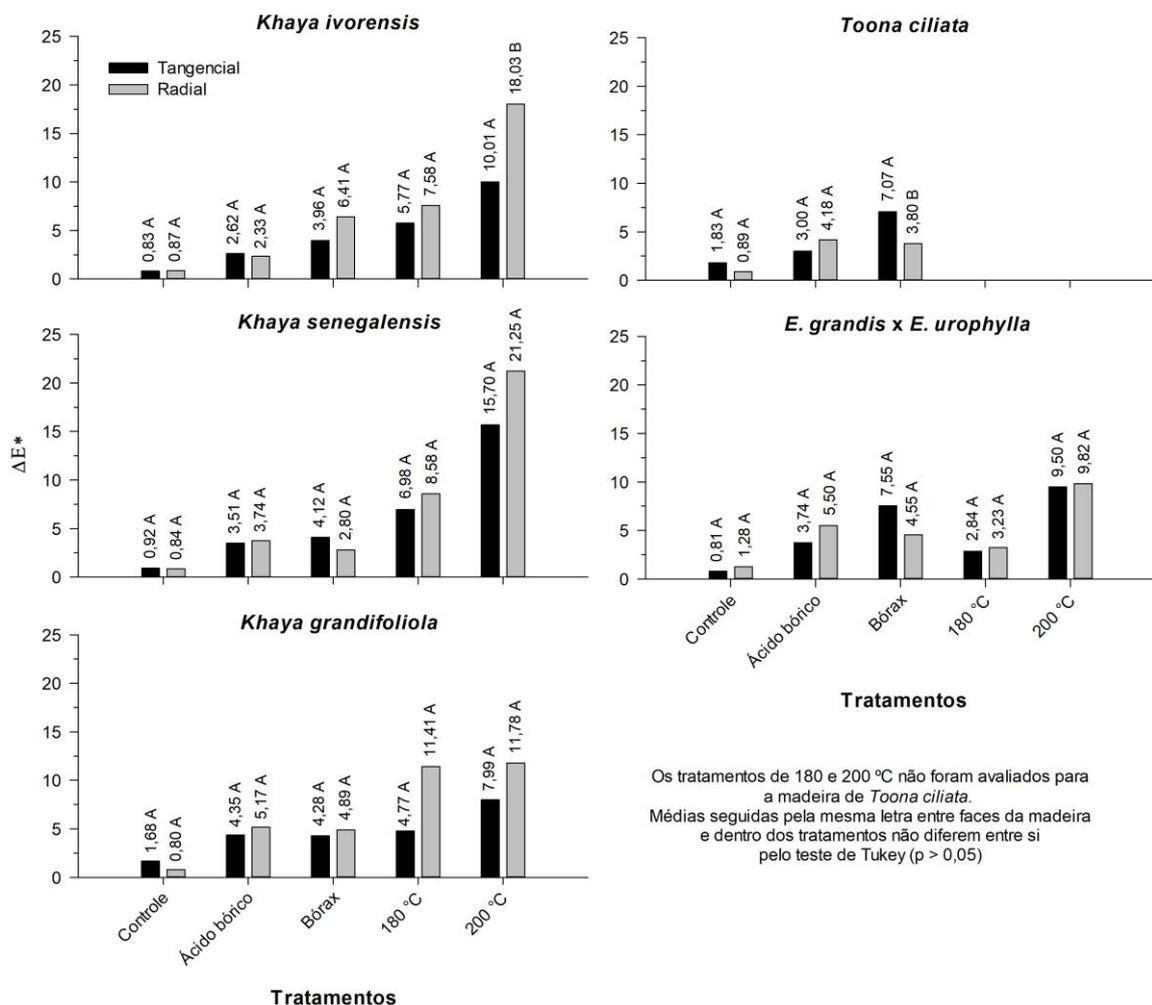
A madeira de eucalipto apresentou os maiores valores para densidade básica, sendo 0,586 g/cm³. Ao avaliar a madeira de cinco híbridos de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*, com 2,25 anos de idade, foram encontradas densidades básicas médias entre 0,429 e 0,471 g/cm³, evidenciando assim o potencial destes materiais genéticos resultantes destes cruzamentos (HSING; PAULA; PAULA, 2016).

4.2 ENSAIOS FÍSICO-QUÍMICOS EM LABORATÓRIO

4.2.1 Colorimetria antes e após os tratamentos

Para a maioria das madeiras das espécies em estudo, não houve diferença significativa na variação total das cores nas faces tangencial e radial (Figura 14), exceto para as espécies *K. ivorensis* e *T. ciliata*, nas quais a variação de cor foi significativamente diferente no tratamento térmico a 200 °C para o mogno africano, e boráx para o cedro australiano. De acordo com estes resultados determinou-se que as leituras em campo seriam feitas apenas na face tangencial, uma vez que não apresentaram diferenças significativas entre as faces para a maioria das espécies e tratamentos, otimizando assim as avaliações em campo.

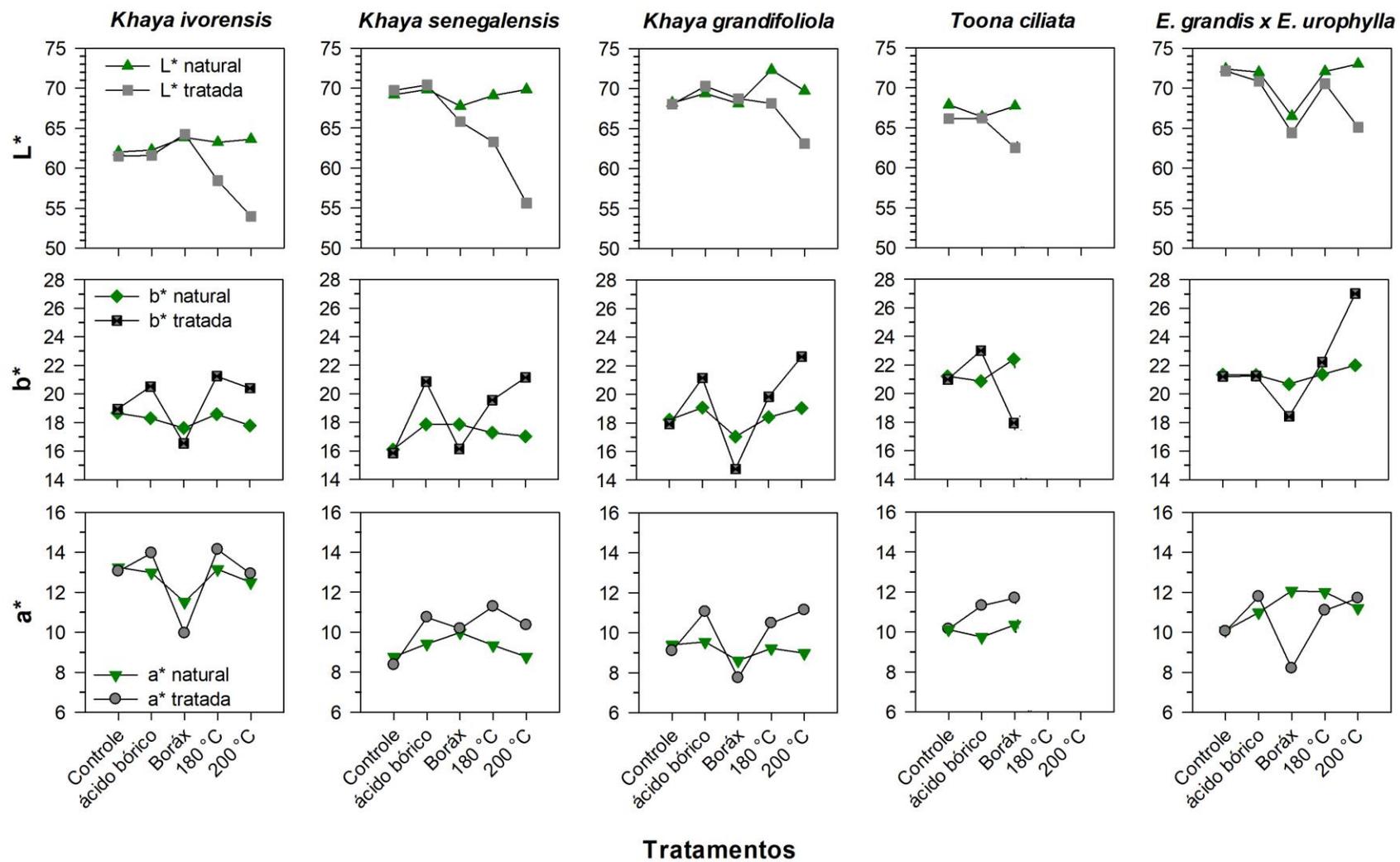
Figura 14 – Variação total da cor (ΔE^*) das madeiras das espécies para os tratamentos e as faces tangencial e radial.



Fonte: o autor.

Na figura 15 constam as médias dos parâmetros colorimétricos (L^* , a^* e b^*), para a face tangencial das madeiras estudadas (antes e após os tratamentos).

Figura 15 – Parâmetros colorimétricos (L^* , a^* e b^*) da madeira para a face tangencial para cada condição (antes e após dos tratamentos) e espécie.



Fonte: o autor.

Os mognos africanos apresentaram maiores variações totais da cor entre as faces radial e tangencial para o tratamento a 200 °C, contudo, houve diferença significativa somente pra a espécie *K. ivorensis*, com maior variação na face radial. De acordo com a classificação de Stangerlim (2012), todas as variações de cor das madeiras tratadas a 200 °C foram consideradas muito perceptíveis, com exceção do cedro, que foi somente perceptível.

Em relação a variação total da cor verificada entre as faces, Martins et al. (2015) ao avaliarem clones de *Eucalyptus* spp., com aproximadamente 8 anos de idade, afirmam que o plano radial apresenta valor de L* em torno de 2% maior que o plano tangencial, no entanto, essa diferença é muito pequena não sendo distinguível a olho nu. De acordo com Paula et al. (2016), a uniformidade da cor da madeira entre as faces tangencial e radial é interessante sob o ponto de vista prático, pois no momento do desdobro, tanto uma face, quanto a outra das peças terão cores similares, logo, a indústria terá maior liberdade nas decisões, podendo optar pelo desdobro com melhor desempenho operacional, uma vez que, há prioridade no sistema de desdobro tangencial em maior proporção em relação ao radial, por causa do seu maior rendimento em madeira serrada e eficiência operacional.

Em todas as espécies, foi observado um padrão de redução no parâmetro L* da madeira para os tratamentos térmicos, ou seja, quanto a luminosidade há uma tendência de escurecimento quando estes são aplicados. Somente para o cedro australiano, houve um escurecimento para o tratamento com bórax. Estudos com madeira de *Eucalyptus grandis* também evidenciaram que, a claridade diminui, a medida em que o processo de tratamento térmico se intensifica, ou seja, ocorre um escurecimento da madeira, e afirmou que a temperatura se mostrou mais efetiva na redução da claridade do que o tempo de duração do processo (ZANÚNCIO; FARIAS; SILVEIRA, 2014).

Para a coordenada a* [verde (-) a vermelho (+)] nota-se que o bórax diminuiu a intensidade do vermelho para todos os tratamentos, exceto para o cedro australiano, em que contribui com uma leve acentuação na tonalidade vermelha. Todos os tratamentos térmicos contribuíram para aumentar a coordenada a*, o que é um resultado muito interessante, sobretudo para as madeiras de mogno africano, que são muito requeridas por sua tonalidade. Quando são observadas as tendências da coordenada b* [azul (-) a amarelo (+)], é notório que os tratamentos térmicos

demonstram um aumento para estes valores, ou seja, para tonalidades mais amarelas.

A tabela 2 descreve a variação de cores de acordo com a classificação de Camargos e González (2001), evidenciando as tonalidades antes e depois dos tratamentos aplicados a madeira de cada espécie.

Tabela 2 – Variação de tonalidade das madeiras avaliadas antes e após os tratamentos.

Tratamentos	Antes	Depois
<i>Khaya grandifoliola</i>		
Testemunha	Rosa-acinzentado	Rosa-acinzentado
Ácido Bórico	Rosa-acinzentado	Rosa-acinzentado
Bórax	Rosa-acinzentado	Rosa-acinzentado
180 °C	Rosa-acinzentado	Rosa-acinzentado
200 °C	Rosa-acinzentado	Marrom-oliva
<i>Toona ciliata</i>		
Testemunha	Rosa-acinzentado	Rosa-acinzentado
Ácido Bórico	Rosa-acinzentado	Rosa
Bórax	Rosa-acinzentado	Rosa
<i>Khaya senegalensis</i>		
Testemunha	Rosa-acinzentado	Rosa-acinzentado
Ácido Bórico	Rosa-acinzentado	Rosa-acinzentado
Bórax	Rosa-acinzentado	Rosa-acinzentado
180 °C	Rosa-acinzentado	Rosa
200 °C	Rosa-acinzentado	Rosa-acinzentado
<i>Khaya ivorensis</i>		
Testemunha	Rosa	Rosa
Ácido Bórico	Rosa	Rosa
Bórax	Rosa	Rosa-acinzentado
180 °C	Rosa	Rosa
200 °C	Rosa	Marrom-claro
<i>Eucalyptus grandis x E. urophylla</i>		
Testemunha	Rosa-acinzentado	Rosa-acinzentado
Ácido Bórico	Rosa-acinzentado	Rosa-acinzentado
Bórax	Rosa	Cinza-rosado
180 °C	Rosa-acinzentado	Rosa-acinzentado
200 °C	Rosa-acinzentado	Marrom-oliva

Fonte: o autor (adaptado de CAMARGOS; GONÇALEZ, 2001).

Para a quase totalidade dos tratamentos não ocorreram variações que alterassem de forma visual a tonalidade das madeiras, contudo, os tratamentos térmicos a 200 °C tendem a tornar as madeiras mais escuras, tendendo as tonalidade marrons, o que não seria interessante do ponto de vista comercial para espécies como os mognos-africanos que são característicos por apresentarem coloração avermelhada.

A variação na cor das madeiras é um indicativo importante, uma vez que, madeiras nobres são requeridas por sua resistência, mas também por suas cores. Tratamentos que envolvam altas variações, de modo a modificar a cor do material, tendem a ser pouco aceitos. No entanto, tratamentos que tendem a uniformizar e/ou acentuar as cores requeridas, possivelmente serão melhor aceitos pelo consumidor final do produto madeireiro, sobretudo se estiver associado a resistência do material.

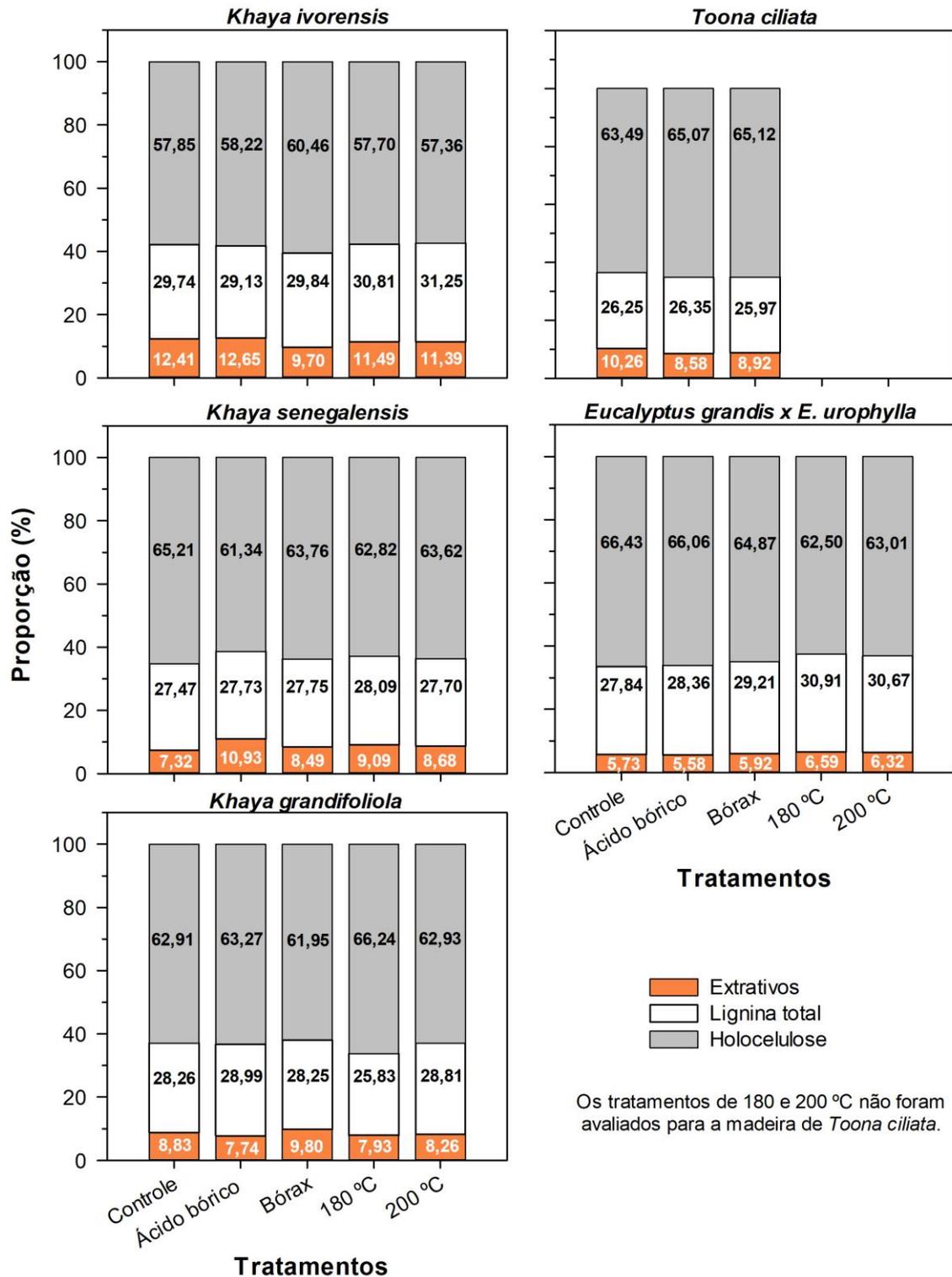
Os resultados sugerem um escurecimento e maiores valores de a^* (vermelho), sendo isso vantajoso, sobretudo para espécies de eucalipto e mogno africano. Isso também ocorreu para a coordenada b^* (amarelo), principalmente para o tratamento térmico a 200 °C. Estes resultados são diferentes do que foi observado por Pertuzzatti et al. (2016), que ao estudarem madeiras de eucalipto (*E. cloeziana*) com 21 anos de idade, relataram um decréscimo nas duas coordenadas colorimétricas após tratamentos térmicos (125 e 165 °C).

4.2.2 Composição química das madeiras estudadas após os tratamentos

Pela verificação dos teores de lignina, extrativos e holocelulose para cada tratamento e espécie, pode-se inferir que não há grandes variações dentro da mesma espécie, mesmo com a aplicação dos diferentes tratamentos. Contudo, entre as espécies há maiores variações, o que já era esperado em função da diferença intrínseca e variabilidade da madeira.

A madeira com maior teor de extrativos totais foi a *K. ivorensis*, e a de menor teor foi o eucalipto (Figura 16). As demais espécies tiveram teores de extrativos similares. Moore et al. (2015), afirmaram que os teores de extrativos estão diretamente relacionados à durabilidade natural da madeira ao ataque de agentes xilófagos, principalmente aos constituídos de compostos tóxicos, com características antioxidantes e antifúngicas. Este fator é relevante para o uso das madeiras, uma vez que, madeiras com maior durabilidade natural podem ser utilizadas até mesmo *in natura*, e por outro lado, há a possibilidade de tratar madeiras de menor durabilidade natural para que estas estejam aptas a usos diversos.

Figura 16 – Teores de lignina, extrativos e holocelulose para as variáveis tratamento nas madeiras estudadas.



Fonte: o autor.

Segundo Hiller et al. (1972), o teor de extrativos está correlacionado com a coloração avermelhada (coordenada a^*) e com a luminosidade (coordenada L^*), o que fica evidenciado nas espécies de mogno africano, principalmente a *K. ivorensis*,

que apresentou coloração vermelha acentuada. A composição química pode influenciar na indicação de usos da madeira, uma vez que, madeiras com maior teor de extrativos tendem a ter maior durabilidade, sendo indicadas para móveis e ambientes externos, por exemplo. Já as madeiras com maior teor de celulose podem ser amplamente utilizadas por empresas de produção de papel.

Os teores de lignina apresentaram variações entre 25,97 (cedro australiano) e 31,25% (*K. ivorensis*), o que ocorre em função das diferentes espécies, idades e sítios das madeiras estudadas. O cedro australiano apresentou menores teores de lignina, em relação às demais espécies.

Para holocelulose todas as espécies madeireiras apresentaram teores similares. Santos et al. (2020) ao estudar madeiras de *Khaya ivorensis* de 10 anos de idade, encontrou teores médios de 6,35% de extrativos (etanol/tolueno) e 30,29% de lignina, isso evidencia o processo de cernificação que ocorre com a madeira, pois a *K. ivorensis* do presente estudo (25 anos) apresentou quase o dobro do teor de extrativos em relação ao estudo mencionado.

Os resultados para holocelulose e lignina para o eucalipto são um pouco maiores, em relação aos encontrados em clones de híbridos de *Eucalyptus* de 14 anos de idade, avaliados por Silva (2018), que apresentaram em média 57% de holocelulose e 28,5% de lignina, o que pode ser por consequência da diferença de idade entre as árvores, já que a madeira deste estudo tem idade de 16 anos, e principalmente, pelas posições amostradas na árvore. Uma vez que, Silva (2018) avaliou somente a madeira *in natura* proveniente da primeira tora (4,2 m), e nesta pesquisa, a amostragem foi ao longo do tronco. Em estudos com madeira de *Eucalyptus grandis* de diferentes idades (10, 14, 20 e 25 anos) foi observado que há uma tendência de aumento no teor de extrativos e lignina da madeira a medida em que aumenta a idade do material, tendendo a estabilização entre 20 e 25 anos (SILVA et al., 2005).

4.3 ENSAIO COM TÉRMITAS DE MADEIRA SECA

Os resultados médios do ensaio de resistência a térmitas de madeira seca estão descritos na tabela 3.

Tabela 3 - Resistência da madeira de espécies estudadas à térmitas de madeira seca

<i>Khaya ivorensis</i>				
Tratamentos	Perda de massa (%)	Mortalidade (%)	Desgaste (Nota)	Número de orifícios
Controle	0,42 b	52,50 c	1,33 b	0,33 b
Ácido bórico	0,22 b	59,17 b	1,00 b	0,00 a
Bórax	0,04 b	79,17 a	1,00 b	0,00 a
180 °C	0,23 b	64,17 b	1,00 b	0,00 a
200 °C	0,42 b	46,67 c	1,33 b	0,33 b
<i>Pinus sp.</i>	1,05 a	28,33 d	2,67 a	1,33 a
<i>Khaya senegalensis</i>				
Tratamentos	Perda de massa (%)	Mortalidade (%)	Desgaste (Nota)	Número de orifícios
Controle	0,44 a	64,17 a	1,33 a	0,33 d
Ácido bórico	0,11 b	73,33 a	1,00 a	0,00 e
Bórax	0,06 b	66,67 a	1,00 a	0,00 e
180 °C	0,66 a	52,50 a	1,67 a	0,67 c
200 °C	1,14 a	73,33 a	2,00 a	1,00 b
<i>Pinus sp.</i>	1,05 a	28,33 b	2,67 a	1,33 a
<i>Khaya grandifoliola</i>				
Tratamentos	Perda de massa (%)	Mortalidade (%)	Desgaste (Nota)	Número de orifícios
Controle	0,75 a	51,67 a	2,00 b	0,33 b
Ácido bórico	0,22 b	60,00 a	1,33 c	0,00 c
Bórax	0,31 b	53,33 a	1,67 c	0,33 b
180 °C	0,14 b	59,17 a	1,00 d	0,00 c
200 °C	0,06 b	50,83 a	1,00 d	0,00 c
<i>Pinus sp.</i>	1,05 a	28,33 b	2,67 a	1,33 a
<i>Toona ciliata</i>				
Tratamentos	Perda de massa (%)	Mortalidade (%)	Desgaste (Nota)	Número de orifícios
Controle	2,19 a	61,67 a	3,33 a	1,00 b
Ácido bórico	0,89 a	48,33 b	2,00 b	1,00 b
Bórax	1,18 a	63,33 a	2,33 b	0,67 c
<i>Pinus sp.</i>	1,05 a	28,33 c	2,67 a	1,33 a
<i>Eucalyptus grandis x E. urophylla</i>				
Tratamentos	Perda de massa (%)	Mortalidade (%)	Desgaste (Nota)	Número de orifícios
Controle	1,32 a	70,83 b	2,33 a	1,00 b
Ácido bórico	0,27 b	81,67 b	1,00 b	0,00 c
Bórax	0,16 b	92,50 a	1,00 b	0,00 c
180 °C	0,76 a	45,00 c	1,67 a	0,00 c
200 °C	0,87 a	53,33 c	2,00 a	0,33 c
<i>Pinus sp.</i>	1,05 a	28,33 d	2,67 a	1,33 a

As médias seguidas pela mesma letra, minúscula na coluna, dentro de uma mesma espécie, não diferem entre si, pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

As médias referentes ao ensaio de resistência a cupins de madeira seca [perda de massa (%), mortalidade (%), desgaste e número de orifícios] para as madeiras avaliadas, são sempre comparados com a espécie *Pinus* sp., por ser considerada de baixa resistência natural a essa classe de agentes xilófagos. Para todas as espécies houve redução na porcentagem de perda de massa, aumento da mortalidade das térmitas, menor desgaste e número de orifícios, quando a madeira foi submetida a algum dos tratamentos, mesmo após um ano do tratamento das mesmas.

O eucalipto e o cedro australiano tiveram os maiores desgastes (Figura 17), contudo, os tratamentos (químicos e térmicos) foram eficientes em aumentar sua resistência a térmitas xilófagos. Os resultados de mortalidade e desgaste para o *Pinus* foram maiores do que nas espécies estudadas, diferindo dos resultados encontrados por Medeiros Neto (2017) para cupins de madeira seca.

As espécies *K. ivorensis* e *K. senegalensis* apresentaram uma maior durabilidade natural (principalmente a primeira), sendo superior ao *Pinus*, até mesmo sem tratamento na madeira; o que pode ter ocorrido pela maior idade da madeira (25 anos), uma vez que, geralmente, ocorre o processo de cernificação, logo um aumento no teor de extrativos. Já *K. grandifoliola* foi resistente às térmitas, sobretudo quando tratada, o que é um resultado satisfatório, considerando ser uma madeira jovem (8 anos).

Figura 17 – Madeiras mais atacadas por térmitas de madeira seca (*Cryptotermes brevis*) ao final do ensaio. A – Madeira de *Khaya senegalensis*; B – Madeira de *Toona ciliata*; C – Madeira de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*; D – Madeira de *Pinus* sp.



Fonte: o autor.

Os tratamentos químicos (ácido bórico e bórax) foram eficientes em reduzir a perda de massa e aumentar a mortalidade das térmitas em todas as espécies, tornando a madeira mais resistente, sobretudo quando comparado ao controle (testemunha) e a amostra de *Pinus*. Este resultado se deve ao poder inseticida de compostos a base de boro, que, ao serem aplicados na madeira, são capazes de torná-la resistente ao ataque de fungos e insetos (MENDES; ALVES, 1988).

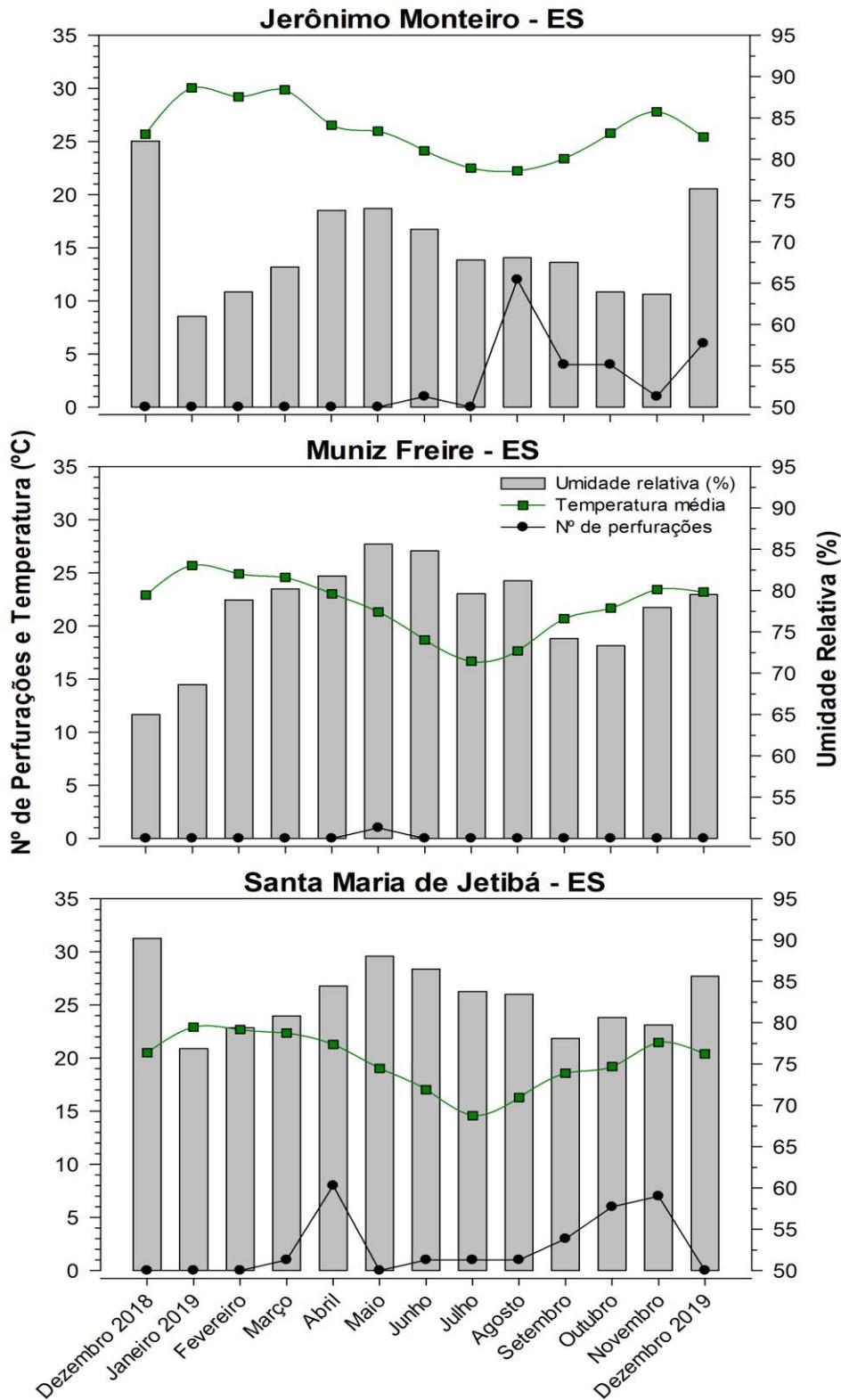
Os resultados de perda de massa e mortalidade de *K. ivorensis*, corroboram com os resultados encontrados por Lima (2019), em que houve melhores resultados com o tratamento térmico a 180°C, se comparado ao de 200°C. No entanto, para as demais espécies de mogno africano, bem como para o eucalipto, os valores foram estatisticamente iguais para ambos os tratamentos. Os cupins da espécie *Cryptotermes brevis* instalam suas colônias em peças de madeira com teor de umidade entre 10 e 12% (MENDES; ALVES, 1988), logo, percebe-se a necessidade de um mínimo de umidade para o seu desenvolvimento, ou seja, em madeiras tratadas termicamente a higroscopicidade é reduzida, devido a modificação química decorrente do processo, o que pode acarretar uma maior dificuldade durante o ataque destes insetos (BRITO, 2015).

O eucalipto também teve um aumento na resistência quando tratado, reduzindo significativamente sua perda de massa e desgaste. Para a madeira sem tratamento, Silva (2018) encontrou resultados semelhantes ao analisar clones de eucalipto. Estes resultados diferem dos encontrados por Batista et al. (2016), que, encontraram mortalidade superior (77,25%) em madeiras *E. grandis* com 18 anos sem tratamento.

4.4 ENSAIOS BIOLÓGICOS COM COLEOPTEROS XILÓFAGOS EM CAMPO

Os municípios onde foram alocados os experimentos também apresentam climas distintos com grandes variações de temperatura e umidade ao longo do ano, como demonstrado na figura 18, bem como a incidência de insetos nos três municípios apresentou diferentes comportamentos (Figura 19).

Figura 18 – Variações médias incidência de perfurações, temperatura (°C) e umidade relativa (%) nas localidades de Jerônimo Monteiro, Muniz Freire e Santa Maria de Jetibá, em 2019.

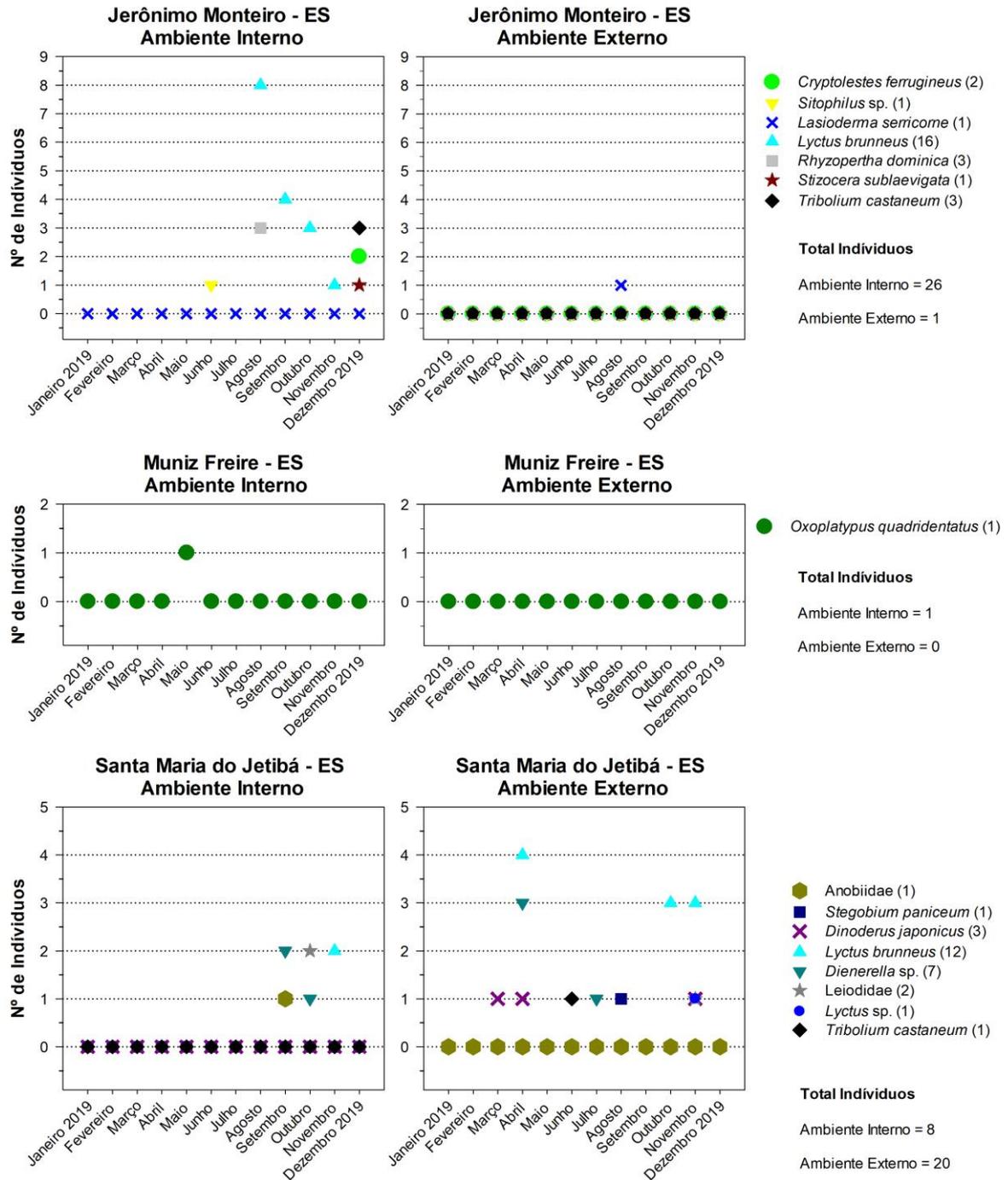


Fonte: Termohigrômetro Akrom (2019). T: temperatura; UR: Umidade relativa.

Durante a alocação do experimento, em dezembro de 2018, ocorreram muitas e frequentes chuvas em todos os municípios onde o experimento foi alocado. A

incidência e diversidade de coleópteros nas madeiras em estudo está descrita na figura 19. Estes foram encontrados nas superfícies das tábuas, durante os dias de coleta de dados em campo. Os dados são uma média daqueles encontrados nos ambientes cobertos ou a céu aberto para cada município.

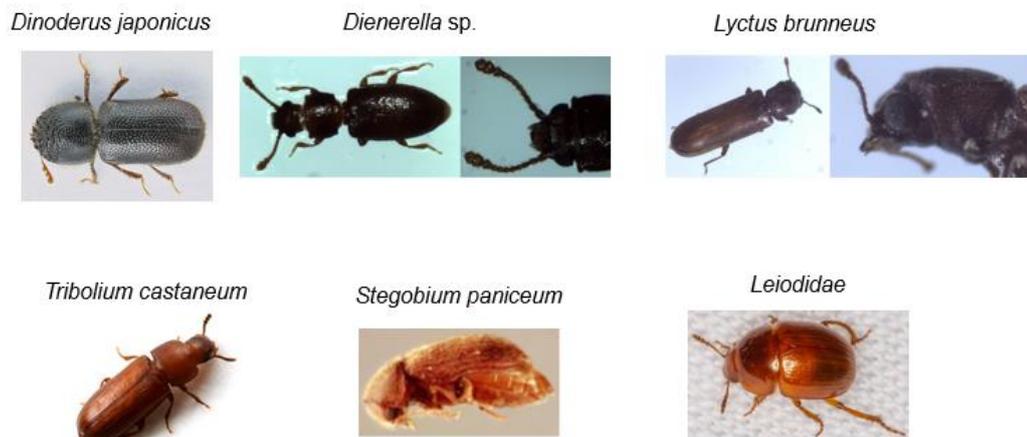
Figura 19 – Número de indivíduos coletados por espécie em cada ambiente (A1 – interno; A2 – externo) e município (2019).



Fonte: o autor.

Logo após a alocação, seguiu-se um mês de janeiro bastante seco, com chuvas esparsas e raras somente no município de Muniz Freire. No mês de fevereiro, as madeiras de cedro e eucalipto já começaram a apresentar pequenas rachaduras, em todos os municípios nos ambientes a céu aberto. Esse mês teve a ocorrência de chuvas em todos os municípios. O clima do mês de março foi similar ao de fevereiro, para todas as localidades, havendo a incidência de um coleóptero da espécie *Dinoderus japonicus* (Figura 20) entre as pilhas do ambiente a céu aberto em Santa Maria de Jetibá.

Figura 20 – Coleopteros encontrados no experimento alocado em Santa Maria de Jetibá (2019)



Fonte: Faroni; Souza (2006); Olli Pihlajamaa (2013); Bieńkowski; Orlova-Bienkowskaja (2017); o autor.

Para o mês de abril houve uma redução na temperatura, aumento na umidade, e aumento na frequência das chuvas. Também iniciaram as maiores ocorrências de coleópteros no município de Santa Maria de Jetibá, com um exemplar da espécie *Dinoderus japonicus*, três de *Dienerella* sp. e quatro exemplares de *Lyctus brunneus*, todos em ambiente externo (Figura 20). Nesse mesmo mês, duas amostras de *K. senegalensis* apresentaram um leve encurvamento mesmo no ambiente coberto.

O mês de maio seguiu com quedas de temperatura, sobretudo nos municípios de Muniz Freire e Santa Maria de Jetibá, que apresentaram médias em torno de 20°C, com ocorrência de chuvas esparsas ao longo do mês. Em Muniz Freire foi registrada uma única ocorrência em toda a coleta, em ambiente interno, sendo um exemplar de *Oxoplatypus quadridentatus* (Figura 21).

Figura 21 – Coleopteros encontrados no experimento alocado em Muniz Freire (2019).

Oxoplatypus quadridentatus



Fonte: Gary Griswold (2014); Thomas Atkinson (2019).

Em junho houve uma queda de temperatura até mesmo para a localidade de Jerônimo Monteiro, onde também houve a incidência de *Sitophilus* sp. (Figura 22) em ambiente interno. Todos os municípios ainda mantiveram suas medias de umidade em níveis mais elevados devido as chuvas que ocorreram, e em Santa Maria houve a coleta de um exemplar de *Tribolium castaneum* (Figura 20), em ambiente externo.

Figura 22 – Coleopteros encontrados no experimento alocado em Jerônimo Monteiro (2019).



Fonte: Faroni e Souza (2006); Sarefo (2007); Monné, Monné e Mermudes (2009); UK Beetle Recording (2017); Ukrbin (2017); Borowski e Węgrzynowicz (2019); o autor.

O mês de julho já registrou uma redução na temperaturas e umidades para todos os municípios. Agosto foi um mês com leve aumento na umidade dos municípios de Muniz Freire e Jerônimo Monteiro, onde ocorreram algumas chuvas. Além disto, em Jerônimo Monteiro apresentou maior incidência de coleópteros nas pilhas de madeiras. Sendo, oito exemplares de *Lyctus brunneus* e três exemplares de *Rhizophorthera dominica*, ambos em ambiente interno. Já em ambiente externo foi encontrado um exemplar de *Lasioderma serricorne* (Figura 22). Também em ambiente externo, em Santa Maria de Jetibá, foi coletado um exemplar de

Stegobium paniceum (Figura 20). Houve a ocorrência de mais um exemplar de *Dienerella* sp., como na primeira ocorrência, em ambiente externo.

O mês de setembro, para todas as localidades, foi um mês de altas temperaturas e bastante seco. Até mesmo o município de Muniz Freire registrou um pico de 40°C de temperatura, o que é muito incomum para a região. No município de Jerônimo Monteiro foram registradas quatro ocorrências de *Lyctus brunneus*, em ambiente interno (Figura 22). Também em ambiente interno foram encontradas duas espécimes de *Dienerella* sp. e um de Anobiidae, no município de Santa Maria de Jetibá (Figura 20).

Ao final do mês de setembro e início de outubro, ocorreram poucas chuvas, que podem ser evidenciadas no leve aumento da umidade em algumas das localidades. Em Jerônimo Monteiro novamente ocorreram espécimes de *Lyctus brunneus*, em um total de três em ambiente interno. Estes também ocorreram em Santa Maria de Jetibá, mas em ambiente externo, num total de três exemplares; além de serem coletados em ambiente coberto, mais um exemplar de *Dienerella* sp. e duas espécimes de Leiodidae, um macho e uma fêmea em cópula (Figura 20).

No mês de novembro ocorreram três semanas ininterruptas de fortes chuvas em todos os municípios estudados, bem como na maioria do estado do Espírito Santo. Novamente foi encontrado um exemplar de *Lyctus brunneus*, em ambiente interno de Jerônimo Monteiro, e dois exemplares em ambiente interno de Santa Maria de Jetibá. Neste local, em ambiente a céu aberto, também foram registradas um exemplar da espécie *Dinoderus japonicus*, um de *Lyctus* sp. e três de *L. brunneus*. Em dezembro houve intercalações entre sol e muitas chuvas durante todo o mês, para todas as cidades em estudo. Somente no município de Jerônimo Monteiro, em ambiente interno, é que foram registradas as ocorrências de coleópteros, sendo dois exemplares de *Cryptolestes ferrugineus*, um espécime de *Stizocera sublaevigata* e três de *Tribolium castaneum* (Figura 22).

Durante as coletas de material em campo, bem como algumas visitas, foram registradas as ocorrências de alguns coleópteros entre produto processados de madeira, sendo em Jerônimo Monteiro registrados um espécime de *Xylothrips* sp. (Figura 22), diversos exemplares de *Lyctus brunneus* em madeira de *K. grandifoliola*, sendo o registro de *Lyctus* em diversas situações, como, em madeiras de *Eucalyptus* sp., *Pinus* sp., restos de madeira de mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla*) e painéis compostos de paricá (*Schizolbium amazonicum*), e também,

diversas larvas de Scolytinae sob a casca de troncos recém colhidos de angico preto (*Anadenanthera peregrina*) (Figura 23).

Figura 23 – Detalhe de vestígios de ataque de coleópteros Scolytinae (Curculionidae) e *Stizocera sublaevigata* (Cerambycidae) em toretes de angico preto (*Anadenanthera peregrina*).



Fonte: o autor.

Também foram encontrados um exemplar de *Dinoderus minutus*, 35 de *Lyctus brunneus* e um *Leoididae*, no município de Venda Nova do Imigrante - ES, entre os anos de 2016 e 2019, todos em madeiras de eucaliptos, sendo somente *Lyctus* encontrado no exterior e interior das peças. Também em Araçuaí – MG, em março de 2018, foram encontrados um espécime de *Lyctus brunneus* e 56 de *Xylothrips* sp., em tábuas serradas de *K. grandifoliola* que foram cortadas e serradas há cinco meses.

As espécies *Lyctus brunneus* e *Dinoderus japonicus* já são espécies reconhecidas como importantes pragas de madeira serrada, sendo espécies da família Bostrichidae, que tem grande notoriedade dentre os insetos xilófagos (PENTEADO et al., 2009).

Rhyzopertha dominica e *Xylothrips* sp. também pertencem à mesma família. *R. dominica*, que tem grande destaque como praga primária de grãos de trigo, causando grandes prejuízos. Os besouros adultos medem entre 2,2 a 2,8 mm, e seu ciclo de vida é de 60 dias e varia de acordo com a umidade, temperatura e qualidade do alimento (LORINI, 2015). O adulto de *Xylothrips* sp. tem entre 5,2 e 7,7 mm de comprimento (PARK; LEE; HONG, 2015).

A ocorrência de *Tribolium castaneum* é bastante comum em grãos armazenados, sendo considerada uma praga secundária, contudo, Athié e Paula (2002), afirmaram que a espécie também pode atacar raízes de gengibre,

especiarias, medicamentos, leite em pó, frutos secos e madeira em estado de putrefação nas cascas de árvores.

Os componentes da família anobiidae também tem amplo reconhecimento como deterioradores de madeira e livros, podendo atacar peças com umidade muito baixa, sendo também importantes pragas de grãos armazenados. *Lasioderma serricorne* se alimenta de produtos secos armazenados, seu comprimento varia de 2 a 4 mm e seu ciclo de vida dura entre 30 a 90 dias (LORINI, 2012). *Stegobium paniceum* entre 2 e 2,5 mm e seu ciclo de vida dura de 60 a 90 dias (HILL, 1990).

A espécie *Cryptolestes ferrugineus* também é considerada uma praga secundária de grãos armazenados, tendo grande potencial de reprodução e alta tolerância a alguns inseticidas (LORINI et al., 2015). Além disso, é uma praga infestante de estruturas de armazenamento como moegas, máquinas de limpeza, elevadores, secadores, túneis, fundos de silos e caixas de expedição (LORINI, 2012). O adulto tem, em média, 2,5 mm de comprimento, e seu ciclo varia de 17 a 100 dias de acordo com a temperatura e umidade (LORINI, 2008).

Dienerella sp. pode medir entre 1,0 e 3,0 mm, pertencente à família Latridiidae, que comumente é associada a presença de mofo, uma vez que tem o hábito alimentar-se de esporos e hifas de fungos, podendo ser encontrados em produtos apodrecidos, cascas de árvores e madeira (RAFAEL et al., 2012). Leoididae é uma família que possui indivíduos entre 1 e 8 mm, que se alimentam de matéria orgânica em decomposição, podendo ser encontrados em uma grande variedade de habitats, principalmente áreas florestadas (RAFAEL et al., 2012).

Oxoplatypus quadridentatus pertence à família Curculionidae, subfamília Platypodinae. Esta subfamília também é de destaque como xilófagos. São broqueadores de madeira, alimentando-se do fungo que forra os túneis, sendo denominados besouros da ambrosia (RAFAEL et al., 2012). *Sitophilus* sp. também pertencente à família Curculionidae, em um importante complexo de pragas primárias de grãos armazenados. Seu ciclo evolutivo é de apenas 35 dias, os adultos vivem entre 4 e 12 meses, e a fêmea continua a ovipositar até a morte.

A família Cerambycidae também tem grande importância no setor florestal, sendo um problema em diversas fases da produção madeireira. Além do hábito de serrar plantas e madeira, pode se desenvolver sob a casca, consumindo a madeira logo após o abate. Dentro desta família, está a espécie *Stizocera sublaevigata*.

Como já citado, as espécimes coletadas estavam em partes externas das tábuas do experimento. No entanto, durante o ano, foram identificadas também, perfurações nas tábuas do experimento em campo (Figura 18), características do ataque de coleópteros. Quanto às perfurações nas tábuas, foram descritas por espécie e tempo, para melhor compreensão de sua ocorrência.

A espécie *Khaya ivorensis* não apresentou perfurações no município de Jerônimo Monteiro, em quaisquer ambientes. No município de Muniz Freire, no entanto, foi registrada uma perfuração no tratamento controle, no mês de abril, para o ambiente externo. No município de Santa Maria de Jetibá, foi registrada uma perfuração no mês de julho para o tratamento controle.

Para a espécie *K. senegalensis*, foram registradas uma perfuração no ambiente interno, sendo na amostra tratada termicamente a 200°C (única ocorrência em todas as espécies de madeira e locais), e em ambiente externo no mês de agosto, uma perfuração no tratamento controle e uma em ácido bórico. No município de Muniz Freire registrou apenas uma perfuração para o controle em ambiente externo no mês de setembro. Para Santa Maria de Jetibá, ocorreu uma perfuração em ambiente externo para o tratamento controle, no mês de outubro.

Na espécie *Khaya grandifoliola*, não houve ocorrências de perfuração em nenhum dos locais e tratamentos, em ambiente interno. Contudo, ocorreram para os ambientes externos, sendo em Jerônimo Monteiro o número de perfurações como descrito abaixo:

- Controle – março (1); abril (2) e setembro (1), em um total de 4;
- Ácido bórico – março (1); abril (1) e outubro (1), em um total de 3;
- Bórax – outubro (1).

Ainda em Jerônimo Monteiro, é necessário relatar que costaneiras advindas de outro experimento com *Khaya grandifoliola*, provenientes do mesmo plantio e coletadas no mesmo dia, encontravam-se infestadas de *Lyctus brunneus*, totalmente deterioradas já no mês de junho de 2019 (Figura 24). O único procedimento diferente durante a coleta foi a falta de acondicionamento em sacos de TNT, e a não remoção da casca durante o armazenamento. Também para esta espécie, houve ocorrência de perfurações no ambiente externo em Muniz Freire, sendo uma no controle, no mês de agosto, e uma para o tratamento com ácido bórico em julho. No município de Santa Maria de Jetibá não ocorreram perfurações no ambiente interno e externo.

Figura 24 – Costaneiras de *Khaya grandifoliola* atacadas por *Lyctus brunneus*. A - Perfurações nas costaneiras; B – *Lyctus brunneus*.



Fonte: o autor.

Para o cedro australiano (*Toona ciliata*), as perfurações ocorreram em ambiente interno e externo. Sendo encontradas em ambiente interno de Jerônimo Monteiro, uma perfuração no controle, no mês de agosto, e uma no tratamento com ácido bórico, em abril. A ocorrência de perfurações no ambiente externo em Jerônimo Monteiro foi da seguinte forma:

- Controle – março (3) e novembro (1), em um total de 4;
- Ácido bórico – fevereiro (4); março (1); abril (1) e junho (1), perfazendo um total de 7 perfurações);
- Bórax – março (1).

Já em Muniz Freire, foram registradas perfurações no ambiente externo para o tratamento com ácido bórico, no mês de maio. No ambiente externo em Santa Maria de Jetibá, no mês de março, ocorreu uma perfuração na tábua controle.

Para o eucalipto (*Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*), não houve registros de perfurações nas tábuas nos municípios de Jerônimo Monteiro e Muniz Freire, para ambos os ambientes. Contudo, no município de Santa Maria de Jetibá, houve o registro de perfurações no ambiente externo, sendo uma no tratamento controle no mês de maio, e uma em madeira tratada com ácido bórico, no mês de outubro.

A casca é de grande importância para proteger as árvores, se constituindo em uma barreira contra insetos, fungos e outros agentes que possam causar dano. No entanto, após o corte da árvore, ela é muito atrativa pelo cheiro que exala, além de fornecer proteção para as posturas de insetos xilófagos. Este fator pode ser minimizado com a retirada da casca das árvores logo após o abate, sempre que possível. Já as perfurações na madeira, não somente acarretam perda de material,

como também podem causar uma diminuição na resistência da madeira, ou seja, perdas no valor comercial.

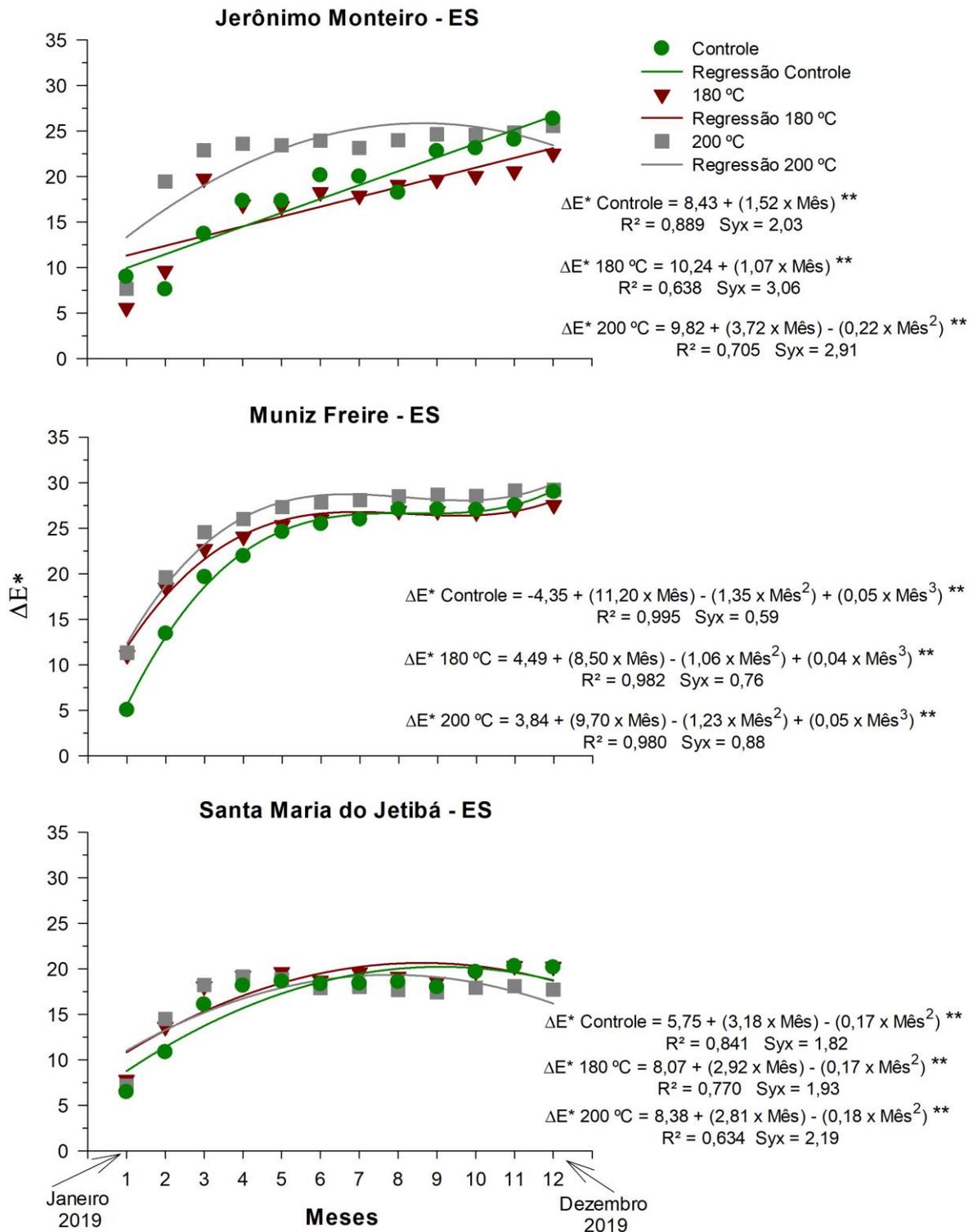
Percebeu-se uma tendência a aparecimento de perfurações nas épocas de aumento de umidade, fator que favorece o desenvolvimento dos insetos, bem como a proliferação de fungos (como nos casos de besouros da ambrosia, por exemplo). Além disso, trabalhos de coleta de coleópteros em campo concluíram que os fatores climáticos não interferiram no ataque de besouros da casca, mas influenciaram para besouros de ambrosia, ou seja, com maior quantidade de madeira disponível, estes se ocorrem em abundância, já os besouros da ambrosia dependem de fatores favoráveis aos fungos crescimento, como umidade do hospedeiro e do ar (MACEDO-REIS et al., 2016).

Concluídas as observações em campo, foi possível perceber que as madeiras de *K. ivorensis* e *K. grandifoliola*, apresentam uma durabilidade natural a deterioração por cupins de madeira seca e coleópteros. Os tratamentos químicos e térmicos foram eficientes em aumentar a resistência das madeiras, sendo os térmicos, em geral, mais eficientes para os insetos xilófagos avaliados neste experimento. Contudo, ainda há a necessidade de se analisar os materiais em campo por mais tempo, visto que ainda há poucas perfurações, para se analisar a presença dos coleópteros xilófagos dentro das tábuas avaliadas, e correlacioná-los às espécies em estudo. Assim, o experimento permanece em campo, para novas avaliações.

4.5 ENSAIOS DE COLORIMETRIA EM CAMPO

A partir dos resultados dos parâmetros e coordenadas colorimétricos, bem como, a variação total de cor obtidos antes e após os tratamentos, percebeu-se que não houve diferenças significativas entre as faces tangencial e radial das madeiras estudadas, logo, para os ensaios colorimétricos em campo, foi realizada apenas a leitura na face tangencial.

As avaliações dos parâmetros e coordenadas colorimétricas realizadas por 12 meses, para o clone de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* e *K. ivorensis* foram utilizadas para o cálculo da variação total da cor (ΔE^*) para os diferentes tratamentos e espécies, em cada local, conforme figuras 25 e 26.

Figura 26 - Variação total da cor (ΔE) para os diferentes tratamentos em madeiras de *Khaya ivorensis*

** Significativo a 1% pelo teste F para Regressão e de t para coeficientes da equação

Fonte: o autor.

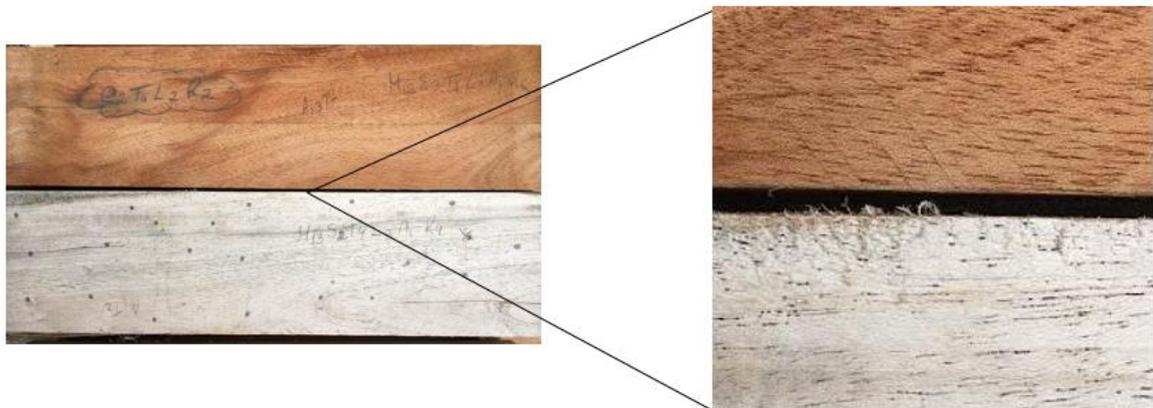
Os dados de temperatura (°C) e umidade relativa (%) médias estão dispostos no item 4.4 (Figura 18), evidenciando a distinta variação de condição climática dos

locais. Para todas as espécies e tratamentos, houve uma brusca variação da coloração já no primeiro mês de avaliação (dezembro de 2018 a janeiro de 2019).

A variação total da cor (ΔE) foi variável em função do tempo de exposição às intempéries para ambas as espécies. Para todas as curvas de variação de cor, foram geradas regressões que explicam mais de 90% dos dados para o eucalipto. Já para o mogno africano, as equações de regressão linear explicam cerca de 80% de toda a variação. Ambas as espécies tem alta variação de cor, sendo muito evidente a olho nu, já nas primeiras avaliações. Isto pode ter sido acentuado pela alocação do experimento ter ocorrido em dias de chuva, seguido de um mês bastante seco e com alta incidência de radiação solar.

Após 60 dias em campo, as tábuas de mogno estavam com a face superior totalmente acinzentada, havendo um deslocamento dos extrativos para a face inferior, que teve sua coloração avermelhada acentuada (Figura 27), para todas as localidades estudadas. E o eucalipto somente na localidade de Jerônimo Monteiro. Após 90 dias, todas as tábuas das duas espécies em todas as localidades já se encontravam com a face superior acinzentada e um deslocamento de extrativos evidente para a face inferior. Fato que fica evidente com os parâmetros e coordenadas colorimétricos avaliados (Quadros 1 e 2).

Figura 27 – Faces inferior e superior de madeiras de *K. ivorensis* após 60 dias de exposição



Fonte: o autor.

Quadro 1 - Parâmetros e coordenadas colorimétricas para a face tangencial de madeiras de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* expostas às intempéries em diferentes municípios do estado do Espírito Santo, Brasil.

Jerônimo Monteiro													
Tratamentos	Valor inicial	Parâmetro L*											
		Período de avaliação da cor (mês)											
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Controle	70,2 aA	66,1 aB	71,6 aA	65,6 aB	61,0 aC	58,9 aC	55,7 aD	54,5 aD	51,1 aE	50,1 aE	48,6 aE	47,8 aE	46,6 aE
180 °C	67,1 bA	60,8 bB	64,5 bA	60,0 bB	57,3 bC	57,4 aC	53,7 aD	53,2 aD	49,3 aE	47,6 aE	46,9 aE	45,2 aE	43,7 aE
200 °C	64,3 bA	58,3 bB	62,5 bA	58,6 bB	56,9 bC	56,3 aC	52,1 aD	52,1 aD	48,7 aE	47,6 aE	46,7 aE	45,1 aE	42,9 aE
Tratamentos	Valor inicial	Parâmetro a*											
Controle	11,3 aA	9,8 aA	5,4 bB	2,4 bC	1,5 bD	1,6 bD	1,0 bE	1,2 bE	0,9 aF	0,8 aF	0,9 aF	0,8 aF	1,0 aF
180 °C	11,4 aA	11,9 aA	9,2 aB	4,8 aC	3,2 aD	3,0 aD	2,0 aE	2,0 abE	1,4 aF	1,1 aF	1,1 aF	1,0 aF	1,1 aF
200 °C	11,5 aA	11,4 aA	8,1 aB	4,8 aC	3,2 aD	3,0 aD	1,9 aE	2,2 aE	1,3 aF	1,0 aF	1,1 aF	1,0 aF	1,1 aF
Tratamentos	Valor inicial	Parâmetro b*											
Controle	21,4 bB	26,6 aA	17,6 bC	10,5 bD	6,2 bE	5,8 bE	4,2 bF	4,61 bF	3,8 bG	3,44 aG	3,29 aG	3,02 aG	3,4 aG
180 °C	24,5 aB	28,2 aA	20,9 aC	15,2 aD	10,3 aE	9,5 aE	7,1 aF	6,77 aF	5,19 aG	4,46 aG	4,04 aG	3,76 aG	4,1 aG
200 °C	25,9 aB	27,1 aA	21,7 aC	15,7 aD	10,6 aE	10,0 aE	7,1 aF	6,66 aF	5,12 aG	4,40 aG	4,08 aG	3,69 aG	4,2 aG
Muniz Freire													
Tratamentos	Valor inicial	L*											
		Período de avaliação da cor (mês)											
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Controle	70,2 aA	65,6 aA	64,0 aA	58,1 aB	54,6 aC	50,0 aD	48,5 aE	47,7 aE	45,9 aE	45,8 aE	45,1 aE	44,0 aE	44,8 aE
180 °C	69,8 aA	66,5 aA	65,0 aA	58,2 aB	54,8 aC	50,6 aD	48,9 aE	47,2 aE	45,7 aE	45,5 aE	45,3 aE	44,4 aE	45,3 aE
200 °C	61,3 bA	61,8 bA	61,5 bA	57,1 aB	54,5 aC	50,8 aD	49,1 aE	48,1 aE	46,8 aE	46,9 aE	45,8 aE	45,0 aE	45,4 aE
Tratamentos	Valor inicial	a*											
Controle	11,6 aA	9,4 aB	5,1 aC	2,6 aD	1,8 aD	1,2 aD	1,1 aD	1,0 aD	0,9 aD	0,9 aD	1,0 aD	0,9 aD	1,0 aD
180 °C	11,2 aA	9,5 aB	5,2 aC	2,5 aD	1,7 aD	1,1 aD	1,0 aD	0,9 aD	0,9 aD	0,9 aD	1,0 aD	1,1 aD	1,0 aD
200 °C	12,2 aA	10,4 aB	6,4 aC	3,6 aD	2,5 aD	1,5 aE	1,3 aE	1,2 aE	1,0 aE	1,0 aE	1,0 aE	1,0 aE	1,1 aE

Tratamentos	Valor inicial	b*											
Controle	21,6 bB	24,5 aA	16,4 aC	10,2 aD	6,9 aE	4,8 aF	4,2 aF	3,8 aF	3,3 aF	3,2 aF	3,2 aF	3,1 aF	3,5 aF
180 °C	23,2 bA	25,4 aA	17,0 aB	10,3 aC	6,9 aD	4,7 aE	3,9 aE	3,6 E	3,3 aE	3,1 aE	3,3 aE	3,3 aE	3,5 aE
200 °C	25,8 aA	25,0 aA	17,8 aB	11,8 aC	8,1 aD	5,6 aE	4,6 aE	4,2 E	3,6 aE	4,2 aE	3,5 aE	3,5 aE	3,6 aE
Santa Maria de Jetibá													
Tratamentos	Valor inicial	L*											
		Período de avaliação da cor (mês)											
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Controle	71,6 aA	59,7 aB	59,7 aB	54,8 aC	52,2 aC	50,5 aD	49,9 aD	49,3 aD	49,4 aD	49,6 aD	48,4 aD	47,5 aD	48,8 aD
180 °C	70,1 aA	60,2 aB	58,6 aB	54,4 aC	52,2 aC	50,4 aD	49,4 aD	49,0 aD	49,1 aD	49,9 aD	48,2 aD	47,3 aD	48,3 aD
200 °C	61,9 bA	59,0 aA	57,8 aB	53,1 aC	51,3 aC	49,9 aD	49,1 aD	48,6 aD	54,9 aC	48,7 aD	47,4 aD	52,7 aD	47,2 aD
Tratamentos	Valor inicial	a*											
Controle	11,81 aA	8,7 aB	5,3 aC	3,1 aD	2,6 aD	2,6 aD	2,7 aD	2,8 aD	2,8 aD	2,9 aD	2,8 aD	2,8 aD	3,2 aD
180 °C	11,57 aA	8,3 aB	5,0 aC	3,1 aD	2,6 aD	2,5 aD	2,7 aD	2,8 aD	2,8 aD	2,9 aD	2,8 aD	2,8 aD	3,2 aD
200 °C	11,92 aA	8,4 aB	5,3 aC	3,2 aD	2,7 aD	2,7 aD	2,8 aD	2,9 aD	3,0 aD	3,0 aD	2,9 aD	2,8 aD	3,1 aD
Tratamentos	Valor inicial	b*											
Controle	22,2 bA	23,0 aA	17,2 aB	11,6 aC	10,0 aD	9,7 aD	9,9 aD	10,2 aD	9,8 aD	10,1 aD	9,7 aD	9,9 aD	10,5 aD
180 °C	23,1 bA	21,7 aA	16,7 aB	11,5 aC	9,8 aD	9,5 aD	9,8 aD	10,0 aD	9,9 aD	10,4 aD	10,0 aD	10,1 aD	10,6 aD
200 °C	25,6 aA	22,4 aB	17,3 aC	12,1 aD	10,6 aD	10,3 aD	10,4 aD	10,5 aD	10,5 aD	10,7 aD	10,1 aD	10,1 aD	10,3 aD

As médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na linha, e, minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p>0,05$), para uma mesma espécie, cidade e parâmetro colorimétrico.

As tábuas de eucalipto, independente dos tratamentos, começaram a apresentar leves rachaduras logo após o segundo mês em campo, evoluindo para as de maior tamanho após 90 dias (terceiro mês). As rachaduras leves só ocorreram em tábuas de mogno após 90 dias, de forma bem suave, assim permanecendo até o final do experimento. Rachaduras leves e de média profundidade foram verificadas em todas as tábuas de eucalipto após 90 dias expostas as intempéries, o que é uma ocorrência normal pela liberação das tensões de crescimento no processo de secagem, que é dificultado pelas pontoações diminutas normalmente presentes no eucalipto.

Para o eucalipto houve comportamentos diferentes em relação aos parâmetros e coordenadas de acordo com a cidade onde as amostras foram alocadas. Para de Jerônimo Monteiro (altitude de 120 m), os valores luminosidade (L^*) se uniformizaram entre os tratamentos à partir de 120 dias de exposição em campo, já a variação da coloração em todas as tábuas parou de ocorrer no 8º mês. Para a coordenada a^* , houve uma estabilização total da cor, também no 8º mês de exposição. Já para b^* , esta uniformização só ocorreu no 9º mês. Consideram-se uniformizadas as tábuas sem mais variação de cor até o final do experimento.

Em Muniz Freire (altitude de 534 m), L^* teve uma estabilização na cor entre tratamentos no 3º mês, e total a partir do 6º mês. A coordenada a^* , teve uma uniformidade na cor até o mês 3 (90 dias), se tornando estável no 5º mês. Para a coordenada b^* entre os tratamentos a cor ficou estatisticamente igual a partir do 1º mês (30 dias), sendo totalmente uniformizada a partir de 150 dias em campo.

No município de Santa Maria de Jetibá o parâmetro L^* se tornou uniforme entre os tratamentos já a partir do primeiro mês, estabilizando totalmente a cor a em aproximadamente 150 dias em campo. Para a coordenada a^* a estabilização ocorreu no mês 3. A coordenada b^* variou entre os tratamentos somente nos primeiros 30, se uniformizando totalmente até os 120 dias (4 meses).

É notório, para o eucalipto, que a uniformidade da cor, tanto entre os tratamentos, quanto final, ocorre mais rapidamente a medida que as temperaturas diminuem e a umidade relativa aumenta nos locais. Logo, a cor permanece estável primeiro no município de Santa Maria de Jetibá (São João de Garrafão), depois em Muniz Freire e por último em Jerônimo Monteiro. Mas, para todos os tratamentos e locais, houve um escurecimento da madeira de eucalipto.

Quadro 2 - Parâmetros e coordenadas colorimétricas para a face tangencial de madeiras de *Khaya ivorensis* expostas às intempéries em diferentes municípios do estado do Espírito Santo, Brasil.

JERÔNIMO MONTEIRO													
Tratamentos	Valor inicial	L*											
		Período de avaliação da cor (mês)											
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Controle	65,7 aA	59,7 aB	66,5 aA	63,8 bA	60,4 aB	59,7 aB	55,7 aC	54,8 aB	60,6 aB	51,5 aD	50,9 aD	49,5 aD	45,7 aD
180 °C	60,5 aB	60,6 aB	66,4 aA	74,7 aA	61,9 aB	61,1 aB	57,9 aC	57,5 aC	54,7 aC	53,9 aC	52,7 aD	51,7 aD	46,9 aD
200 °C	55,3 bB	60,6 aB	67,0 aA	63,8 bA	60,2 aB	58,9 aB	55,4 aB	54,5 aB	51,7 aC	49,7 aD	49,8 aD	48,9 aD	44,8 aD
Tratamentos	Valor inicial	a*											
Controle	11,1 bB	9,9 aB	4,6 aC	2,0 aD	1,4 aD	1,3 aD	1,0 aD	1,2 aD	1,0 aD	0,9 aD	1,0 aD	1,0 aD	1,2 aD
180 °C	11,5 bB	9,2 aB	4,9 aC	2,1 aD	1,3 aD	1,2 aD	0,9 aD	1,1 aD	0,9 aD	0,8 aD	0,9 aD	0,9 aD	1,0 aD
200 °C	14,7 aA	9,2 aB	4,1 aC	1,7 aD	1,3 aD	1,2 aD	1,0 aD	1,1 aD	1,0 aD	0,9 aD	1,0 aD	1,0 aD	1,4 aD
Tratamentos	Valor inicial	b*											
Controle	18,1 bA	24,7 aA	14,3 aC	8,0 aD	4,9 aE	5,2 aE	3,9 aF	4,6 aE	3,9 aF	3,6 aF	3,6 aF	3,5 aF	4,1 aF
180 °C	18,7 bA	23,8 aA	15,0 aC	8,8 aD	5,3 aE	5,5 aE	4,1 aF	4,5 aF	4,0 aF	3,66 aF	3,6 aF	3,5 aF	4,1 aF
200 °C	23,4 aA	22,8 aB	12,1 bB	6,6 bC	4,6 aD	4,6 aD	3,8 aD	4,6 aD	4,0 aD	3,7 aD	3,7 aD	3,7 aD	4,3 aD
MUNIZ FREIRE													
Tratamentos	Valor inicial	L*											
		Período de avaliação da cor (mês)											
		Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
Controle	63,8 aA	62,2 aA	60,9 aA	56,6 aB	55,2 aB	51,2 aC	49,9 aC	49,0 aC	47,5 aD	47,7 aD	47,2 aD	46,2 aD	44,1 aD
180 °C	57,8 aA	62,3 aA	62,9 aA	59,2 aB	56,2 aB	52,4 aC	50,8 aC	49,3 aC	47,8 aD	48,1 aD	47,1 aD	46,2 aD	45,8 aD
200 °C	56,6 aA	61,4 aA	59,8 aA	56,4 aB	54,6 aB	51,1 aC	49,8 aC	48,6 aC	47,8 aD	47,3 aD	46,4 aD	44,8 aD	44,0 aD
Tratamentos	Valor inicial	a*											
Controle	12,6 bA	7,9 aB	3,6 aC	1,8 aD	1,2 aD	1,0 aD	1,0 aD	0,9 aD	0,9 aD	0,9 aD	1,0 aD	1,1 aD	1,2 aD
180 °C	15,3 aA	7,2 aB	3,4 aC	1,5 aD	1,1 aD	0,9 aD	1,1 aD	1,1 aD	1,1 aD				
200 °C	15,7 aA	7,6 aB	3,4 aC	1,6 aD	1,1 aD	0,9 aD	1,1 aD	1,2 aD	1,3 aD				

Tratamentos	Valor inicial	b*											
Controle	21,5 cA	20,3 aA	12,0 aB	6,7 aC	4,8 aD	3,8 aD	3,6 aD	3,7 aD	3,3 aD	3,1 aD	3,6 aD	3,8 aD	3,6 aD
180 °C	23,9 bA	17,8 bB	10,7 aC	5,8 aD	4,5 aE	3,7 aE	3,4 aE	3,6 aE	3,4 aE	3,3 aE	3,9 aE	3,8 aE	3,5 aE
200 °C	26,0 aA	19,6 aB	11,1 aC	5,9 aD	4,6 aE	3,7 aE	3,4 aE	3,5 aE	3,3 aE	3,3 aE	3,7 aE	3,7 aE	4,0 aE
SANTA MARIA DE JETIBÁ													
Tratamentos	Valor inicial	L*											
		Período de avaliação da cor (mês)											
Controle	62,6 aA	57,7 aB	58,2 aB	55,0 aC	52,2 aD	50,7 aD	50,6 aD	49,8 aD	49,7 aD	50,2 aD	48,2 aD	47,1 aD	47,1 aD
180 °C	61,3 aA	55,6 bB	55,9 bB	53,1 aC	51,4 aD	50,2 aD	50,1 aD	48,9 aD	49,1 aD	49,7 aD	48,1 aD	47,1 aD	47,0 aD
200 °C	54,2 bA	55,3 bA	55,5 bB	53,1 aC	50,7 aD	50,3 aD	50,2 aD	49,2 aD	48,9 aD	49,7 aD	48,0 aD	47,3 aD	47,2 aD
Tratamentos	Valor inicial	a*											
Controle	12,9 aA	8,8 aB	4,9 aC	3,0 aD	2,8 aD	3,0 aD	3,2 aD	3,5 aD	3,5 aD	3,6 aD	3,5 aD	3,7 aD	3,8 aD
180 °C	13,6 aA	8,6 aB	4,6 aC	2,9 aD	2,8 aD	2,9 aD	3,3 aD	3,3 aD	3,5 aD	3,5 aD	3,6 aD	3,7 aD	3,9 aD
200 °C	14,9 aA	8,8 aB	4,5 aC	2,8 aD	2,5 aD	2,6 aD	2,9 aD	3,1 aD	3,3 aD	3,3 aD	3,4 aD	3,4 aD	3,7 aD
Tratamentos	Valor inicial	b*											
Controle	20,9 aA	21,5 aA	14,9 aB	10,7 aC	9,9 aD	10,5 aC	11,1 aC	11,6 aC	11,4 aC	11,7 aC	11,4 aC	11,6 aC	11,7 aC
180 °C	22,0 aA	20,1aA	13,4 aB	10,0 aC	9,6 aD	9,9 aD	11,2 aC	11,0 aC	11,3 aC	11,6 aC	11,5 aC	11,5 aC	11,6 aC
200 °C	23,4 aA	19,8 aB	13,3 aC	9,8 aD	9,1 aD	9,5 aD	10,7 aD	10,7 aD	11,1 aD	11,2 aD	11,1 aD	11,1 aD	11,5 aD

As médias seguidas por uma mesma letra, maiúscula na linha, e, minúscula na coluna, não diferem entre si ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Scott - Knott, para uma mesma espécie, cidade e parâmetro colorimétrico.

A espécie *K. ivorensis* não apresentou rachaduras de grandes dimensões ao longo da exposição ao intemperismo nas regiões estudadas, apenas algumas leves e superficiais. A espécie apresentou comportamento muito semelhante ao eucalipto quanto a uniformização da cor, bem como em números gerais, teve variações semelhantes.

No município de Jerônimo Monteiro, houve uma uniformização da cor entre os tratamentos após 120 dias, e estabilização da cor a partir do mês de outubro (300 dias de ensaio) para o parâmetro L^* ; já para a coordenada a^* , os tratamentos se tornaram iguais a partir de 30 dias, não apresentando mais variações de cor a partir de 90 dias de exposição. A coordenada b^* teve tratamentos uniformizados a partir de 120 dias de experimento e estabilidade da cor a partir de 240 dias (8º mês).

Para a localidade de Muniz Freire, os tratamentos já estavam uniformes para as variáveis L^* e a^* no momentos da alocação do experimento. Contudo, para L^* (luminosidade), as tábuas se uniformizaram a partir do mês de agosto (240 dias de experimento), e para a^* a partir do mês de março (90 dias). Já o parâmetro b^* os tratamentos se uniformizaram após 60 dias em campo, e a estabilização da cor foi aos 120 dias.

No município de Santa Maria de Jetibá, o parâmetro L teve seus tratamentos com coloração uniforme a partir do mês de janeiro (30 dias), e todas as tábuas sem variação de cor em 120 dias. As coordenadas a^* e b^* já eram uniformes entre os tratamentos no momento da alocação em campo, mas a^* foi estabilizada aos 90 dias de experimento e, b^* aos 120 dias.

A cor permanece estável, apesar das intempéries a que a madeira está submetida, uma vez que, no mês de novembro de 2019, para todas as localidades estudadas, houve chuvas frequentes, por um período de 3 semanas seguidas. Apesar do escurecimento momentâneo das tábuas, as mesmas voltaram a cor anterior. Somente o município de Muniz Freire, apresentou defeitos nas tábuas de eucalipto, que após esse período de chuvas permaneceram com algumas manchas e apresentaram um “descamação” em alguns pontos das tábuas, como ilustrado na figura 28, fato que não foi observado para o mogno africano. Essas modificações se dão pela alteração causada pela ação da radiação ultravioleta (UV) emitida pelo sol, principalmente UV-A, que provocam alterações nas propriedades químicas da lignina, destruindo-a pouco a pouco, causando sua solubilidade em água, seguida de hidrólise (SCHALLER; ROGEZ, 2007). Após essas alterações, restam as fibras

de celulose, mais ou menos descoladas umas das outras que são arrastadas a medida em que ocorre a incidência de sol e chuvas (SANTOS; DUARTE, 2013).

Figura 28 – Madeira de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla*. A - Defeitos de secagem (rachaduras de topo); B – Manchas e descamação nas peças expostas a intensas chuvas.



Fonte: o autor.

De acordo com a classificação de Camargos e Gonzalez (2001), que utiliza as variáveis cromáticas L, a* e b*, a madeira de eucalipto inicialmente se encontrava nas cores rosa-acinzentado (sem tratamento) e marrom-oliva (tratamentos térmicos a 180 e 200 °C); já a madeira mogno-africano (*Khaya ivorensis*) foi alocada em campo na tonalidade rosa (em todos os tratamentos). Após um ano de exposição em campo, todas apresentavam tonalidade cinza-prateada, com as variáveis cromáticas em valores muito similares, em todas as espécies e tratamentos.

Em todos os casos ocorreu um escurecimento das tábuas de mogno (diminuição nos valores do parâmetro L*), resultado que diverge do encontrado por Mesquita, Gonzalez e Paula (2017), que, ao estudarem a ação do intemperismo [(raios ultravioleta A – UVA (400 – 320 nm)] em madeira de teca, constataram um escurecimento nas primeiras horas de exposição, seguido por um clareamento durante o restante do experimento. Ao avaliarem três madeiras de eucalipto, Cademartori et al. (2015) realizaram testes de campo por 240 dias e encontraram reduções médias de 27,53%, 25,17% e 21,93% para *Eucalyptus cloeziana*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*, respectivamente, para os valores de L*, o que corrobora com os resultados encontrados neste estudo.

Para as duas espécies, de forma geral, a coordenada a* (vermelho) teve uma estabilização da cor antes de b* (amarelo), ou seja, há uma uniformização da cor em menor tempo para as tonalidades avermelhadas, de modo a não haver mais alterações.

Logo após o tratamento térmico, as madeiras já apresentam um escurecimento inicial que, segundo Delucis, Beltrame e Gatto (2019), é atribuído à condensação, oxidação e volatilização de alguns extrativos orgânicos, o que ocorre com tratamentos entre 130 a 250 °C. Os mesmos autores, ao estudarem as reações da madeira de *Eucalyptus grandis* ao intemperismo por um ano (0, 120, 240 e 360 dias), notaram uma descoloração significativa aos 120 dias para os tratamentos térmicos a 180 e 220°C. Contudo, o resultado diverge do encontrado neste trabalho, pois os autores afirmaram que, as madeiras ficaram mais escuras após os tratamentos térmicos, apresentando um clareamento ao longo do tempo de exposição (diminuição dos valores de L*).

Quanto ao tom acinzentado da superfície exposta da madeira após 60 dias, uma vez exposta, a peça de madeira absorve intensamente a radiação solar e há a degradação fotoquímica, o que compromete seu aspecto geral; logo, ficará descolorada ou acinzentada, amarelada ou escurecida, dependendo da influência da composição da madeira, principalmente dos extrativos (COSTA et al., 2011).

Infere-se que em locais de clima mais ameno (Muniz Freire e Santa Maria de Jetibá), a cor da madeira teve uma estabilização mais rápida, quando comparada ao local de clima mais quente (Jerônimo Monteiro).

5 CONCLUSÕES

A densidade básica da madeira variou ao longo do tronco das árvores, principalmente em *K. grandifoliola*.

Os ensaios de colorimetria evidenciaram que não houve variações entre as cores das faces, tangencial e radial, ou seja, são geralmente semelhantes (quando uma face tem sua cor modificada, a outra também é modificada, quando expostas as mesmas condições), e os tratamentos profiláticos não alteraram sua coloração, exceto para o tratamento térmico a 200 °C.

As medidas profiláticas não alteraram as composições químicas das madeiras testadas.

Os tratamentos profiláticos foram eficientes em reduzir a perda de massa e aumentar a mortalidade de cupins de madeira seca, sendo os tratamentos químicos mais eficientes em reduzir o ataque. As espécies *K. ivorensis* e *K. grandifoliola* apresentaram maior resistência natural a cupins de madeira seca.

Os coleópteros xilófagos que incidiram sobre as madeiras foram identificados, sendo observadas pragas que comumente atacam grãos armazenados. A espécie *Lyctus brunneus* ocorreu em maior frequência nos materiais nas localidades de Jerônimo Monteiro e Santa Maria de Jetibá.

Os tratamentos térmicos foram mais eficientes que os produtos químicos a base de compostos de boro em reduzir o número de perfurações, e atrasar as infestações nas madeiras expostas em campo.

Houve diferenças entre as espécies identificadas nos diferentes locais do experimento, sendo também observada diferença entre a época em que ocorreram. As madeiras expostas a céu aberto houve a incidência de perfurações e insetos em menor tempo de estocagem do que madeiras em locais cobertos.

Os tratamentos profiláticos foram eficientes em reduzir o ataque de coleópteros xilófagos e cupins de madeira seca ao longo do ano de avaliação.

Há grande variação na cor das madeiras de *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* e *Khaya ivorensis* expostas as intempéries em campo, não sendo os tratamentos térmicos eficientes em minimizar tal variação.

Recomenda-se a remoção da casca logo após o corte das árvores, e redução a exposição às intempéries. Além disso, são necessários estudos mais aprofundados com maior duração de ensaios de campo para conclusões mais detalhadas.

6 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, A. A. **Biodegradação de produtos à base da madeira de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis*)**. 2010. 102 f. Dissertação (Mestrado em Ciências e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.
- ALMEIDA, D. H. *et al.* Caracterização completa da madeira da espécie amazônica paricá (*Schizolobium amazonicum* Herb.) em peças de dimensões estruturais. **Revista Árvore**, v. 37, n. 6, p. 1175-1181, 2013. Disponível em: <https://www.redalyc.org/comocitar.ou?id=48829909019>. Acesso em: 18 jan. 2020.
- ALMEIDA, D. H. *et al.* Determinação da rigidez de *Pinus elliottii* em diferentes teores de umidade por meio de ensaios mecânicos não destrutivos. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 110, p. 303-309, 2016. DOI: 10.18671/scifor.v44n110.03.
- ALMEIDA, G.; BRITO, J. O.; PERRE, P. Changes in wood-water relationship due to heat treatment assessed on microsamples of three *Eucalyptus* species. **Holzforschung**, v. 63, n. 1, p. 80-88, 2009. DOI: 10.1515/HF.2009.026
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-1105**: standard test method for preparation of extractive-free wood. West Conshohocken: Annual Book of ASTM Standard, 2013. 2 p.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-1107**: standard test method for alcohol-benzene solubility of wood. West Conshohocken: Annual Book of ASTM standards, v. 410, 1994.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D-2017**: standard method of accelerated laboratory test of natural decay resistance of woods. West Conshohocken: Annual Book of ASTM Standard, 2005. 5p.
- ARAUJO, H. J. B. Caracterização do material madeira. *In*: SEABRA, G. (org.). **Educação ambiental: o desenvolvimento sustentável na economia globalizada**. Ituiutaba: Barlavento, 2020. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1120281>. Acesso em: 20 mar. 2020.
- ARMSTRONG, M. *et al.* **African Mahogany Grown in Australia**: Wood quality and potential uses. Publication No 07/107. RIRDC, Canberra, 2007. 94 p.
- ARNOLD, R. *Khaya senegalensis* – current use from its natural range and its potential in Sri Lanka and elsewhere in Asia. *In*: PROSPECTS FOR HIGH-VALUE HARDWOOD TIMBER PLANTATIONS IN THE 'DRY' TROPICS OF NORTHERN AUSTRALIA, 2004, Mareeba. **Proceedings** [...] Mareeba: Department of Primary Industries and Fisheries, 2004. p. 1-8.
- ATAYDE, C. M.; GONÇALEZ, J. C.; CAMARGOS, J. A. Características colorimétricas entre as seções anatômicas da madeira de Muirapiranga (*Brosimum* sp.). **Cerne**, v. 17, n. 2, p. 231-235, 2011. DOI: 10.1590/S0104-77602011000200011

- ATHIÉ, I.; PAULA, D. C. **Insetos de grãos armazenados: aspectos biológicos e identificação**. 2. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2002.
- BAL, B. C.; BEKTAS, I. The effects of heat treatment on physical properties of juvenile wood and mature wood of *Eucalyptus grandis*. **Bioresources**, v. 4, n. 7, p. 5117-5127, 2012.
- BARBOSA, T. L. **Qualidade da madeira de clones de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* cultivados em cinco regiões do estado de Minas Gerais para produção de celulose**. 2013. 126 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2013.
- BARCÍK, S.; GASPARÍK, M.; RAZUMOV, E. Y. Effect of thermal modification on the color changes of oak wood. **Wood Research**, v. 60, n. 3, p. 385-396, 2015.
- BARROSO, G. M. **Sistemática de angiospermas do Brasil**. Viçosa: UFV, v. 2, 1984. 377p.
- BATISTA, D. C. *et al.* Effect of the Brazilian thermal modification process on the chemical composition of *Eucalyptus grandis* juvenile wood – part 1: cell wall polymers and extractives contents. **Maderas, Ciencia y Tecnologia**, v. 18, n. 2, p. 273-284, 2016. DOI: 10.4067/S0718-221X2016005000026
- BELLON, K. R. R. *et al.* The effect of the thermal modification temperature in the resistance to the parallel compression of fiber for *Eucalyptus grandis*, *Pinus taeda* and *Tectona grandis* wood. **Australian Journal of Basic and Applied Sciences**, West Jordan, v. 8, n. 18, p. 512-520, 2014.
- BERTI-FILHO, E. Impacto de coleoptera Cerambycidae em florestas de *Eucalyptus* no Brasil. **Scientia Forestalis**, n. 52, p. 51-54, 1997.
- BIENKOWSKI, A.; ORLOVA-BIENKOWSKAJA, M. Establishment of the invasive pest of bamboo *Dinoderus japonicus* Lesné, 1895 (Coleoptera Bostrichidae) in the Caucasus and notes on other beetle species currently established in this region. **Redia**, v. 100, p. 115-118, 2017. DOI: 10.19263/REDIA-100.17.14.
- BODIG, J.; JAYNE, B. A. **Mechanics of wood and wood composites**. 2. ed. Malabar: Krieger Publishing Company, 1993.
- BONFATTI JÚNIOR, E. A.; LENGOWSKI, E. C. Colorimetria aplicada à ciência e tecnologia da madeira. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 38, e201601394, p.1-13, 2018. DOI: 10.4336/2018.pfb.38e201601394.
- BOROWSKI, J.; WĘGRZYNOWICZ, P. Nomenclatural changes in the genus *Xylothrips* Lesne, 1901 (Coleoptera, Bostrichidae, Xyloperthini). **World News of Natural Sciences**, v. 24, p. 79-88, 2019. Disponível em: <http://www.worldnewsnaturalsciences.com/wp-content/uploads/2019/03/WNOFNS-24-2019-79-88-1.pdf>. Acesso em: 12 mar. 2020.
- BOTELHO, M. N. **Caracterização das propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Piptadenia gonoacantha* (Mart.) J. F. Macbr.** 2011. 27 f. Monografia

(Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2011.

BRITO, J. P. **Ação de cupins de madeira seca (*Cryptotermes brevis*) e de solo (*Nasutitermes corniger*) nas madeiras termorretrificadas de *Pinus taeda* e de *Corymbia citriodora***. 2015. 103 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2015. DOI: 10.11606/T.11.2015.tde-17092015-111807

BRITO, M. B.; ABREU, R. L. S.; VIANEZ, B. F. Diversidade das subfamílias Scolytinae e Platypodinae (Insecta: Coleoptera, Curculionidae) da Reserva Biológica do Uatumã. *In: JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA*, 19., 2010, Manaus. **Anais** [...] Manaus: INPA-CNPq/FAPEAM, 2010.

BRITO, T. M. **Efeito da modificação térmica nas propriedades da madeira juvenil de *Eucalyptus grandis* W. Hill e *Tectona grandis* L.** 2017. 75 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2017.

CADEMARTORI, P. H. G. *et al.* Natural weathering performance of three fast-growing *Eucalypt* woods. **Maderas, Ciencia y Tecnologia**, v. 17, n. 4, 2015. DOI: 10.4067/S0718-221X2015005000069.

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, 2001. DOI: 10.4336/2018.pfb.38e201601394

CARVALHO, A. G.; TREVISAN, H. Novo modelo de armadilha para captura de Scolytinae e Platypodinae (Insecta, Coleoptera). **Floresta e Ambiente**, v. 22, n. 4, p. 575-578, 2015. DOI: 10.1590/2179-8087.105114

CASTRO, R. S. **Contribuição ao estudo do "*Hypocryphalus angiferae* (Stebbing, 1914)" (Coleoptera – Scolytidae) - ciclo biológico e etologia**. 1960. 54 f. Tese (Professor Livre Docência) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 1960.

COSTA LIMA, A. M. Família Bostrichidae. *In: LIMA, A. M. C. Insetos do Brasil: coleópteros. Parte 2*. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia, p. 211-221. v. 8, 1953. (Série Didática de Agronomia, 10).

COSTA, C.; VANIN, S. A.; CASARI-CHEN, S. A. **Larvas de Coleoptera do Brasil**. São Paulo: Museu de Zoologia, Universidade de São Paulo, FAPESP, 1988.

COSTA, E. C.; D'ÁVILA, M.; CANTARELLI, E. B. **Entomologia florestal**. 3. ed. Santa Maria: UFSM, 2014. 266 p.

COSTA, J. A. *et al.* Fotodegradação de duas espécies de madeiras tropicais: Jatobá (*Hymenaea courbaril*) e Tauari (*Couratari oblongifolia*) submetidas à radiação ultravioleta. **Cerne**, v. 17, n. 1, p. 133-139, 2011. DOI: 10.1590/S0104-77602011000100016

COVRE, L. S.; COSTA, G. H. R.; FLECHTMANN, C. A. H. Influence of limb pruning in attacks of Curculionidae to *Khaya grandifoliola* in Minas Gerais, Brazil. *In:*

CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 27., CONGRESSO LATINOAMERICANO DE ENTOMOLOGIA, 10., Gramado, 2018. **Anais [...]** Gramado: SEB, 2018a. p. 826.

COVRE, L. S.; PAIOLA, G.; CRISTOVAM, M. E. P.; FLECHTMANN, C. A. H. Bostrichidae attacks on *Khaya senegalensis* and survey in Inocência, state of Mato Grosso do Sul, Brazil. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 27., CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE ENTOMOLOGIA, 10., Gramado, 2018. Anais [...]* Gramado: SEB, 2018b. p. 799.

CRUZ, H.; RODRIGUES, M. **Humidade da madeira**. Lisboa: LNEC, 1997. (Série Madeiras para Construção, Ficha 9).

CUNHA, R. L. M. **Comportamento ecofisiológico do mogno brasileiro (*Swietenia macrophylla* King.) e do mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) submetidos à adubação potássica nas condições edafoclimáticas de Igarapé Açu - PA, Amazônia Oriental**. 2010. 122 f. Tese (Doutorado em Agroecossistemas da Amazônia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2010.

CUNNINGHAM, S. A. *et al.* Patterns of host use by the shoot-borer *Hypsipyla robusta* (Pyralidae: Lepidoptera) comparing five Meliaceae tree species in Asia and Australia. **Forest Ecology and Management**, v. 205, p. 351-357, 2005. DOI: 10.1016/j.foreco.2004.10.042.

DELUCIS, R. A.; BELTRAME, R.; GATTO, D. A. Discolouration of heat-treated fast-growing *Eucalyptus* wood exposed to natural weathering. **Cellulose Chemistry and Technology**, v. 53, n. 7-8, p. 635-641, 2019. DOI: 10.35812/CelluloseChemTechnol.2019.53.62

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Clima**. 1990. Disponível em: <https://www.cnpf.embrapa.br/pesquisa/efb/clima.htm>. Acesso em: 28 mar. 2020.

EUROPEAN STANDARD. **EN 844-4**: round and sawn timber - terminology. Part 4: Terms relating to moisture content. Brussels: CEN, 1995.

FARONI, L. R. A.; SOUSA, A. H. Aspectos biológicos e taxonômicos dos principais insetos-praga de produtos armazenados. *In: ALMEIDA, F. A. C.; DUARTE, M. E. M.; MATA, M. E. R. M. C. (ed.). Tecnologia de armazenagem em sementes*. Campina Grande: UFCG, p. 371-402, 2006.

FERREIRA - FILHO, P. J. *et al.* Estudo da comunidade de escolitídeos (Coleoptera: Scolytidae) em florestas de *Eucalyptus grandis* na Região de Capão Bonito, SP. *In: REUNIÃO CIENTÍFICA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS DO LAGEADO, 22., 2002, Botucatu. Resumo [...]* Botucatu: UNESP, 2002. p. 222.

FIGUEROA, M. J. M.; MORAES, P. D. Comportamento da madeira a temperaturas elevadas. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 4, p. 157-174, 2009.

FLECHTMANN, C. A. H. **Scolytidae em reflorestamentos com pinheiros tropicais**. Piracicaba: IPEF, 1995. 201 p.

- FRANÇA, T. S. F. A. *et al.* Características anatômicas e propriedades físico-mecânicas das madeiras de duas espécies de mogno africano. **Cerne**, v. 21, n. 4, p. 633-640, 2015. DOI: 10.1590/01047760201521041877
- GALLO, D. *et al.* **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.
- GALVÃO, A. P. M.; MAGALHÃES, W. L. E.; MATTOS, P. P. **Processo práticos para preservar a madeira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2004. 49 p. (Embrapa Florestas. Documentos, 96).
- GOLDSCHIMID, O. Ultraviolet spectra. *In*: SARKANEN, K. V.; LUDWWIG, C. H. (ed.). **Lignins**. New York: Wiley Inter Science, p. 241-66, 1971.
- GOMIDE, J. L.; DEMUNER, B. J. Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klason modificado. **O Papel**, v. 47, n. 8, p. 36-38, 1986.
- GONÇALEZ, J. C. **Caracterisation technologique de quatre espèces peu connues de la forêt amazonienne**: anatomie, chimie, couleur, propriétés physiques et mécaniques. 1993. 446 f. Thèse (Doctorat em Sciences Biologiques et Fondamentales Appliquées) – Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, Nancy, 1993.
- GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S. Resistência ao ataque de cupim-de-madeira seca (*Cryptotermes brevis*) em seis espécies florestais. **Cerne**, v. 12, n. 1, p. 80-83, 2006.
- GOODELL, B.; NICHOLAS, D. D.; SCHULTZ, T. P. (ed.). **Wood deterioration and prevention**: advances in our changing world. Washington: American Chemical Society, 2003. 465 p. (ACS Symposium Series, 845).
- GUIMARÃES, K. V. *et al.* Limonóides isolados na família Meliaceae. *In*: REUNIÃO ANUAL SOBRE EVOLUÇÃO, SISTEMÁTICA E ECOLOGIA MICROMOLECULARES, 26, Rio de Janeiro, 2004. **Anais [...]** Rio de Janeiro: UFF, 2004.
- GUNDUZ, G. *et al.* The density, compression strength and surface hardness of heat treated hornbeam (*Carpinus betulus*) wood. **Maderas. Ciencia y Tecnologia**, Concepción, v. 11, n. 1, p. 61-70, 2009. DOI: 10.4067/S0718-221X2009000100005
- HILL, D. S. **Pests of stored products and their control**. Boca Raton: CRC Press, 1990. 273 p.
- HILLER, C. R. ; FREESE, F ; SMITH, D. M. Relationships in black walnut heartwood between color and other physical and anatomical characteristics. **Wood and Fiber Science**, v. 4, n. 1, p. 38-42, 1972.
- HSING, T.; PAULA, N. F.; PAULA, R. C. Características dendrométricas, químicas e densidade básica da madeira de híbridos de *Eucalyptus grandis* X *Eucalyptus urophylla*. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 1, p. 273-283, 2016. DOI: 10.5902/1980509821119

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. **INCAPER**. Mapas de precipitação média anual no Espírito Santo (1984-2014). 2015. Disponível em: <https://meteorologia.incaper.es.gov.br/mapas-de-chuva-normal-climatologica-album>. Acesso em: 20 jun. 2020. (a)

INSTITUTO CAPIXABA DE PESQUISA, ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL. **INCAPER**. Mapas de temperatura média anual no Espírito Santo (1984-2014). 2015. Disponível em: <https://meteorologia.incaper.es.gov.br/mapas-de-temperatura-media>. Acesso em: 20 jun. 2020. (b)

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

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 11664-4: 2008**: colorimetry – Part 4: CIE 1976 L*a*b* Colour space. Genebra: ISO, 2008. 8 p.

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

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

LAMPRECHT, H. **Silvicultura nos trópicos**. Eschborn: Gmbh, 1990. 343 p.

LIMA, A. C. B. **Efeito da modificação térmica nas propriedades da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.)**. 2019. 82 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2019.

LIMA, J. S. S. *et al.* Variabilidade temporal da precipitação mensal em Alegre – ES. **Ciência Agrônômica**, v. 39, n. 2, p. 327-332, 2008.

LIU, L.; SCHÖNITZER, K.; YANG, J. A. Review of the literature on the life history of Bostrichidae. **Mitt. Munch. Ent. Ges.**, v. 98, p. 91-97, 2008.

LORENZI, H. *et al.* **Árvores exóticas no Brasil**: madeireiras, ornamentais e aromáticas. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2003. 385 p.

LORINI, I. *et al.* **Manejo Integrado de Pragas de Grãos e Sementes Armazenadas**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 81 p.

LORINI, I. Insetos que atacam grãos de soja armazenados. *In*: HOFFMANN-CAMPO, C. B., CORRÊA-FERREIRA, B. S.; MOSCARDI, F. **Soja**: manejo integrado de insetos e outros artrópodes-praga. Brasília: Embrapa, p. 421-444, 2012.

LORINI, I. **Manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 72 p.

LOURENÇO, A. M.; SOARES, B. M. Estudo da diversidade de insetos no Parque Poncho Verde, Santo Ângelo - RS, Brasil. **Revista de Pesquisa e Pós-Graduação**, n. 4, p. 1-9, 2003.

MACEDO-REIS, L. *et al.* Spatio-temporal distribution of bark and ambrosia beetles in a Brazilian tropical dry forest. **Journal of Insect Science**, n. 16, n.1, p. 1-9, 2016. DOI: 10.1093/jisesa/iew027.

MACHADO, J. S.; CRUZ, H.; NUNES, L. **Mitos e factos relacionados com o desempenho de elementos de madeira em edifícios**. LNEC, 2003. Disponível em: https://www.academia.edu/1359437/Mitos_e_factos_relacionados_com_o_desempenho_de_elementos_de_madeira_em_edif%C3%ADcios?auto=download. Acesso em: 21 jan. 2017.

MARIANO, R. R. **Características químicas e físicas de mogno africano (*Khaya ivorensis*)**. 2017. 38 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Faculdade de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2017.

MARINI, L. J. **Estimativa de propriedades físicas e mecânicas de *Pinus* sp. por colorimetria**. 2019. 104 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, 2019.

MARINONI, R. C. *et al.* **Hábitos alimentares em Coleoptera (Insecta)**. Ribeirão Preto: Holos, 2001. 63 p.

MARTINS, M. F. *et al.* Colorimetria como ferramenta de agrupamento de madeira de clones de eucalipto. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 35, n. 84, p. 443-449, 2015. DOI: 10.4336/2015.pfb.35.84.929.

MATOSKI, S. L. S.; ROCHA, M. P. Influência do fotoperíodo no ataque de *Dinoderus minutus* Fabricius (Coleoptera: Bostrichidae) em lâminas torneadas de espécies tropicais. **Floresta**, v. 36, n. 3, p. 385-396, 2006. DOI: 10.5380/rf.v36i3.7518.

MEDEIROS NETO, P. N. **Resistência natural da madeira de sete espécies de *Eucalyptus* a agentes xilófagos**. 2017. 123 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2017.

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

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

MESQUITA, R. R. S.; GONÇALEZ, J. C.; PAULA, M. H. Comportamento da madeira de *Tectona grandis* frente ao intemperismo. **Floresta**, v. 47, n. 1, p. 29-35, 2017. DOI: 10.5380/rf.v47i1.38562.

MODES, K. S. *et al.* Efeito da termorreificação nas propriedades mecânicas das madeiras de *Pinus taeda* e *Eucalyptus grandis*. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 291-302, 2017. DOI: 10.5902/1980509826467

- MONNÉ, M. L.; MONNÉ, M. A.; MERMUDES, J. R. M. Inventory of the Cerambycinae species (Insecta, Coleoptera, Cerambycidae) of the Parque Nacional do Itatiaia, RJ, Brazil. **Biota Neotropica**, v. 9, n. 3, 2009.
- MONTEIRO, M.; GARLET, J. Principais coleobrocas de espécies florestais no Brasil: Uma revisão bibliográfica. **Espacios**, v. 37, n. 25, p. 1-5, 2016.
- MOORE, R. K. *et al.* The effect of polarity of extractives on the durability of wood. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WOOD, FIBER, AND PULPING, 18, 2015, Vienna. **Proceedings** [...]. Vienna: ISWFPC, 2015.
- MORAIS, S. A. L.; NASCIMENTO, E. A.; MELO, D. C. Análise da madeira de *Pinus oocarpa*. Parte I – estudo dos constituintes macromoleculares e extrativos voláteis. **Revista Árvore**, v. 29, n. 3, p. 145-155, 2005. DOI: 10.1590/S0100-67622005000300014
- MORETTI, B. S. *et al.* Crescimento e nutrição mineral de mudas de cedro australiano (*Toona ciliata*) sob omissão de nutrientes. **Cerne**, v. 17, n. 4, p. 453-463, 2011. DOI: 10.1590/S0104-77602011000400003
- MORI, C. L. S. O. *et al.* Influência das características tecnológicas na cor da madeira de eucaliptos. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 123-132, 2004. DOI: 10.5902/198050981812
- MORRELL, J. J. Protection of wood - based materials. In: KUTZ, M. (org.). **Environmental degradation of materials**. New York: Elsevier, p. 407-438, 2012.
- MOURA, F. D. G. *et al.* Velocidade propagação do som na madeira de *Khaya ivorensis* associado a cor. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE MADEIRAS E ESTRUTURA DE MADEIRAS, 14., 2014, Natal. **Anais** [...]. Natal: UFRN, 2014. 1 Cd-Rom.
- NISGOSKI, S. *et al.* Anatomia da madeira de *Toona ciliata* características das fibras para produção de papel. **Floresta**, v. 41, n. 4, p. 717-728, 2011. DOI: 10.5380/ufv.v41i4.25337
- NORMA PORTUGUESA/EUROPEAN NORME STANDARD. **NP EN 335-1**. Durabilidade da madeira e de produtos derivados. Definição das classes de risco de ataque biológico. Parte 1: generalidades. IPQ, 1994.
- OHASHI, O. S. *et al.* Danos e controle da broca de *Hypsipyla grandella* em plantio de mogno *Swietenia macrophylla* no Estado do Pará. In: POLTRONIERE, L. S., TRINDADE, D. R., SANTOS, I. P. **Pragas e doenças de cultivos amazônicos**. 2. ed. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, p.125-144, 2008.
- OLIVEIRA, A. M. F. *et al.* Agentes destruidores da madeira. In: LEPAGE, E. S. (coord.). **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT/Divisão de Madeiras, p. 99-279. v. 1, 1986. (Publicação IPT, 1637).
- OLIVEIRA, J. G. L. *et al.* Parâmetros quantitativos da anatomia da madeira de eucalipto que cresceu em diferentes locais. **Revista Árvore**, v. 36, n. 3, p. 559-567, 2012. DOI: 10.1590/S0100-67622012000300018.

OZYHAR, T. *et al.* Moisture-dependent elastic and strength anisotropy of European beech wood in tension. **Journal of Materials Science**, v. 47, n. 16, p. 6141-6150, 2012. DOI: 10.1007/s10853-012-6534-8.

PAES, J. B. *et al.* Entomofauna associada a povoamentos de teca localizados no sul do estado do Espírito Santo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 78, p. 125-132, 2014. DOI: 10.4336/2014.pfb.34.78.675

PAES, J. B. Resistência natural da madeira de *Corymbia maculate* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S. Johnson a fungos e cupins xilófagos, em condições de laboratório. **Revista Árvore**, v. 26, n. 6, p. 761-767, 2002. DOI: 10.1590/S0100-67622002000600012

PAES, J.B. *et al.* Resistência natural de madeiras a fungos xilófagos em condições de laboratório. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém, n. 47, p. 199-210, 2007

PARK, S.; LEE, S.; HONG, K. Review of the family Bostrichidae (Coleoptera) of Korea. **Journal of Asia-Pacific Biodiversity**, v. 8, p. 298-304, 2015. DOI: 10.1016/j.japb.2015.10.015

PAULA, M. H. *et al.* Utilização de métodos não destrutivos para caracterização simplificada da madeira de cumaru (*Dipteryx odorata* Willd.). **Biodiversidade**, v. 15, n. 2, p. 136-149, 2016.

PENTEADO, S. R. C. *et al.* **Reconhecimento e identificação das principais famílias de insetos de importância quarentenária associados a materiais de propagação e/ou madeira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2009. 40 p.

PEREIRA, J. C. D. *et al.* **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, 2000. 113 p. (Documentos, 38).

PERES FILHO, O.; DORVAL, A.; BERTI-FILHO, E. A **Entomofauna associada à teca, *Tectona grandis* L.f. no estado de Mato Grosso**. Piracicaba: IPEF; v. 33, 2006. 58 p. (IPEF Notícias, 185).

PERPETUO, M. S. **Pragas que atacam acervos: métodos de controle e catação manual como alternativa de tratamento emergencial de brocas**. 2015. 64 f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Museologia) - Universidade de Brasília, Faculdade de Ciência da Informação, Brasília, 2015.

PERTUZZATTI, A. *et al.* Tratamento térmico da madeira em atmosfera de glicerina. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 36, n. 88, p. 443-449, 2016. DOI: 10.4336/2016.pfb.36.88.1183.

PINHEIRO, A. L. *et al.* **Ecologia, silvicultura e tecnologia de utilização dos mognos-africanos (*Khaya* spp.)**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Agrossilvicultura, 2011.

PINHEIRO, A. L.; RAMALHO, R. S.; BARREIROS, H. S. Árvores exóticas em Viçosa: II., *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. V. M.) C. DC. (MELIACEAE). **Revista Ceres**, v. 41, n. 234, p. 103-112, 1994.

- PONCSÁK, S. et al. Effect of high temperature treatment on the mechanical properties of birch (*Betula papyrifera*). **Wood Science and Technology**, New York, v. 40, n. 1, p. 647-663, 2006. DOI: 10.1007/s00226-006-0082-9
- QUEIROZ, S. C. S. et al. Influência da densidade básica da madeira na qualidade da Polpa kraft de clones híbridos de *Eucalyptus grandis* w. Hill ex Maiden x *Eucalyptus urophylla* s. T. Blake. **Revista Árvore**, v.28, n.6, p. 901-909, 2004.
- RAFAEL, J. A. et al. (ed.). **Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia**. Ribeirão Preto: Holos, 2012. 810 p.
- REIS, C. A. F.; OLIVEIRA, E. B.; SANTOS, A. M. (ed.). **Mogno-africano (*Khaya* spp.): atualidades e perspectivas do cultivo no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2019. *E-book* (379 p.). Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1112698/mogno-africano-khaya-spp-atualidades-e-perspectivas-do-cultivo-no-brasil>. Acesso em: 10 out. 2019.
- RIBEIRO, A. O. et al. Variação da densidade básica da madeira de *Toona ciliata* Roem cultivada em diferentes localidades. **Scientia Forestalis**, v. 39, n. 91, p. 359-366, 2011.
- RIBEIRO, A.; FERRAZ FILHO, A. C.; SCOLFORO, J. R. S. O cultivo do mogno africano (*Khaya* spp.) e o crescimento da atividade no Brasil. **Floresta e Ambiente**, v. 24, e000768142017, 2017. DOI: 10.1590/2179-8087.076814.
- RIBEIRO, M. X. et al. Resistência das madeiras de pinus, cedro australiano e seus produtos derivados ao ataque de *Cryptotermes brevis*. **Cerne**, v. 20, n. 3, 2014. DOI: 10.1590/01047760201420031277
- RICHARDSON, B. A. **Wood preservation**. 2. ed. London: E & FN Spon, 1993. 226 p.
- RODRIGUES JUNIOR, F. J. N. **Coleópteros associados à degradação da madeira como indicador da qualidade ambiental**. 2007. 29 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.
- RODRIGUES, B. P. **Propriedades da madeira de eucalipto produzida em ambientes contrastantes**. 2017. 64 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2017.
- ROSSI, E.; SARTORETTO, L. M. Caracterização de três espécies florestais de importância econômica. **Unoesc & Ciência**, v. 5, n. 2, p. 145-152, 2014.
- SÁ, V. A. et al. Manufatura de painéis cimento-madeira de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roem var. *australis*) de diferentes procedências e idade. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 88, p. 559-566, 2010.
- SALES, E. F.; BALDI, A. **Cafezais sombreados: experiências com o manejo do sistema no Estado do Espírito Santo**. Vitória: Incaper, 2020. 39 p. (Incaper, Documentos, 264). Disponível em:

<https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/123456789/3969/1/cafezais-sombreados-sales-Incaper.pdf>. Acesso em: 21 mar. 2020.

SANTOS, J. A.; DUARTE, C. Degradação e proteção superficial da madeira em exterior. **Corrosão e Proteção de Materiais**, v. 32, n. 1, p. 10-18, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.mec.pt/pdf/cpm/v32n1/v32n1a02.pdf>. Acesso em: 14 abr. 2020.

SANTOS, L. H. O. *et al.* Características químicas e físicas da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.). **Nativa**, v. 8, n. 3, p. 361-366, 2020. DOI: 10.31413/nativa.v8i3.9526

SANTOS, P. E. T.; LAVORANTI, O. J.; SALANTE, L. Amostragem de toras de árvores de *Eucalyptus grandis* selecionadas para finalidades de serraria e energia. **Pesquisa Florestal Brasileira**, n. 54, p. 53-61, 2007. Disponível em: https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPF/42685/1/PFB54_p53-61.pdf. Acesso em: 25 fev. 2020.

SARLO, H. B. **Influência das fases da lua, da época de corte e das espécies de bambus sobre o ataque de *Dinoderus minutus* (Fabr.) (Coleóptera: Bostrichidae)**. 2000. 45 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2000.

SCHALLER, C.; ROGEZ, D. New approaches in wood coating stabilization. **Journal of Coatings Technology and Research**, v. 4, n. 4, p. 401-409, 2007. DOI: 10.1007/s11998-007-9049-5

SCHMIDT, O. **Wood and tree fungi: biology, damage, protection, and use**. Berlin: Springer, 2006. 344 p.

SHIMOYAMA, V. R. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus* sp.** 1990. 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1990.

SILVA, J. C. **Anatomia da madeira e suas implicações tecnológicas**. 2005. 140 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2005.

SILVA, J. C. *et al.* **Influência da idade e da posição ao longo do tronco na composição química da madeira de *Eucalyptus grandis* hill ex. Maiden**. **Revista Árvore**, v. 29, n. 3, p. 455-460, 2005. DOI: 10.1590/S0100-67622005000300013

SILVA, J. C. **Eucalipto: manual prático do fazendeiro florestal produzindo madeira com qualidade**. 3. ed. Viçosa: UFV, p. 9-27, 2011.

SILVA, J. G. M. *et al.* Qualidade da madeira de mogno africano para a produção de serrados. **Scientia Forestalis**, v. 44, n. 109, p. 181-190, 2016.

SILVA, L. F. **Avaliação da aptidão de seis clones de híbrido de *Eucalyptus* para o processamento mecânico**. 2018. 90 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2018.

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

SILVA, M. R.; MACHADO, G. O.; GOMES JUNIOR, C. C. Efeito do tratamento térmico nas propriedades mecânicas de *Pinus elliotti*. *In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E ESTRUTURAS DE MADEIRA*, 11, Londrina, 2008. Anais [...] Londrina: UEL - EBRAMEM, 2008.

SIQUEIRA, G. L. **Variação radial das propriedades físicas e mecânicas da madeira de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.).** 2015. 24 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2015.

SOUSA, O. M. Época de corte e secagem natural das Madeiras nacionais. Estudos e informação. 41-D6. Direção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas. 1954.

SOUZA, C. O. **Resíduos de mogno africano e eucalypto para briquetagem.** 2015. 58 f. Monografia (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Espírito Santo, Jerônimo Monteiro, 2015.

SOUZA, J. C. A. V.; BARROSO, D. G. B.; CARNEIRO, J. G. A. **Cedro australiano.** Niterói: Programa Rio Rural, 2010. 12 p. (Programa Rio Rural. Manual Técnico, 21). Disponível em: <http://www.pesagro.rj.gov.br/downloads/riorural/manual21.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2019.

STANGERLIN, D. M. **Monitoramento de propriedades de madeiras da Amazônia submetidas ao ataque de fungos apodrecedores.** 2012. 259 f. Tese (Doutorado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2012.

SWIFT, M. J.; HEAL, D. W.; ANDERSON, J. M. **Studies in ecology-decomposition in terrestrial and aquatic ecosystems.** Oxford: Blackwell. p. 54-94, 1979.

TECHNICAL ASSOCIATION OF THE PULP AND PAPER INDUSTRY. **TAPPI test methods T264 om – 88:** preparation of wood for chemical analysis. Atlanta: Tappi Technology Park, 1996.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, v. 2, n. 1, p. 94-111, 1996.

UEDA, A.; KOBAYASHI, M. Attraction of *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae) to logs bored by conspecific silent males. **Bulletin of FFPRI**, v. 4, n. 1, p. 39-44, 2005.

VITAL, B. R. **Métodos de determinação da densidade da madeira.** Viçosa: SIF, 1984. 21 p. (Boletim Técnico, 1).

VIVIAN, M. A. *et al.* Resistência biológica da madeira tratada de duas espécies de *Eucalyptus* em ensaio de campo. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 34, n. 80, p. 425-433, 2014. DOI: 10.4336/2014.pfb.34.80.545

WILLERDING, A. L.; VIANEZ B. F. Utilização de bórax por difusão no tratamento de preservação de lâminas de sumaúma (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.). **Revista Árvore**, v. 27, n. 3, p.321-326, 2003. DOI: 10.1590/S0100-67622003000300007

WINANDY, J. E.; ROWELL, R. M. The chemistry of wood strength. *In*: ROWELL, R. M. **Handbook of wood chemistry and wood composites**. Boca Raton: Taylor and Francis, p. 306-350, 2005.

WOLLMANN, J. *et al.* Estrutura da assembleia de scolytinae (Coleoptera: Curculionidae) em áreas florestadas com *Eucalyptus* spp. no Sul do Rio Grande do Sul. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 4, 2017. DOI: 10.5902/1980509830299.

WOOD, S. L. The bark and ambrosia beetles of North and Central America (Coleoptera: Scolytidae): a taxonomic monograph. **Great Basin Naturalist Memoirs**, n. 6, p. 1-1359, 1982.

ZANÚNCIO, A. J. V.; FARIAS, E. S.; SILVEIRA, T. A. Termorreificação e colorimetria da madeira de *Eucalyptus grandis*. **Floresta e Ambiente**, v. 21, n. 1, 2014. DOI: 10.4322/floram.2014.005

ZANÚNCIO, J. C. *et al.* Plants of an Eucalyptus clone damaged by Scolytidae and Platypodidae (Coleoptera). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 5, 2005. DOI: 10.1590/S0100-204X2005000500013