

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

LAVÍNIA BOTELHO MENDES

RESISTÊNCIA NATURAL DE ESPÉCIES TROPICAIS A CUPINS DE
MADEIRA SECA

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2022

LAVÍNIA BOTELHO MENDES

RESISTÊNCIA NATURAL DE ESPÉCIES TROPICAIS A CUPINS DE
MADEIRA SECA

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheira Florestal.

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2022

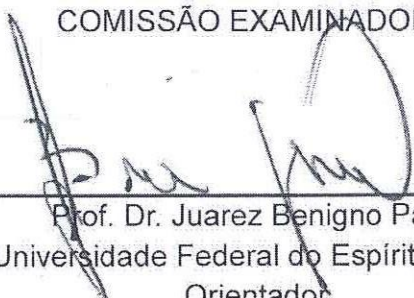
LAVÍNIA BOTELHO MENDES

RESISTÊNCIA NATURAL DE ESPÉCIES TROPICAIS A CUPINS DE MADEIRA
SECA


Monografia apresentada ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da
Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do
título de Engenheiro Florestal

Aprovada em 23 de agosto de 2022.

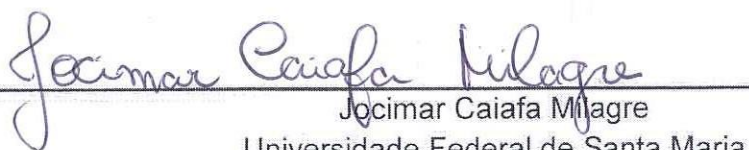
COMISSÃO EXAMINADORA



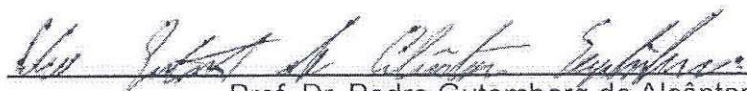
Prof. Dr. Juares Benigno Paes
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



Fernanda Dalfior Maffioletti
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador



Jocimar Caiafa Milagre
Universidade Federal de Santa Maria
Examinador



Prof. Dr. Pedro Gutemberg de Alcântara Segundinho
Universidade Federal do Espírito Santo
Examinador

À minha família, minha maior inspiração.
Carinhosamente, dedico!

“Não se deve ir atrás de objetivos fáceis, é preciso buscar o que só pode ser alcançado por meio dos maiores esforços.”

Albert Einstein

AGRADECIMENTOS

À minha família, sempre presente com todo apoio e amor.

Aos meus avós Selma e Aides, que desde nova, me incentivam a ser independente.

Aos meus pais Cláudia e Sidney que com todo amor, esforços e sacrifícios nunca desistiram de investir na minha educação. Essa conquista é de vocês.

Ao meu irmão Júnior, que sempre foi um exemplo para mim.

À Universidade Federal, ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira e ao Laboratório de Biodeterioração e Proteção da Madeira por possibilitar a realização deste estudo.

Ao Professor Juarez B. Paes, pela orientação e por me acolher. Sou eternamente grata por todos ensinamentos.

À mestranda Fernanda D. Maffioletti, pela amizade, simpatia e apoio. Você foi essencial para a realização deste trabalho. Te desejo muito sucesso.

Ao meu primo Lucas, que além de compartilharmos a infância, nos reencontramos e seremos colegas de profissão.

Ao mestrando Jocimar C. Milagre por toda atenção e carinho na composição desse trabalho. Mesmo à distância tive grande aprendizado.

Meu namorado Lohan, pelo amor e por todos os momentos. Você tornou as adversidades leves e divertidas.

Aos meus professores, exemplo de profissionais que de forma singular foram parte da minha trajetória.

Aos Professores Edson Kretle e Frederico Castro do Instituto Federal do Espírito Santo, que me incentivaram a trilhar esse caminho.

Aos meus amigos Gabriel e Matheus Carvalho, que fizeram parte de anos inesquecíveis. Foram bons momentos de risadas, estudos e muito companheirismo.

Aos meus amigos e colegas.

E a todos aqueles que, de forma direta ou indireta, contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

RESUMO

A madeira foi um dos primeiros materiais explorados pelo homem e apresenta uma gama variável de utilização, tanto no meio rural quanto no meio urbano. A resistência natural é um fator determinante para qualidade da madeira e determina seus diferentes usos. Sua durabilidade está associada à resistência natural das espécies aos organismos xilófagos. Os cupins da espécie *Cryptotermes brevis*, pertencentes à família Kalotermitidae, podem deteriorar a madeira causando danos à sua estrutura. Os cupins desse grupo instalam suas colônias em peças de madeira e as usam como fonte de alimento, gerando infestações em madeiras com baixa resistência natural. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar a resistência natural de madeiras provenientes de florestas tropicais ao ataque de cupins de madeira seca *Cryptotermes brevis* em condições controladas de laboratório. Foram avaliadas a perda de massa, a mortalidade dos cupins, o desgaste (através de notas) e o número de orifícios para 10 espécies (7 nativas e 3 exóticas). Para o ensaio de resistência a organismos xilófagos realizou-se o ensaio de alimentação forçada com térmitas de madeira seca (*Cryptotermes brevis*) nas 11 madeiras de espécies tropicais. não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$) para perda de massa e mortalidade. Entretanto, para o desgaste e o número de orifícios foram observadas diferenças entre os tratamentos. As espécies que apresentaram maior desgaste foram o pinus, o angico-vermelho e o eucalipto, tanto no cerne quanto no alburno. Já as espécies com menores notas de desgaste foram parajú, jacarandá violeta e angelim amargoso.

Palavras-chave: Organismos xilófagos; térmitas; deterioração; biodeterioração; madeiras nativas.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 O problema e sua importância	2
1.2 Objetivos	3
1.2.1 Objetivo geral.....	3
1.2.2 Objetivos específicos	3
2. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1 Florestas Tropicais	4
2.2 Madeiras tropicais de interesse comercial	5
2.3 Resistência natural.....	10
2.4 Cupins de madeira seca	11
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
3.1 Procedência, obtenção do material e ensaio com cupins de madeira seca	13
3.2 Análise estatística dos resultados	15
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5. CONCLUSÕES	19
REFERÊNCIAS.....	20

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Mortalidade dos cupins, perda de massa, desgaste e número de orifícios causados por eles nas espécies madeireiras estudadas	16
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Avaliação do desgaste provocado pelas térmitas de madeira seca.....	14
---	----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Aspecto geral da madeira de angelim amargoso.....	06
Figura 2. Aspecto geral da madeira de angelim pedra.....	06
Figura 3. Aspecto geral da madeira de angico vermelho.....	07
Figura 4. Aspecto geral da madeira de jacarandá violeta.....	07
Figura 5. Aspecto geral da madeira de louro preto.....	08
Figura 6. Aspecto geral da madeira de parajú.....	08
Figura 7. Aspecto geral da madeira de roxinho.....	09
Figura 8. Artigos de madeira com infestações de cupins usados para confecção do ensaio.....	13
Figura 9. Representação do ensaio de cupim de madeira seca com tubo policloreto de vinila (PVC) e tecido “filó”	14
Figura 10. Ensaio em sala climatizada com umidade controlada.....	14

1. INTRODUÇÃO

A madeira foi um dos primeiros materiais explorados pelo homem, em razão de sua abundância, características e por apresentar uma gama variável de utilização, tanto no meio rural quanto no urbano. É um material de aspecto confortável, durável, isolante térmico e elétrico (PAULA et al., 2016). Ademais, é capaz de manter propriedades como aromas, textura e cores no final dos processos industriais.

O Brasil, além de possuir a segunda maior cobertura florestal do mundo, desenvolveu tecnologia avançada para a exploração de florestas e para a transformação industrial da madeira (JUVENAL; MATTOS, 2002). O País possui, segundo estimativas, as maiores reservas de madeira no mundo (Zenid, 2007), com potencial de fornecer produtos florestais madeireiros e não madeireiros de florestas nativas e plantadas. O setor florestal atual é caracterizado, principalmente pelos plantios florestais de rápido crescimento, com espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, situados majoritariamente nos Estados das Regiões Sudeste e Sul, respectivamente (VIDAL et al., 2015).

Entretanto, dados do Ministério do Meio Ambiente - MMA (2006) relatam que para atender a demanda futura sem degradar as florestas naturais, é necessário aumentar a eficiência e eficácia da produção, exploração e conservação da matéria-prima, diversificando o uso de novas espécies. Estas podem vir a atender os padrões de qualidade exigidos pelo mercado internacional, assim como aumentar a oferta e qualidade das madeiras de reflorestamentos ao serem estudadas.

Nesse contexto, a resistência natural é um fator determinante frente à qualidade da madeira. Estudos como os de Romanini et al. (2014) ressaltam que a origem do material, que é orgânica, depende das condições ambientais (umidade, temperatura, pH e disponibilidade de oxigênio) para apresentar maior ou menor durabilidade, pois a madeira é naturalmente suscetível ao ataque de organismos xilófagos como fungos e cupins xilófagos. Os autores citam que a resistência natural é uma das propriedades tecnológicas com maior variabilidade em razão das diferenças de arranjo anatômico e da composição química (qualitativa e quantitativa) da madeira. Também relatam que as árvores proporcionam distintas classes de

durabilidade entre espécies, dentro de uma mesma espécie e também dentro de uma mesma árvore.

A durabilidade natural da madeira é um dos principais fatores que determinam sua utilização, especialmente em países tropicais como o Brasil (MENDES; ALVES, 1988). O conhecimento da durabilidade de madeiras ao ataque de organismos xilófagos é um requisito importante para a sua correta utilização, particularmente nas indústrias de móveis e na construção civil (ABRUZZI et al., 2012), com a perda de produtos madeireiros, causados pela deterioração por fungos apodrecedores e insetos xilófagos.

Madeiras nativas de alta durabilidade natural apresentam maior resistência à organismos xilófagos. Essa resistência à deterioração pode ser atribuída à presença de certas substâncias presentes no lenho, como taninos e outras substâncias fenólicas complexas que são tóxicas a xilófagos (HUNT; GARRATT, 1967; FINDLAY, 1985; LELLES; REZENDE, 1986; OLIVEIRA et al., 1986). Dentre as madeiras tropicais nativas serão estudadas o angelim amargoso, angelim pedra, angico vermelho, jacarandá violeta, piraju e roxinho. Estas foram comparadas com as madeiras exóticas mais cultivadas (eucalipto e pinus) e carne de vaca (grevílea-robusta).

Portanto, o objetivo desse trabalho foi avaliar a resistência natural de espécies tropicais de interesse comercial ao ataque de cupins de madeira seca contabilizando a perda de massa, mortalidade dos cupins, número de orifícios e desgaste nas madeiras para evitar perdas no setor industrial.

1.1 O problema e sua importância

A perda de matéria-prima e produtos oriundos de madeira por organismos xilófagos é constante em vários segmentos industriais. As infestações ocasionadas por organismos como cupins de madeira seca geram prejuízos nos setores socioeconômico e ambiental, uma vez que o uso de madeiras de baixa resistência a xilófagos reduzem a vida útil de produtos provenientes da madeira na indústria moveleira, construção civil e rural. Isso aumenta a demanda de novos produtos de origem florestal, aos quais os fabricantes estão buscando melhorias e controle da

degradação biológica, que geram perdas na produção. Isso aumenta a qualidade, resistência e durabilidade da mercadoria final.

Dessa forma, os resultados obtidos nesse estudo podem contribuir com o conhecimento e análise das propriedades de madeiras tropicais (nativas e exótica), frente aos cupins de madeira seca e comparar com as madeiras mais utilizadas atualmente como matéria-prima de produtos madeireiros, sendo espécies dos gêneros *Eucalyptus* e *Pinus*, além de contribuir com estudos sobre a *Grevillea robusta*.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo geral

Avaliar a resistência natural de madeiras provenientes de florestas tropicais, ao ataque de cupins de madeira seca *Cryptotermes brevis* Walcker, em condições controladas de laboratório.

1.2.2 Objetivos específicos

- Avaliar a perda de massa causada nas madeiras tropicais por cupins de madeira seca (*Cryptotermes brevis*);
- Contabilizar o ataque superficial (danos ou escarificações e orifícios) causadas pelos cupins de madeira seca e correlacioná-las com a perdas de massa; e
- Verificar a relação existente entre a mortalidade dos cupins de madeira seca e os danos causados às madeiras estudadas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Florestas Tropicais

As florestas tropicais são ecossistemas complexos e importantes em termos de diversidade biológica. Estas apresentam grande reserva natural de variedades genéticas que oferecem uma ampla fonte de plantas medicinais, alimentos de subsistência e uma infinidade de outros produtos florestais (madeireiros e não madeireiros).

Na literatura, autores como Landeiro (2011) citam que existem três hipóteses sobre a distribuição de espécies em florestas tropicais. A primeira afirma que a diversidade alfa é alta e a beta é baixa. A diversidade alfa é descrita por Carvalho e Felfili (2011) como a que relaciona o número de espécies à abundância dentro do mesmo fragmento florestal e descrevem a beta como baixa e regional, que envolve a diferença na composição e abundância das espécies nos fragmentos florestais. Landeiro (2011) indica que a distribuição de espécies pode ser uniforme ao longo de grandes áreas. A segunda entra no escopo da teoria neutra, na qual as espécies seriam distribuídas aleatoriamente, porém espacialmente auto correlacionadas, causadas pela dispersão limitada das espécies. A terceira e mais difundida é a que sugere o controle ambiental na distribuição de espécies, segundo a qual existiriam manchas com condições ambientais homogêneas e adequadas a certas espécies.

A maioria das espécies presentes nas florestas tropicais, segundo Myers (1987), citado por Chazdon (2012), são susceptíveis a processos de extinção, uma vez que essas espécies ocorrem em densidades populacionais muito baixas e, ocasionalmente, participam de interações ecológicas muito estreitas e complexas com outras espécies, como as plantas floríferas e seus polinizadores. Assim, a extinção de uma espécie, que mantém relações de dependência com outras, pode promover o desaparecimento de várias outras com as quais ela interage. Algumas das espécies provenientes das florestas nativas possuem boa resistência natural a organismos xilófagos. Por isso, foram muito utilizadas no passado, para o emprego em obras diversas, o que levou à escassez de várias delas.

Portanto, existe uma grande projeção de declínio das florestas tropicais no mundo, ocasionada pelo intenso processo de desmatamento e exploração madeireira, apesar da possibilidade de ampliação da produção agrícola sem a

necessidade de destruição das florestas remanescentes (FRANÇA; SOUZA; SILVA, 2020).

Nesse viés, as florestas brasileiras são fundamentais para a ecologia por serem ricas em biodiversidade florestal e pela grande disponibilidade hídrica localmente encontrada que permite a manutenção do ecossistema local (ANWAR et al., 2012). Possuem uma expressiva diversidade de ecossistemas florestais, dada a área física e diversidade de climas e solos existentes em seu território (LETÃO FILHO, 1987).

2.2 Madeiras tropicais de interesse comercial

O angelim amargoso, *Vatairea* sp (Ducke). e *Vataireopsis* sp., família Leguminosae, de acordo com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT (1989a), produz madeiras pesadas, duras, de coloração castanha-amarelada a castanha-avermelhada com forte gosto amargo. As madeiras desses gêneros são comercializadas como angelim-amargoso. Como elas são semelhantes nas suas características e no comércio têm o mesmo valor comercial. Eles ocorrem nos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima; e, também em outros países, como Belize, Guatemala, Guiana, Honduras, México, Panamá, Suriname.

As madeiras desses gêneros possuem cerne e alburno distintos. O cerne é castanho-amarelado ou castanho-avermelhado (Figura 1); com aspecto fibroso; cheiro imperceptível; gosto amargo, densidade alta; grã direita a irregular; textura grossa (IPT,1989b). O cerne possui alta resistência ao apodrecimento e à ação de cupins de madeira seca. Porém, é susceptível ao ataque de brocas e organismos marinhos (IPT,1989a). Sendo utilizada na Construção civil (caibros, vigas e ripas). Utilizada também como partes decorativas de móveis, decoração e adorno (lâminas decorativas), embarcações, embalagens e cabos de ferramentas (IPT,1989ab).



Figura 1. Aspecto geral da madeira de angelim amargoso. Fonte: O autor.

O angelim pedra, *Hymenolobium petraeum* (Ducke), Leguminosae, ocorre nos estados do Amazonas, Pará, Rondônia e Roraima. De acordo com o IPT (1983) sua madeira possui cerne e alburno distintos, sendo o cerne castanho-avermelhado claro ou escuro, com manchas castanhas mais escuras, causadas pela exudação de óleo-resina. O alburno é castanho-pálido; brilho ausente; cheiro e gosto imperceptíveis (Figura 2). A madeira tem densidade média; dura ao corte; grã direita a revessa; textura grossa, aspecto fibroso.

O cerne desta espécie é classificado como durável a muito durável em relação a fungos apodrecedores; moderadamente resistente a brocas marinhas e resistente a cupins de madeira seca (SUDAM/IPT,1981). Sua madeira é empregada na Construção civil (vigas e caibros, portas, veneziana e caixilhos, forros e lambris). Além de ripas, pontaletes, andaimes e fôrmas para concreto. Também é utilizada na fabricação de móveis, cabos para cutelaria e lâminas decorativas (IPT, 1983).



Figura 2. Aspecto geral da madeira de angelim pedra. Fonte: O autor.

O angico vermelho, *Anadenanthera peregrina* (Yopo), família Fabaceae, ocorre no norte e no nordeste da Argentina (Martinez-Crovetto, 1963), no sul da

Bolívia (Killean et al., 1993), e no leste do Paraguai (Lopez et al., 1987). Sua madeira possui superfície pouco lustrosa e irregularmente áspera; textura média; grã irregular a reversa. Cheiro imperceptível e gosto ligeiramente adstringente. Sendo indicada para ações de reflorestamento, preservação ambiental, arborização urbana, paisagismos ou plantios domésticos.



Figura 3. Aspecto geral da madeira de angico vermelho. Fonte: O autor.

O jacarandá violeta, *Dalbergia cearenses* (Ducke), família Fabaceae, segundo a Embrapa (2010) ocorre nos estados da Bahia, Ceará, Piauí, Pernambuco e Minas Gerais. Tem-se a coloração variando de rosa a castanho escuro, textura fina e uniforme; grã reta, mas pode ser inconsistente nos anéis de crescimento e a durabilidade é classificada como alta. É usada em madeiras serradas e roliças, energia, celulose e papel, paisagismo, recuperação de áreas degradadas e apícola.



Figura 4. Aspecto geral da madeira de jacarandá violeta. Fonte: O autor.

O louro preto, *Cordia glabrata* (Mart.), família Boraginaceae, foi descrita por Moulin et al. (2016) como uma espécie nativa, mas não endêmica do Brasil,

encontrando-se distribuída no Norte (PA), Nordeste (todos os estados), Centro-Oeste (DF, GO, MS e MT) e Sudeste (ES, MG e SP), em ambientes de floresta estacional decidual, caatinga e cerrado. Sua madeira é moderadamente pesada, bastante decorativa e pode ser empregada na confecção de móveis em geral. Por sua alta densidade, apesar de média estabilidade dimensional, pode ter seu uso limitado onde a estabilidade seja considerada importante, como pisos, forros, esquadrias e móveis.



Figura 5. Aspecto geral da madeira de louro preto. Fonte: O autor.

O parajú, *Manilkara huberi* (Ducke), família Sapotaceae, foi descrita pelo IPT (2017), como tendo cerne e alburno distintos pela cor, cerne vermelho-claro tornando-se vermelho-escuro com o tempo; sem brilho; cheiro e gosto imperceptíveis; densidade alta; dura ao corte; grã direita; textura fina. É resistente ao ataque de fungos apodrecedores e cupins subterrâneos. Apresenta moderada resistência aos cupins-de-Madeira-seca e baixa resistência aos xilófagos marinhos. É usada na construção civil em dormentes ferroviários, pontes cruzetas, estacas, tesouras, vigas, caibros, assoalhos e tacos parquetes. No uso mobiliário, partes decorativas de móveis (puxadores, entalhes) e outros usos, como peças torneadas, instrumentos musicais (arcos de violinos), lâminas e tacos de bilhar.



Figura 6. Aspecto geral da madeira de parajú. Fonte: O autor.

O roxinho, *Peltogyne paniculata* (Ducke)., família Leguminosae, ocorre no Brasil nos biomas Amazônia e Mata Atlântica. A distribuição geográfica é nos estados do Acre, Amapá, Amazonas, Bahia, Espírito Santo, Maranhão, Mato Grosso, Minas Gerais, Pará e Rondônia. Em outros países é presente na Bolívia, Colômbia, Guiana, Guiana Francesa, Suriname. Segundo o IPT (2022) sua madeira apresenta cerne e alburno distintos pela cor, cerne roxo podendo escurecer com o tempo, alburno bege claro; brilho moderado a acentuado; cheiro e gosto imperceptíveis. É descrita com densidade alta; dura ao corte; grã direita a irregular; textura fina a média.

A madeira do roxinho é considerada de alta resistência ao ataque de organismos xilófagos (fungos apodrecedores e cupins de madeira seca). Apresenta baixa resistência a organismos xilófagos marinhos. É usada na Construção civil em dormentes ferroviários, cruzetas, esteios, estacas, tesouras, vigas, caibros, esquadrias, painéis, forros, ambris, assoalhos, mobiliário, embarcações, lâminas decorativas, cabos de ferramentas, cabos para cutelaria, transporte, decoração e adorno, peças torneadas e tacos de bilhar.



Figura 7. Aspecto geral da madeira de roxinho. Fonte: O autor.

2.3 Resistência natural

Nenhuma espécie de madeira, nem mesmo aquelas de reconhecida durabilidade natural, é capaz de resistir, indefinidamente, às intempéries, variações das condições ambientais, ataque de microrganismos e ação do próprio homem. Por ser material de natureza orgânica e no estado em que é normalmente utilizada, a madeira já não apresenta vida, sendo a parte morta de um vegetal. Ela está sujeita à próxima etapa da sequência natural de qualquer ser vivo: a deterioração e decomposição (OLIVEIRA; TOMASELLO; SILVA, 2005).

A resistência biológica da madeira é atribuída à presença de certas substâncias no lenho, como taninos e outras substâncias fenólicas complexas, que podem ser tóxicas a fungos e a insetos xilófagos (PAES et al., 2016). Desta forma, os autores citam que o conhecimento da resistência natural é vital para a recomendação do uso mais adequado, poupando gastos desnecessários com a substituição de peças e reduzindo os impactos ao meio ambiente. O autor aponta que há espécies com apenas um composto químico responsável pela resistência e outras, vários componentes atuando de modo sinérgico e conferindo à madeira sua durabilidade natural. Há também variações de resistência natural dentro da árvore, e Paes (2002) esclarece que ela está correlacionada à concentração dos extrativos tóxicos presentes no lenho.

No Brasil, as madeiras com maior durabilidade (qualidade e resistência natural) foram denominadas como madeiras de lei pela Corte Portuguesa e apenas o governo tinha a permissão para realizar a sua extração, usando-as principalmente em construções navais e civis. Atualmente algumas madeiras avaliadas neste trabalho são consideradas nobres e por causa do desmatamento desenfreado, encontram-se sob risco de extinção, permanecendo protegidas por lei. Elas estão presentes nos diferentes biomas brasileiros.

Apenas para informações sobre a devastação e uso inadequado da cobertura florestal brasileira, apenas a Mata Atlântica, na época do descobrimento media cerca de 1,3 milhões de Km², estendendo-se desde o Rio Grande do Sul ao Rio Grande do Norte (estendendo-se para o interior, atingindo Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais). Enquanto a Floresta Amazônica (território brasileiro) possuía um tamanho aproximado de 4 milhões de Km² (PÁDUA, 2013). De qualquer forma, a ação antrópica é notável, pois de 1970 até o presente, a cobertura florestal restante foi

reduzida de 99% para 80%, indicando uma redução de mais de 700 mil Km² de floresta (HECHT; COCKBURN, 2010).

A crescente devastação florestal e o uso indiscriminado de produtos florestais colocam em risco de extinção inúmeras espécies arbóreas utilizadas na economia humana (COSTA, 1998). Isto pode estar relacionado, muitas vezes, ao ataque de organismos xilófagos, que consomem tais produtos, quando esses não possuem resistência biológica ou são indevidamente utilizados. Dentre os insetos mais comum consumindo a madeira e seu derivados, utilizados pela indústria madeireira, encontram-se os cupins de madeira seca.

2.4 Cupins de madeira seca

Os cupins são insetos sociais da ordem Isoptera, composta por cerca de 2.750 espécies descritas no mundo. São conhecidos por sua importância econômica como pragas de madeira e de outros materiais celulósicos, têm atraído a atenção de muitos pesquisadores por serem insetos sociais, e assim, considerados mais evoluídos (PAES et al., 2016).

Os cupins estão distribuídos na faixa de florestas tropicais e subtropicais, com um gradiente de aumento na riqueza de gêneros que vai das altas às baixas latitudes (REIS; CANCELLO, 2007). Gonçalves e Oliveira (2006) frisam sobre as infestações causadas por cupins, que se alastram dentro da madeira seca, sendo transportado de um local para outro, dentro dos móveis infestados. Por esse motivo, atualmente são considerados cosmopolitas, vivendo em todo globo terrestre.

Aqueles de madeira seca, como *Cryptotermes brevis* pertencentes à família Kalotermitidae, vivem em madeira com baixo teor de umidade (GONÇALVES; OLIVEIRA, 2006). Os cupins desse grupo instalam suas colônias em peças de madeira com teores de umidade variando de 10 a 12% e não exigem contato com o solo (SILVA; CABALLEIRA LOPEZ; OLIVEIRA, 2004). Usam a madeira como fonte de alimento e umidade necessária para a sobrevivência das colônias. Esses organismos se alimentam dos polímeros naturais da sua parede celular e possuem sistemas enzimáticos específicos, capazes de metabolizá-los em unidades digeríveis. No caso dos cupins da espécie *Cryptotermes brevis*, a digestão é feita por protozoários simbióticos existentes em seu sistema digestivo.

O potencial de destruição desses insetos xilófagos, que causam danos em madeiras das estruturas de edificações, móveis, livros e demais produtos oriundos da celulose, trazendo como consequência inúmeros prejuízos em áreas urbanas em todo o mundo (PESSOA; BERTI FILHO; BRITO, 2006). Ademais, relatam ser a principal praga das construções do sudeste brasileiro, ocorrendo também nas Regiões Norte e Sul do Brasil, gerando infestações principalmente em madeiramento das edificações.

Uma das formas de identificar o ataque de *Cryptotermes brevis* é pela presença de suas fezes. Pedro (2012) indica que estas são expulsas de madeiras infestadas, e são utilizadas para fechar as galerias, que não serão usadas, e tem a coloração variando de creme ao marrom escuro, dependendo da madeira e de seu grau de utilização pelos insetos, uma vez que eles costumam ingeri-las para repor a flora intestinal, após a troca da ecdise. Uma das formas de controle da infestação é pela reposição das partes atacadas, aplicação de inseticidas, utilização de madeira tratada quimicamente ou o uso de espécies madeireiras resistentes ao ataque.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Procedência, obtenção do material e ensaio com cupins de madeira seca

O material utilizado nesse estudo foi doado pela Marcenaria do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira. Ele foi composto por oito madeiras de espécies nativas de florestas tropicais (angelim amargoso, angelim pedra, angico vermelho, jacarandá violeta, louro preto e parajú) e de três espécies exóticas aclimatadas (eucalipto, pinus e grevílea robusta). Para a madeira de eucalipto foram avaliados o cerne e alburno. As madeiras foram desdobradas e os corpos de prova dimensionados conforme a metodologia descrita pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo/Divisão de Madeiras (IPT/DIMAD, 1980).

Conforme metodologia citada, os corpos de prova tinham as dimensões de 2,3 x 0,6 x 7,0 cm (radial x tangencial x longitudinal). Estes foram unidos em pares (conjuntos), com fita adesiva. Sobre tais conjuntos, foi aderido com parafina um recipiente de policloreto de vinila (PVC) de 3,5 cm de diâmetro e 4,0 cm de altura, tendo 40 cupins (39 operários e um soldado), da espécie *Cryptotermes brevis* retirados de carteiras escolares, portas e outras partes de móveis com infestações (Figura 7), sido inseridos no interior do tubo de PVC, e dispostos em uma placa de Petri, para evitar a fuga dos mesmos, caso construíssem orifícios perforantes nas amostras. Para que não houvesse a ação de predadores, utilizou-se um tecido tipo “filó” fixado nos tubos com liga elástica (Figura 8).



Figura 8. Artigos de madeira com infestações de cupins usados para confecção do ensaio. Fonte: O autor.



Figura 9. Representação do ensaio de cupim de madeira seca com tubo policloreto de vinila (PVC) e tecido “filó”. Fonte: O autor.

O ensaio permaneceu em sala climatizada ($28 \pm 2^\circ\text{C}$ e $65 \pm 5\%$ de umidade relativa - UR) por 45 dias (Figura 9). Após esse período foram avaliados a perda de massa, conforme a American Wood Protection Association - AWPA E1 (2016), percentual de mortalidade, quantidade de orifícios e o desgaste (notas, Quadro 1), conforme (IPT/DIMAD, 1980).



Figura 10. Ensaio em sala climatizada com umidade controlada. Fonte: O autor.

Quadro 1. Avaliação do desgaste provocado pelas térmitas de madeira seca.

Nota	Desgaste provocado pelos cupins
0	Nenhum desgaste
1	Desgaste superficial
2	Desgaste moderado
3	Desgaste acentuado
4	Desgaste profundo

Fonte: IPT/DIMAD D-2 (1980).

3.2 Análise estatística dos resultados

Antes da aplicação da análise de variância (ANOVA) dos dados, foram verificadas a normalidade da distribuição dos dados (teste de Lilliefors, $p < 0,05$) e homogeneidade das variâncias (teste de Cochran, $p < 0,05$).

Para os prognósticos das estatísticas, os valores de perda de massa e de mortalidade (%) foram transformados em $\sqrt{\text{dados}/100}$ e para o desgaste (notas) em $\sqrt{\text{Nota}+0,5}$. Em seguida os valores foram verificados por meio da ANOVA e teste F ($p < 0,05$). Quando apresentaram discrepâncias significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No ensaio de alimentação forçada com cupins de madeira seca (*Cryptotermes brevis*) não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos ($p < 0,05$) para perda de massa e mortalidade. Entretanto, para o desgaste e o número de orifícios foram observadas diferenças entre os tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1: Mortalidade dos cupins, perda de massa, desgaste e número de orifícios causados por eles nas espécies madeireiras estudadas.

Espécies	Perda de Massa (%)	Mortalidade (%)	Desgaste (Nota)	Nº de orifícios
1 - Angelim pedra	0,145 a	45,50 a	1,68 c	0
2 - Angico vermelho	1,978 a	53,00 a	2,16 b	0
3 - Angelim amargoso	0,193 a	67,00 a	0,82 e	0
4 - Eucalipto cerne	0,672 a	80,50 a	2,12 b	3
5 - Eucalipto alburno	0,382 a	75,50 a	2,12 b	1
6 - Jacarandá violeta	0,094 a	88,50 a	0,74 e	0
7 - Louro preto	0,058 a	62,50 a	1,30 d	0
8 - Parajú	0,287 a	78,50 a	0,66 e	0
9 - Pinus	1,164 a	78,50 a	2,68 a	9
10 - Roxinho	0,437 a	59,50 a	1,78 c	0
11 - Grevílea	0,661 a	83,50 a	1,54 c	0

A AWWPA E 1 (2016) classifica a mortalidade em baixa (0 - 33%), moderada (34 - 66%), alta (67 - 99%) e total ou completa (100%). Assim angelim pedra, angico vermelho, louro preto e roxinho tiveram a mortalidade moderada, tendo sido alta nas demais madeiras. A madeira de pinus é tida como de pouca resistência a organismos xilófagos. Porém compostos como terpenos e terpenoides, existentes na madeira, podem causar a morte das térmitas, principalmente em se tratando de madeira desdobrada recentemente. Resultados semelhantes foram obtidos por Gonçalves e Oliveira (2006).

De acordo com Medeiros Neto et al. (2022), a mortalidade dos cupins provavelmente está ligada ao consumo de substâncias tóxicas presentes na madeira em concentrações consideráveis. Ela também pode estar associada a dificuldades

dos insetos em escarificarem a madeira. Embora tenham sido observadas diferenças no desgaste entre as espécies de madeira avaliadas, o desgaste provocado não foi suficiente para alterar de forma significativa as massas dos corpos de prova avaliados.

A madeira de pinus se destacou entre as espécies estudadas por apresentar uma baixa resistência natural ao *C. brevis*, o que foi evidenciado pelo maior desgaste e maior número de orifícios resultantes do ataque. Cosme Júnior et al. (2020) avaliaram a resistência da madeira de nove espécies tropicais ao *C. brevis* e encontraram que o pinus foi uma das espécies que apresentaram maiores infestações e consumo de madeira. Nesse mesmo estudo, os menores teores de extrativos e lignina da madeira do pinus não foram correlacionados com a maior infestação e consumo (COSME JÚNIOR et al., 2020). A baixa densidade e dureza da madeira de pinus podem explicar sua menor resistência natural ao ataque de cupins (GONÇALVES et al., 2013; COSME JÚNIOR et al., 2020). Uma vez que tais insetos necessitam de remover um maior volume da madeira para satisfazerem suas necessidades de alimentação.

O alburno é o tecido lenhoso, geralmente de coloração clara, constituído de células fisiologicamente ativas, não obstruídas, por onde circulam as substâncias nutritivas da planta, razão pela qual é facilmente atacado pelos agentes que degradam a madeira (LOPES, 2008; GONÇALVES et al., 2013). Já o cerne normalmente apresenta maior resistência natural pela presença de extrativos (SILVA et al., 2004). Apesar disso, a madeira de eucalipto cerne apresentou o mesmo desgaste e um maior número de orifícios que a do alburno. Na Tabela 1, os resultados obtidos indicam que não houve diferença significativa entre o cerne e o alburno de eucalipto entre a perda de massa e mortalidade dos cupins.

Para a grevélea foi constatado um desgaste intermediário (nota = 1,54) e não foram observados orifícios. Essa madeira é utilizada para produção de móveis e esquadrias, as suas características tecnológicas e seu comportamento na usinagem é desconhecido (BOBADILLA, 2004). Tal fato mostra a importância de ter incluído esta espécie neste estudo sobre resistência natural ao *C. brevis* e reforça a necessidade de novos estudos sobre as propriedades de sua madeira.

A espécie parajú se destacou por apresentar o menor valor de desgaste e por não apresentar orifícios. Essa madeira também se destacou entre espécies

avaliadas no estudo de Gonçalves et al. (2013) por apresentar uma das menores notas de desgaste, com valor intermediário entre ausência de ataque e dano superficial. Nessa linha, Marcchiori (2017) encontrou que a madeira de parajú foi a que apresentou maior resistência ao ataque dos cupins e teve menor desgaste nos ensaios, causado pela alta taxa de mortalidade dos insetos, que não conseguiram escarificá-la. A taxa de mortalidade dos cupins nessa espécie foi de 78,50%, com menores notas de desgaste e sem orifícios, tendo resultados semelhantes ao de pesquisas anteriores sobre a resistência do parajú a *C. brevis*. Esses resultados podem estar associados à uma alta densidade da madeira de parajú e teor de cinzas (GONÇALVES et al., 2013).

Juntamente com o parajú, o jacarandá violeta e o angelim amargoso se destacaram por apresentar baixos valores de desgaste e por não apresentarem orifícios. O angelim amargoso e o jacarandá violeta tiveram menor perda de massa e alta mortalidade dos cupins, desgaste classificado como 0 de acordo com o Quadro 1 e sem números de orifícios. Na literatura, há poucas pesquisas na área relacionadas a resistência natural dessas espécies.

O angico vermelho apresentou o segundo maior desgaste, apesar de ter sido uma das mais resistentes na pesquisa de GONÇALVES et al. (2013). Este, por sua vez, indica que as madeiras com menores valores absolutos de desgaste apresentam maiores teores de cinzas, à exceção do angico-vermelho e do roxinho, respectivamente, 0,35% e 0,14%.

O roxinho, anteriormente estudado por Gonçalves et al. (2013) foi classificada em ter não apresentar desgaste. Entretanto, seu desgaste foi moderado e com a mortalidade dos cupins de 59,60%.

5. CONCLUSÕES

As espécies que sofreram maior desgaste foram o pinus, o angico vermelho e o eucalipto, tanto no cerne quanto no alburno. Já as espécies com menores notas de desgaste foram parajú, jacarandá violeta e angelim amargoso. Em relação ao número de orifícios nos corpos de prova avaliados, um maior número foi observado na madeira de pinus. Eucalipto cerne e alburno também apresentaram orifícios na madeira. Nos corpos de prova das demais espécies não foram observados orifícios causados pelos cupins.

A madeira de pinus demanda tratamento para ser usada, pois sua baixa resistência natural pode comprometer a durabilidade da madeira para fins industriais. O parajú teve elevada resistência natural, o que faz com que ele possa ser indicado para usos como construção civil. O desgaste da grevélea foi intermediário e não houveram orifícios, entretanto, há necessidade de novos estudos sobre a composição da madeira para determinar os usos industriais.

As espécies nativas estudadas apresentaram maior resistência ao ataque de cupins *C. brevis* quando comparadas às espécies exóticas pinus e eucalipto.

É recomendado estudos adicionais, com a realização de análises químicas e físicas da madeira das espécies avaliadas.

REFERÊNCIAS

ABRUZZI, R.C.; PIRES, M.R.; DEDAVID, B.A.; KALIL, S.B. Relação das propriedades mecânicas e densidade de postes de madeira de eucalipto com seu estado de deterioração. **Revista Árvore**, v.36, n.6, p.1173, 1181, 2012.

ALVES, M. V. S., et al. Resistência natural de seis espécies de madeiras da região amazônica a fungos apodrecedores, em ensaios de laboratório. **Ciência Florestal**, v. 16, p. 17-26, 2006.

BOBADILLA, E. A. DURABILIDAD NATURAL DE LA MADERA DE CINCO ESPECIES APTAS PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN. **Maderas, Cienc. tecnol.**, Concepción, v. 7, n. 2, p. 134, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-221X2005000200008&lng=es&nrm=iso>. Acesso em: 23 ago. 2022. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-221X2005000200008>.

BRASIL perdeu 10% do território em vegetação nativa entre 1985 e 2019. *In*: IPAM (AMAZÔNIA) (Org.). Brasil perdeu 10% do território em vegetação nativa entre 1985 e 2019. Manaus: **Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia**, 31 ago. 2020. Disponível em: <https://ipam.org.br/brasil-perdeu-area-de-vegetacao-nativa-equivalente-a-10-do-territorio-nacional-entre-1985-e-2019/>. Acesso em: 11 ago. 2022.

CARVALHO F. A.; FELFILI J. A.; aplicação da diversidade alfa e beta para definição de áreas prioritárias para conservação: uma análise das florestas decíduais sobre afloramentos calcários no vale do Paranã, Goiás. **Bioscience Journal**. v. 27, n. 5, p. 830-838, 2011.

CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Colombo: Embrapa Florestas, 2010. v. 4, p. 563-569.

CHAZDON, R. Regeneração de florestas tropicais. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais**, v. 7, n. 3, p. 195-218, 2012.

COSME JUNIOR, L.; TURCHEN, L. M.; GUEDES, R. N. C. Chemical constituents of tropical woods and resistance to the invasive drywood termite *Cryptotermes brevis*. **Journal of Applied Entomology**, v. 144, n. 4, p. 270-277, 2020.

COSTA, A. C. S.; LEAL, C. S.; SANTOS, L. C.; CARVALHO, A. M. M. L.; OLIVEIRA, A. C. PEREIRA, B.L.C. Propriedades da madeira de cerne e alborno de *Eucalyptus camaldulensis*. **Revista Ciência da Madeira**, v. 8, n. 1, p. 10-20, 2017.

COSTA, R. S. Ensaio mecânicos em madeiras nativas do estado do RS: flexão estática–módulo elasticidade. **Salão de Iniciação Científica (10.: 1998: Porto Alegre)**. Livro de resumos. Porto Alegre: UFRGS, 1998., 1998.

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

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

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Informações sobre madeira: Angelim amargoso. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Informações sobre madeiras**. São Paulo, 2022. Disponível em: <http://www.ipt.br/informacoes_madeiras/51.htm>. Acesso em: 8 ago. 2022.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. Informações sobre madeira: roxinho. In: INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Informações sobre madeiras**. São Paulo, 2022. Disponível em: <http://www.ipt.br/informacoes_madeiras/49-roxinho.html>. Acesso em: 8 ago. 2022.

I SEMINÁRIO ONLINE DE TECNOLOGIA E INOVAÇÃO DE PRODUTOS FLORESTAIS, 2020, Cruzeiro do Sul. **Caracterização anatômica e química de madeiras tropicais da Amazônia**. Cruzeiro do Sul: Ufac, 2020. 6 p. Disponível em: https://doity.com.br/media/doity/submissoes/artigo-950594aa8f7b53d9c9a68b7e121a907a4b74f8d1-segundo_arquivo.pdf. Acesso em: 23 ago. 2022.

JUVENAL, T. L.; MATTOS, L. L. G. O setor florestal no Brasil e a importância do reflorestamento. **BNDES Setorial**, n. 16, p. 3-30, 2002.

LANDEIRO, V. L. **Relações espaciais e ambientais da biodiversidade em florestas tropicais**. 2011. 156 f. Tese (Doutorado) - Curso de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – Inpa, Manaus, 2011. Disponível em: https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/12249/1/Tese_Victor%20Lemes%20Landeiro.pdf. Acesso em: 23 ago. 2022.

LAFFONT, E. R.; BERTI FILHO, E. Detecção, danos e controle do cupim de madeira seca em móveis históricos do Museu Luiz de Queiroz. **Scientia Agricola**, v. 57, p. 173-175, 2000.

LEITÃO FILHO, H. de F. Considerações sobre a florística de florestas tropicais e sub-tropicais do Brasil. **IPEF**, v. 35, n. 35, p. 41-46, 1987.

MEDEIROS NETO, P. N.; PAES, J. B.; GONÇALVES, F. G. LÓPEZ, Y. M.; BARAÚNA, E. E. P.; RIBEIRO, L. S. Relation of physicochemical characteristics on biological resistance of eucalypts woods to xylophagous termites. **Journal of Building Engineering**, v. 52, p. 104462, 2022.

MENDES, A.S.; ALVES, M. V. S. **A degradação da madeira e sua preservação**. Brasília: IBDF/LPF, 1988. 57 p.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Plano nacional de silvicultura com espécies nativas e sistemas agroflorestais – Pensaf.** Brasília: MMA/MAPA/MDA/MCT, 2006. 38p.

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

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

PAES, J. B.; MORAIS, V. M.; LIMA, C. R. Resistência natural de nove madeiras do semi-árido brasileiro a fungos xilófagos em condições de laboratório. **Revista Árvore**, v. 28, p. 275-282, 2004.

PEDRO, L. P. A. ***Cryptotermes brevis* (Isoptera, Kalotermitidae): biologia e polimorfismo de imaturos.** Trabalho de conclusão de curso, Universidade Estadual Paulista - Instituto de Biociências de Rio Claro. Rio Claro, 44f, 2012.

PESSOA, A. M. C; BERTI FILHO, E.; BRITO, J. O. Avaliação da madeira termorretrificada de *Eucalyptus grandis*, submetida ao ataque de cupim de madeira seca, *Cryptotermes brevis*. **Scientia Forestalis**, v. 72, p. 11-16, 2006.

REIS, Y. T. Riqueza de cupins (Insecta, Isoptera) em áreas de Mata Atlântica primária e secundária do sudeste da Bahia. **Iheringia. Série Zoologia**, v. 97, p. 229-234, 2007.

ROLIM, S. G.; PIOTTO, Daniel. **Silvicultura e tecnologia de espécies da mata atlântica.** Belo Horizonte: Editora Rona, 2018, 160p.

ROMANINI, A.; STANGERLIN, D.M.; PARIZ, E.; SOUZA, A.P.; GATTO, D. A.; CALEGARI, L. Durabilidade natural da madeira de quatro espécies amazônicas em ensaios de deterioração de campo. **Revista Nativa**, v. 2, n. 1, p. 13-21, 2014.

SANTOS, A.P.C.; CHIOSSI, C.C.; SOUZA, J.T.; TALGATTI, M.; SILVEIRA, A.G.; MENEZES, W.M.; COLDEBELLA, R. Durabilidade natural da madeira de espécies florestais exóticas e nativas. **Scientia Agraria Paranaensis**, v. 18, n. 1, p. 28-32, 2019.

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

SILVA, J. C.; CABALLEIRA LOPEZ, A. G.; OLIVEIRA, J. T. S. Influência da idade na resistência natural da madeira de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex. Maiden ao ataque de cupim de madeira seca (*Cryptotermes brevis*). **Revista Árvore**, v. 28, p. 583-587, 2004.

VARELA, V. P.; RAMOS, M. B. P.; MELO, M. F. F. Umedecimento do substrato e temperatura na germinação de sementes de angelim-pedra (*Dinizia excelsa* Ducke). **Revista Brasileira de Sementes**, v. 27, p. 130-135, 2005.

VARJABEDIAN, R. Lei da Mata Atlântica: retrocesso ambiental. **Estudos avançados**, v. 24, p. 147-160, 2010.

VIDAL, J. M.; EVANGELISTA, W. V.; SILVA, J. C.; JANKOWSKY, I. P. Preservação de madeiras no Brasil: histórico, cenário atual e tendências. **Ciência Florestal**, v. 25, p. 257-271, 2015.

ZENID, G.J. Madeiras e suas características. In: OLIVEIRA, J.T.S.; FIEDLER, N.C.; NOGUEIRA, M. (Orgs.). **Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro**. Visconde do Rio Branco: Suprema Gráfica e Editora, 2007. p. 125 -158.