



DAIANE ERIKA LOPES

**RESISTÊNCIA BIOLÓGICA DE PAINÉIS AGLOMERADOS
PRODUZIDOS COM DIFERENTES PROPORÇÕES DE *Hevea*
brasiliensis AO ATAQUE DE *Nasutitermes aquilinus***

LAVRAS-MG

2021

DAIANE ERIKA LOPES

**RESISTÊNCIA BIOLÓGICA DE PAINÉIS AGLOMERADOS
PRODUZIDOS COM DIFERENTES PROPORÇÕES DE *Hevea*
brasiliensis AO ATAQUE DE *Nasutitermes aquilinus***

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Ciências Biológicas para a obtenção do título de Licenciada.

Prof. Dr. José Benedito Guimarães Junior
Orientador

Mr. Douglas Lamounier Faria
Coorientador

LAVRAS - MG

2021

DAIANE ERIKA LOPES

**RESISTÊNCIA BIOLÓGICA DE PAINÉIS AGLOMERADOS PRODUZIDOS COM
DIFERENTES PROPORÇÕES DE *Hevea brasiliensis* AO ATAQUE DE *Nasutitermes
aquilinus***

**BIOLOGICAL RESISTANCE OF PARTICLEBOARDS PRODUCED WITH
DIFFERENT PROPORTIONS OF *Hevea brasiliensis* TO THE ATTACK OF
*Nasutitermes aquilinus***

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Ciências Biológicas para a obtenção do título de Licenciada.

APROVADA em 6 de maio de 2021


Dr. José Benedito Guimarães Junior UFLA

Dr. Ronald Zanetti Bonetti Filho UFLA

Mr. Douglas Lamounier Faria UFLA



Dr. José Benedito Guimarães Júnior
Orientador



Mr. Douglas Lamounier Faria
Coorientador

LAVRAS-MG

2021

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus que me acompanhou nessa longa caminhada e que nunca me desamparou. Por cada vitória que conquistei, sempre viu lá de cima e comemorou comigo sorrindo.

À minha mãe Edna Rita, que sempre com garra e muito esforço me deu tudo o que eu precisava. Que quando eu ligava chorando e pensava em desistir, conversava comigo, me apoiava e fazia com que eu não desistisse do meu sonho.

Aos meus sogros Vicente e Vera, por terem me apoiado e ajudado com tudo, agradeço de coração.

À toda minha família, mesmo aquilo não fazendo sentido para eles, me ajudaram. Seja na busca por minerais ou rochas, por plantas para minhas exsiccatas, os insetos para caixa entomológica, entre outros.

A todos os meus amigos da graduação, pelos risos, por me apoiar, pelas conversas jogadas fora, mas também pelo incentivo e pelo coleguismo em me ajudar.

Ao meu orientador José Benedito, por ter me acolhido em seu laboratório e me dado suporte, meu muito obrigada!

Ao meu coorientador Douglas, não foi por acaso que te escolhi como meu coorientador, não foi por acaso que te escolhi para minha vida. Devo a você tudo que fez e faz por mim, sem você nada disso seria possível, meu muito obrigada, meu amor!

Ao professor Ronald Zanetti Bonetti Filho, por me ajudar na busca pelos térmitas e por ter aceitado de bom grado participar da minha banca, meu muito obrigada!

A todos os professores da UFLA, que a todo momento foram solícitos comigo. Aqueles que foram meus professores na graduação, sinto que levarei um pedacinho de cada um e através disso me faz ser quem eu sou, pois pude refletir a cada aprendizado.

Obrigada a todos que direta ou indiretamente colaboraram para que eu chegasse até aqui!

“Tenho a impressão de ter sido uma criança brincando à beira-mar, divertindo-me em descobrir uma pedrinha mais lisa ou uma concha mais bonita que as outras, enquanto o imenso oceano da verdade continua misterioso diante meus olhos”.

(Isaac Newton)

RESUMO GERAL

A resistência de compósitos lignocelulósicos quanto à sua durabilidade ao ataque de organismos xilófagos, como os cupins, é essencial, por servir de base para a prevenção da deterioração e também a destinação correta deste material. Com isso, este estudo visa avaliar a resistência natural de painéis aglomerados produzidos com diferentes proporções de seringueira (*Hevea brasiliensis*) e/ou pinus (*Pinus oocarpa*) ao ataque de *Nasutitermes aquilinus*. Painéis aglomerados foram produzidos em laboratório com as dimensões de 300 x 300 x 15 mm (comprimento, largura e espessura), densidade nominal de 0,60 g/cm³, sendo utilizado o adesivo uréia-formaldeído na proporção de 8% (em massa). As composições dos painéis foram de 100:0, 75:25, 50:50, 75:25, 0:100 de pinus e seringueira, respectivamente. Dois experimentos foram realizados para determinar a resistência natural dos painéis aglomerados aos térmitas: ensaio de alimentação forçada em laboratório e ensaio de preferência alimentar em campo. Os painéis fabricados com *Hevea brasiliensis* são mais resistentes ao ataque dos térmitas que os fabricados com a madeira de *Pinus oocarpa*, e quanto maior a proporção de *Hevea brasiliensis*, mais resistentes são. Portanto, a utilização da madeira de *Hevea brasiliensis* é indicada para a fabricação de painéis aglomerados de madeira, devido ser mais resistente aos térmitas que o pinus.

Palavras-chave: Térmitas. Xilófagos. Resistência natural. Compósitos lignocelulósicos. Seringueira.

GENERAL ABSTRACT

The resistance of lignocellulosic composites as to their durability to attack by xylophagous organisms, such as termites, is essential, as it serves as a basis for preventing deterioration and also the correct destination of this material. With this, this study aims to evaluate the natural resistance of particleboards produced with different proportions of rubber (*Hevea brasiliensis*) and / or pine (*Pinus oocarpa*) to attack by *Nasutitermes aquilinus*. Particleboards were produced in the laboratory with dimensions of 300 x 300 x 15 mm (length, width and thickness), nominal density of 0.60 g / cm³, using the urea-formaldehyde adhesive in the proportion of 8% (by mass). The compositions of the panels were 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100 of pine and rubber, respectively. Two experiments were carried out to determine the natural resistance of the particleboards to the termites: forced feeding test in the laboratory and test of food preference in the field. The panels made with *Hevea brasiliensis* are more resistant to attack by termites than those made with *Pinus oocarpa* wood, and the higher the proportion of *Hevea brasiliensis*, the more resistant they are. Therefore, the use of *Hevea brasiliensis* wood is indicated for the manufacture of particleboards, because it is more resistant to termites than pine.

Keywords: Termite. Xylophagous. Natural resistance. Lignocellulosic composites. Rubberwood.

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	9
1 INTRODUÇÃO GERAL	9
2 REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1 <i>Pinus</i>	10
2.2 <i>Hevea brasiliensis</i>	10
2.3 Painéis de madeira aglomerada	11
2.4 Térmitas	13
2.4.1 <i>Nasutitermes aquilinus</i>	14
2.5 Avaliação da biodeterioração de painéis aglomerados	15
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	16
REFERÊNCIAS	17
SEGUNDA PARTE - ARTIGO	21
RESISTÊNCIA BIOLÓGICA DE PAINÉIS AGLOMERADOS PRODUZIDOS COM DIFERENTES PROPORÇÕES DE <i>Hevea brasiliensis</i> AO ATAQUE DE <i>Nasutitermes aquilinus</i>	21
1 INTRODUÇÃO	23
2 MATERIAL E MÉTODOS	24
2.1 Produção dos painéis aglomerados e obtenção dos corpos de prova	24
2.2 Resistência biológica ao cupim <i>Nasutitermes aquilinus</i>	24
2.3 Resistência biológica ao <i>Nasutitermes aquilinus</i> em campo	26
2.4 Análise e avaliação dos resultados	27
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
3.1 Ensaio de Resistência biológica ao cupim <i>Nasutitermes aquilinus</i>	27
3.2 Ensaio de resistência biológica ao <i>Nasutitermes aquilinus</i> em campo	28
4 CONCLUSÃO	30
REFERÊNCIAS	31

PRIMEIRA PARTE

1 INTRODUÇÃO GERAL

A espécie *Nasutitermes aquilinus* (Holmgren, 1910) é bastante comum no Brasil, sendo considerada uma praga oportunista, pois consome madeira e também faz seus ninhos em árvores em ambientes rurais e urbanos (BUENO, 2018).

A madeira e seus derivados são suscetíveis aos ataques de xilófagos, como por cupins (ALMEIDA et al., 2012). Os painéis de madeira são compostos por materiais lignocelulósicos, advindos principalmente de espécies florestais. E a cada ano mais estudos vêm sendo realizados para otimizar e diferenciar as matérias-primas utilizadas. Comumente são realizados testes físicos e mecânicos (VARANDA et al., 2013). Mas é extremamente importante a realização de testes com agentes xilófagos, denominados de biodegradação, pois através deles são avaliados a resistência natural, para que o painel possa ser usado de maneira adequada (VIVIAN et al., 2014). Como a demanda por estes produtos na indústria moveleira está cada vez maior (FAO, 2017), os térmitas são preocupantes, pois são os maiores causadores de danos econômicos (BANDEIRA et al., 1998; CONSTANTINO, 1999).

O *Pinus* é um dos gêneros mais utilizados para matéria-prima nas indústrias brasileira de painéis (FIORELLI et al., 2014), mas a diversificação da matéria-prima para a indústria de painéis aglomerados de madeira é de suma importância (TRIANOSKI et al., 2016). Assim, o uso da madeira de *Hevea brasiliensis* para a fabricação de painel aglomerado é uma boa alternativa (FARIA et al., 2021). *Hevea brasiliensis* (Willd. ex ADR. de Juss.) Muell.-Arg (Euphorbiaceae) é bastante usada na extração de látex para a indústria da borracha, mas possui entre 25 a 30 anos de produção de látex. Por isso, muitos estudiosos no Brasil buscam uma nova destinação para a madeira após o ciclo do látex (FERREIRA, et al., 2011; EUFRADE JUNIOR et al., 2015).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a suscetibilidade de painéis aglomerados com diferentes proporções de *Pinus oocarpa* e *Hevea brasiliensis* ao ataque de *Nasutitermes aquilinus* em laboratório e em campo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 *Pinus*

O *Pinus* no Brasil vem sendo plantado desde 1880, que é quando se tem notícias de sua introdução, no qual foram estabelecidas no Rio Grande do Sul. As espécies utilizadas foram trazidas inicialmente pelos imigrantes europeus para a produção de madeiras e também com fins ornamentais (SHIMIZU, 2008). Mesmo em dias atuais, o *Pinus spp.* continua sendo muito utilizado nas indústrias brasileiras, por ele ser uma espécie que possui baixa massa específica além de ter grande disponibilidade de plantios florestais (FIORELLI et al., 2014).

Segundo Shimizu (2008), as espécies florestais do gênero *Pinus*, como *P. caribea*, *P. oocarpa*, *P. maximinoi*, *P. patula*, *P. kesiya* e *P. tecumanii* são bastante utilizadas em várias regiões do Brasil, mas as espécies mais conhecidas são *P. elliotti* e *P. taeda* sendo bastante plantadas na região Sul e sudeste do país. A madeira de pinus tem sido muito utilizada como matéria-prima para muitas indústrias no Brasil, dentre as utilizações estão nas produtoras de celulose de fibra longa, painéis reconstituídos (compensados, *Medium Density Fiberboard - MDF*, *fiberboards*, aglomerados, *Oriented Strand Board - OSB*), madeira serrada que são utilizadas para produção de *pallets*, cercas, portas, batentes, e há também a geração de energia a partir da produção de cavacos (TUOTO; HOEFLICH, 2008).

2.2 *Hevea brasiliensis*

O gênero *Hevea* pertence à família Euphorbiaceae e suas áreas de ocorrência são a Amazônia brasileira, Bolívia, Colômbia, Peru, Venezuela, Equador, Suriname e Guiana (COSTA et al., 2001). *Hevea brasiliensis* (Willd. ex Adr. de Juss.) Muell.-Arg. é uma espécie de origem Amazônica, mas no Brasil as áreas com mais destaque do seu plantio são as regiões do noroeste de São Paulo, o oeste do Triângulo Mineiro e o nordeste do Mato Grosso do Sul que possui excelente clima, alta densidade demográfica além de possuir um grande mercado consumidor. Nos dias de hoje, o estado de São Paulo produz a maior quantidade de borracha natural em território nacional. E de acordo com os dados da Produção Agrícola Municipal (PAM) publicado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2017), para a produção de borracha de cerca de 315,629 toneladas, o estado de São Paulo produziu 182,981 toneladas, aproximadamente 58% do total produzido nacionalmente, em segundo lugar o estado da Bahia, com 40,314 toneladas, ou seja, cerca de 12,77%, seguido pelo Mato Grosso com

23.751 toneladas (7,52%), Minas Gerais com 25.670 toneladas (8,13%), Goiás com 18.912 toneladas (6%) e o estado do Espírito Santo com 10.116 toneladas (3,20%).

De acordo com Eufrade Junior et al. (2015), o ciclo de extração da borracha de *Hevea brasiliensis* dura em torno de 25 a 30 anos, e após isso há uma busca incessante que solucione melhor o uso da madeira que tem por tradição ser usada para produzir lenha, pois essa destinação da madeira tem um baixo valor agregado. Contudo, deve-se basear nas experiências amplamente já consolidadas do sudeste da Ásia em que a madeira possui outras destinações e assim maior valor agregado ao produto. Para isso, os estudos vêm sendo direcionados ao uso após o ciclo da borracha, ou seja, em espécimes com mais de 30 anos (FERREIRA et al., 2011).

No Brasil, estudiosos apontam que ao longo do tempo talvez falte *Pinus* em poucos anos para o setor madeireiro. E com isso, torna-se cada vez mais importante o uso de outras alternativas e a *Hevea brasiliensis* é uma boa possibilidade, pois possui características boas para seu uso em setor moveleiro, e também possui a facilidade de ser dobrada através de vapor e tingimento fácil (ESCOBAR et al., 2011; EUFRADE JUNIOR et al., 2015).

2.3 Painéis de madeira aglomerada

A produção de painéis de madeira aglomerada teve seu início no século XX, na Alemanha por causa da grande dificuldade encontrada para adquirir espécies que possuam boa qualidade para produzir compensados, devido ao isolamento do país em tempos de guerra mundial (MENDES et al., 2010). Podem ser definidos como produtos compostos de elementos de madeira como lâminas, sarrafos, partículas e fibras, obtidos a partir da redução da madeira sólida e reconstituídas através de ligação adesiva. (IWAKIRI, 2005). Além de que, possuem a vantagem de uma menor variabilidade da madeira ou de biomassa residual proveniente de fatores químicos, físicos e mecânicos intrínsecos (PROTÁSIO et al., 2015).

De acordo com Iwakiri (2005) o processo de produção de painéis de madeira aglomerada envolve as seguintes etapas:

- I- Geração de partículas;
- II- Secagem;
- III- Classificação;
- IV- Aplicação do adesivo e de aditivos químicos;
- V- Formação do colchão;
- VI- Pré-prensagem;

- VII- Prensagem a quente;
- VIII- Resfriamento/acondicionamento;
- IX- Acabamento;
- X- Classificação;
- XI- Embalagem;
- XII- Armazenamento.

As madeiras geralmente utilizadas para a produção de painéis aglomerados possuem baixa densidade, e precisam de mais resina e também de outros aditivos. Painéis feitos com espécies de madeira de baixa densidade precisam de uma maior quantidade de partículas para o painel de determinada densidade nominal, então possui maior área superficial, e com isso maior quantidade de resina será preciso. Pois assim, haverá uma melhor aderência das partículas e melhor colagem (MARRA, 1992; TRIANOSKI et al., 2014).

Segundo Vieira et al. (2012), o uso de madeira serrada diminui aos poucos e já o de uso de painéis está crescendo. A produção mundial de painéis de madeira aglomerada e painéis de madeira OSB, que são utilizados na fabricação de móveis, obteve dentro da categoria produtos de madeira o crescimento mais rápido. Em que o crescimento da produção de painéis aglomerados em 2015 foi de apenas 0,3% e saltou para 8% em 2016. Já a produção mundial de painéis de madeira OSB obteve um crescimento de 10% ao ano, ao ser comparado com 2015 que obteve crescimento de 7%. Com isso, o grande fator que impulsionou foi a abertura de novas fábricas na Europa, Rússia, e também o aumento na produção da China e América do Norte (FAO, 2017). Isso acontece devido à falta de toras de madeira, o grande avanço tecnológico na manufatura de painéis de madeira sendo mais acessíveis economicamente, o aumento da pressão ambiental em torno da destruição das florestas e também a aceitação do mercado. Assim, faz-se necessário e de suma importância o estudo ligado ao seu potencial tecnológico de espécies alternativas que possuam um rápido crescimento, para que possa aumentar essa oferta de matéria-prima para as indústrias que utilizam a madeira como sua base. Dentre essas indústrias que consomem muita madeira para o seu processo de produção, estão as fábrica de painéis de madeira aglomerada (TRIANOSKI et al., 2016).

Para a indústria de painéis aglomerados, é de suma importância aumentar a diversidade e também a disponibilidade de matéria-prima (TRIANOSKI et al., 2016). Assim, a busca por novas alternativas de matéria-prima são crescentes em torno da realização de pesquisas, como o uso de outros materiais lignocelulósicos, na variação de pressão, temperatura e/ou resinas para os processos produtivos de painéis (SILVA et al., 2020). E no quesito ecológico, os painéis

aglomerados possuem um melhor aproveitamento da biomassa vegetal, além de apresentar grande vantagem no que diz respeito a materiais convencionais, por possuírem caráter renovável e também biodegradável (PROTÁSIO et al., 2015).

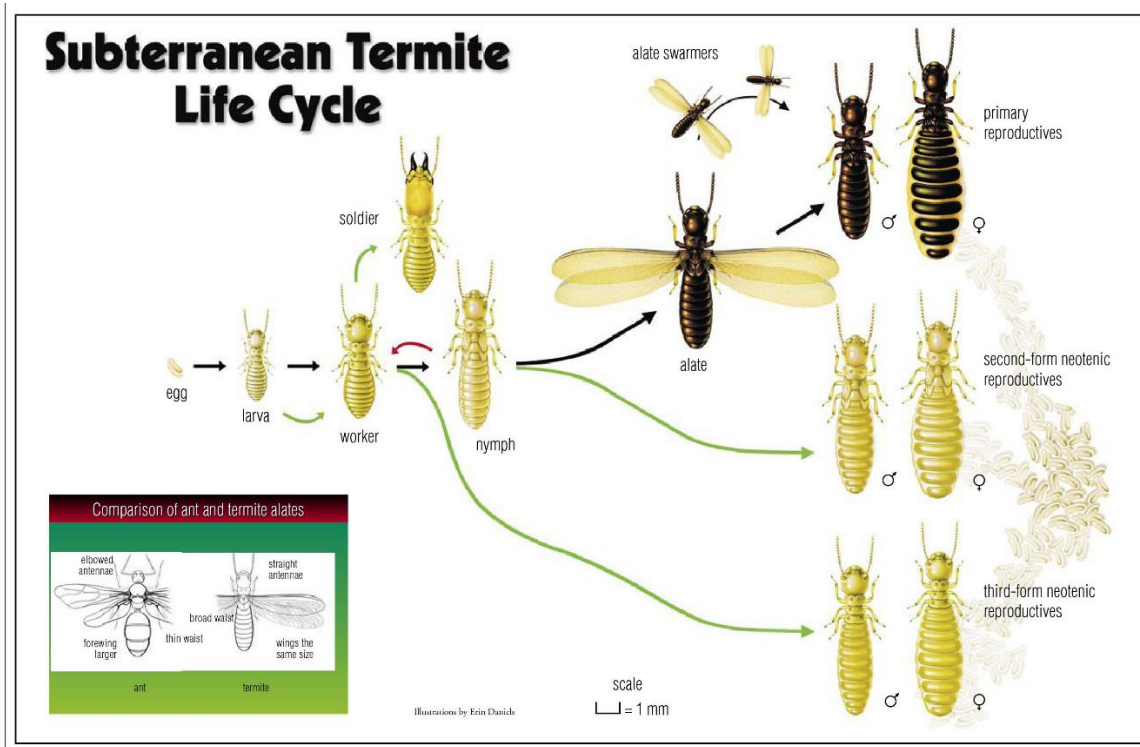
Não somente a madeira, mas também materiais lignocelulósicos, são suscetíveis ao ataque de agentes xilófagos, e ao se produzir um projeto arquitetônico, civil ou moveleiro isso deve ser pensado. Diante disso, os organismos xilófagos mais comuns são os fungos e os térmitas. Os fungos são responsáveis pela podridão parda e branca, que tem como característica de conseguirem decompor tudo que constitui a madeira. E os insetos conhecidos popularmente como cupins, possuem preferência pela celulose, no qual comumente degradam madeira, painéis compensados e também os aglomerados, entre outros que se utilizam como matéria-prima esse composto. Dentre eles os mais estudados são os térmitas de madeira seca, os arborícolas e os subterrâneos (ALMEIDA et al., 2012; GONÇALVES et al., 2020).

2.4 Térmitas

Os térmitas pertencem a infraordem Isoptera, que possui cerca de 3.176 espécies descritas. Eles são organismos que vivem em colônias e as suas atividades distribuídas de acordo com sua casta, e também com a sua forma morfológica que pode ser sem asas e estéreis ou reprodutores com asas. A casta ao qual o indivíduo pertence possui a sua função determinada na colônia, seja para a reprodução, os soldados para a defesa e os operários. A função dos operários é da alimentação, construção e também reparar os ninhos e os jardins de fungos, cuidado com as larvas e da casta reprodutora, são indivíduos ápteros, estéreis, não apresentam olhos e possuem o tubo digestivo bastante desenvolvido. Já a casta de soldados possui sua morfologia adaptada para a defesa e assim, tem suas mandíbulas grandes e também a glândula frontal desenvolvida para o combate com inimigos, também são estéreis e não possuem olhos (COSTA-LEONARDO, 2002; EGGLETON, 2010; CONSTANTINO, 2012; CONSTANTINO, 2020).

A casta reprodutora dos térmitas é composta por um rei e por uma rainha. A função deles é de produzirem ovos férteis e também hormônios que são importantes para o gerenciamento da colônia. Em determinadas épocas do ano, normalmente no verão as colônias maduras produzem cupins alados. São produzidos muitos alados e a sua liberação é feita de maneira sincronizada. Com isso, a sua dispersão ocorre pelo voo e assim têm a possibilidade de encontrar parceiros e constituírem novas colônias (HORWOOD; ELDRIDGE, 2005).

Figura 1- Desenvolvimento dos térmitas ao longo da vida e o desenvolvimento das casta.



Fonte: Subterranean Termites: Handbook for Home Owners (2006).

Dentre os insetos xilófagos é o maior causador de danos econômicos. Eles podem ser classificados de acordo com a sua alimentação e também sua colônia: 1) Cupinzeiros com somente “uma peça” são os indivíduos que vivem em madeira e que lhe servem tanto como abrigo quanto para a sua alimentação e 2) Cupinzeiros com “várias peças” possuem seus ninhos bem definidos e forrageiam longe dele. As espécies de térmitas que mais causam danos tanto para a madeira estrutural, móveis advêm dos gêneros *Coptotermes*, *Cryptotermes* e *Nasutitermes*. Dentre os térmitas, o gênero *Nasutitermes* possui grande número de espécies, e em sua colônia pode haver 3 milhões de indivíduos, com o tempo de vida da colônia estimado em 40 a 80 anos (BANDEIRA et al., 1998; CONSTANTINO, 1999; KAMBHAMPATI; EGGLETON, 2000; KORB, 2008).

2.4.1 *Nasutitermes aquilinus*

Nasutitermes aquilinus (Holmgren, 1910) é uma espécie de térmita neotropical que forma colônias em árvores e é considerada praga oportunista pois causa danos em imóveis rurais (TORALES, 1998; FONTES; MILANO, 2002). Ela se encontra no Brasil, Argentina e Paraguai. Os seus ninhos são construídos em árvores que também são utilizados como sua fonte

alimentar. Essa espécie possui tanto os operários quanto os soldados com tamanhos diferentes, sendo que os maiores são considerados fêmeas e os machos são menores (BUENO,2018).

Essa espécie de térmita pode ser encontrada também em cidades, não apenas em meio rurais, pois são oportunistas e constroem sua colônia em lugares que possuem bastante umidade. Os *Nasutitermes aquilinus* em sua colônia possui apenas uma rainha e um rei, mas também podem apresentar uma segunda possibilidade, para garantir a reprodução, em geral, alguns dos operários podem se desenvolver e vir a ocupar o lugar do rei ou rainha em caso de morte deles (BUENO, 2018).

2.5 Avaliação da biodeterioração de painéis aglomerados

A avaliação da biodeterioração de painéis de madeira aglomerada, segundo a American Society for Testing and Materials - ASTM D3345-17 (2017), é calculada pela perda de massa utilizando a seguinte fórmula:

$$\text{Índice de Deterioração (\%)} = (M_i - M_f/M_i) * 100$$

Em que:

M_i = Massa inicial do corpo de prova seco em estufa (g);

M_f = Massa final após o ensaio de biodeterioração (g).

A avaliação visual, segundo a ASTM D3345-17 (2017) consiste em avaliar visualmente os corpos de prova e dar uma nota de acordo com as escarificações obtidas, conforme Tabela 1:

Tabela 1- Avaliação realizada por notas para o ataque dos cupins nos corpos de prova.

Tipos de desgaste	Nota
Sadio, permitindo escarificações superficiais	10
Ataque superficial	9
Ataque moderado, havendo penetração	7
Ataque intenso	4
Falha, havendo ruptura dos corpos-de-prova	0

A avaliação da mortalidade, com a finalização do experimento é pesado os cupins sobreviventes e classificados, conforme Tabela 2:

Tabela 2- Classificação de acordo com a porcentagem de cupins mortos.

Mortalidade	(%)
Baixa	0 – 33
Moderada	34 – 66
Alta	67 – 99
Total	100

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao se realizar testes de resistência biológica pode-se ver qual matéria-prima utilizada para a confecção de painéis de madeira aglomerada é melhor, dependendo da sua finalidade.

Muitas vezes são realizados ensaios físicos e mecânicos dos painéis de madeira aglomerada, e deixado de lado os ensaios de resistência a xilófagos, como com cupins. Sendo que, é de suma importância realizar esses tipos de testes, pois por se tratar de materiais lignocelulósicos estão suscetíveis ao ataque de xilófagos.

A indústria de painéis aglomerados de madeira a cada ano cresce mais, com isso o investimento em novas tecnologias também, como novas matérias-primas, outros tipos de adesivos, entre outros. Assim, seu uso se torna cada vez mais popular, já que possuem preços menores que móveis de madeira sólida que são extremamente caros, sendo assim os painéis aglomerados são uma excelente opção, pois possuem uma boa durabilidade e determinada resistência à água. Mas deve ser pensado também sobre a sua resistência a xilófagos, já que muitos desses móveis planejados ou não, são comprados por pessoas que moram em lugares com alta taxa de umidade, no litoral, por exemplo, e estão sujeitos ao ataque desses xilófagos. Além de que, móveis de cozinha e do banheiro são muito utilizados este material.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, N. A.; MENDES, L. M.; OKINO, E. Y. A.; GARLET, A.; MORI, F. A.; MENDES, R. F. Biodeterioração de produtos à base da madeira de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis*). **Cerne**, v. 18, n. 1, p. 17-26, 2012.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D3345-17**, Standard test method for laboratory evaluation of solid wood for resistance to termites, West Conshohocken, PA, 2017. 4p.
- BANDEIRA, A. G.; MIRANDA, C. S.; VASCONCELLOS, A. **Danos causados por cupins em João Pessoa, Paraíba - Brasil**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz; 1998. 413p.
- BRITO, F. M. S.; PAES, J. B.; OLIVEIRA, J. T. S.; ARANTES, M. D. C.; DUDECKI, L. Chemical characterization and biological resistance of thermally treated bamboo. **Construction and Building Materials**, v. 262, e120033, 2020.
- BUENO, Iago. *Nasutitermes aquilinus*. **Wikitermes: Deu cupim na rede!**, 2018. Disponível em: <https://proec.ufabc.edu.br/cupim/nasutitermes-aquilinus/>. Acesso em: 08 de fevereiro de 2021.
- CONSTANTINO, R. Chave ilustrada para identificação dos gêneros de cupins (Insecta: Isoptera) que ocorrem no Brasil. **Papéis Avulsos de Zoologia**, v. 40, p. 387-448, 1999.
- CONSTANTINO, REGINALDO. **Isoptera**. In: RAFAEL, J. A.; MELO, G. A. R.; CARVALHO, C. J. B. de; CASARI, S. A.; CONSTANTINO, R. (Ed.). *Insetos do Brasil: diversidade e taxonomia*. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2012. p. 311-321.
- CONSTANTINO, REGINALDO. Termite database. **Laboratório de Termitologia UnB**, 2020. Disponível em: <http://www.termitologia.net/termite-database>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2021.
- COSTA, R. B.; GONÇALVES, P. S.; ODALIA-RÍMOLI, A.; ARRUDA, E. J. Melhoramento e conservação genética aplicados ao Desenvolvimento Local – o caso da seringueira (*Hevea sp*). **Revista Internacional de Desenvolvimento Local**, v. 1, n. 2, p. 51-58, 2001.
- COSTA-LEONARDO, A. M. **Cupins-Praga: morfologia, biologia e controle**. Rio Claro: DIVISA, 2002. 128 p.
- EGGLETON, P. **An Introduction to Termites: Biology, Taxonomy and Functional Morphology**. In: BIGNELL, D.; ROISIN, Y.; LO, N. (Eds) *Biology of Termites: a Modern Synthesis*. Dordrecht: Springer, 2010. p. 1-27.
- ESCOBAR, J. F.; PALMA, H. A. L.; BALLARIN, A. W.; LEONELLO, E. C. **Rendimento da laminação e módulo de elasticidade das lâminas da madeira de seringueira (*Hevea brasiliensis*)**. In: CIMAD 11 – 1º Congresso Ibero-LatinoAmericano da Madeira na Construção, Coimbra, PORTUGAL, 2011.

EUFRADE JUNIOR, H. J.; OHTO, J. M.; SILVA, L. L.; PALMA, H. A. L.; BALLARIN, A. W. Potential of rubber wood (*Hevea brasiliensis*) for structural use after the period of latex extraction: a case study in Brazil. **Journal of Wood Science**, v. 61, p. 384-390, 2015.

FARIA, D. L.; EUGÊNIO, T. M. C.; LOPES, D. E.; PROTÁSSIO, T. P.; MENDES, L. M.; GUIMARÃES JUNIOR, J. B. Particleboards produced with different proportions of *Hevea brasiliensis*: Residual wood valorization in higher value added products. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 45, e021420, 2021.

FERREIRA, A. L.; SEVERO, E. T. D.; CALONEGO, F. W. Determination of fiber length and juvenile and mature wood zones from *Hevea brasiliensis* trees grown in Brazil. **European Journal of Wood Products**, v. 69, p. 659–662, 2011.

FIORELLI, J.; GOMIDE, C. A.; LAHR, F. A. R.; NASCIMENTO, M. F.; SARTORI, D. L.; BALLESTEROS, J. E. M. Physicochemical and anatomical characterization of residual lignocellulosic fibers. **Cellulose**, v. 21, n. 5, p. 3269-3277, 2014.

FONTES, L. R.; MILANO, S. Termites as an urban problem in South America. **Sociobiology**, v. 40, p.103– 151, 2002.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **GLOBAL FOREST PRODUCTS**, 2017.

GONÇALVES, F. G.; PAES, J. B.; SEGUNDINHO, P. G. A.; CHAVES, I. L. S.; BRITO, A. S.; SILVA, E. S. G.; OLIVEIRA, R. G. E.; LOPEZ, Y. M.; JESUS, F. Q. **Ensaios de resistência à biodeterioração por fungos e térmitas em painéis de partículas**. In: Robson José de Oliveira. (Org.). Engenharia Florestal: Desafios, Limites e Potencialidade. Guarujá: Editora Científica, 2020, v. 1, p. 362-379.

HORWOOD, M. A.; ELDRIDGE, R. H. **Termites in New South Wales – Part 1. Termite Biology**. Forest Resources Research. Technical Publication, 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal – Culturas temporárias e permanentes**, 2017.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: Fundação de Pesquisas Florestais - FUPEF, Universidade Federal do Paraná, 2005, 247p.

IWAKIRI, S.; SHIMIZU, J.; SILVA, J. C.; DEL MENEZZI, C. H. S.; PUEHRINGHER, C. A.; VENSON, I.; LARROCA, C. Produção de painéis de madeira aglomerada de *Grevillea robusta* A. Cunn. ex R. Br. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n.6, p. 883-887, 2004.

KAMBHAMPATI, S.; EGGLETON, P. **Taxonomy and Phylogeny of Termites**. In: ABE, Y.; BIGNELL, D. E.; HIGASHI, T. (Eds) *Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology*. Dordrecht: Springer, 2000. p. 1-23.

KORB, J. **The ecology of social evolution in termites**. In: KORB, J.; HEINZE, J. (eds), *Ecology of social evolution*. Berlin, Germany: Springer, 2008. p. 151–174.

LOPES, Y. M.; GONÇALVES, F. G.; PAES, J. B.; GUSTAVE, D.; NANTET, C. T.; SALES, T. J. Resistance of wood plastic composite produced by compression to termites *Nasutitermes corniger* (Motsch.) and *Cryptotermes brevis* (Walker). **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 152, 104998, 2020.

MARRA, A. A. **Technology of wood bonding: principles and practice**. New York: Van Nostrand Reinhold. 1992. 453 p.

MENDES, R. F.; MENDES, L. M.; ABRANCHES, R. A. S.; SANTOS, R. C.; GUIMARÃES JUNIOR, J. B. Painéis aglomerados produzidos com bagaço de cana em associação com madeira de Eucalipto. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 285-295, 2010.

PROTÁSIO, T. P.; MENDES, R. F.; SCATOLINO, M. V.; MENDES, L. M.; TRUGILHO, P. F.; MELO, I. C. N. A. Estabilidade térmica de painéis aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar e madeira de *Pinus spp.* **Scientia Forestalis**, v. 43, n. 107, p.683-691, 2015.

SHIMIZU, J. Y. **Pinus na Silvicultura Brasileira**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008. 226 p.

SILVA, D. A. L.; AQUINO, V. B. M.; LAHR, F. A. R.; CHRISTOFORO, A. L. Influência dos parâmetros de fabricação nas propriedades físicas e mecânicas de painéis de partícula de média densidade. **Revista Matéria**, v. 25, n. 1, e12580, 2020.

SILVA, S. A. M.; CHRISTOFORO, A. L.; GONÇALVES, R.; LAHR, F. A. R. Strength properties of medium density fiberboards (MDF) manufactured with *Pinus elliottii* wood and polyurethane resin castor oil based. **International Journal of Composite Materials**, v. 3, n. 1, p. 7-14, 2013.

TORALES, G. J. **Rol de los isopteros en la Argentina**. Piracicaba: Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz, 1998. 413p.

TRIANOSKI, R.; IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. Avaliação de painéis aglomerados de *Toona ciliata* produzidos com diferentes densidades e teores de resina. **Madeira e bosques**, v. 20, n.3, p. 49-58, 2014.

TRIANOSKI, R.; PICCARDI, A. B.; R.; IWAKIRI, S.; MATOS, J. L. M. D. E.; BONDUELLE, G. M. Incorporação de *Grevillea robusta* na Produção de Painéis Aglomerados de *Pinus*. **Floresta e Ambiente**, v.23, n.2. p. 278-285, 2016.

TUOTO, M.; HOEFLICH, V. A. A Indústria Florestal Brasileira Baseada em Madeira de Pinus: Limitações e Desafios. **In: Pinus na Silvicultura Brasileira**, SHIMIZU, J. Y. (Ed.). Colombo: Embrapa Florestas, 2008. p. 17-48.

VARANDA, L. D.; CHRISTOFORO, A. L.; RIBEIRO FILHO, S. L. M.; SILVA, D. A. L.; OLIVEIRA, A. C. Painéis de partículas constituídos de *Eucalyptus grandis* e casca de aveia: Produção e avaliação do desempenho físico-mecânico, In: LAHR, A. R.; CHRISTOFORO, A. L. (Org). Painéis de partículas de madeira e de materiais lignocelulósicos. São Carlos: EESC-USP, 2013, v. 1, p. 265-295.

VIEIRA M. C.; BRITO, E. O.; GONÇALVES, F. G. Evolução econômica do painel compensado no Brasil e no mundo. **Floresta e Ambiente**, v. 19, p. 277-285, 2012.

VIVIAN, M. A.; SANTINI, E. J.; MODES, K. S.; CARVALHO, D. E.; MORAIS, W. W. C. 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.

SEGUNDA PARTE - ARTIGO

RESISTÊNCIA BIOLÓGICA DE PAINÉIS AGLOMERADOS PRODUZIDOS COM DIFERENTES PROPORÇÕES DE *Hevea brasiliensis* AO ATAQUE DE *Nasutitermes aquilinus*

RESUMO

A resistência de compósitos lignocelulósicos quanto à sua durabilidade ao ataque de organismos xilófagos, como os cupins, é essencial, por servir de base para a prevenção da deterioração e também a destinação correta deste material. Diante disso, o objetivo foi avaliar a resistência biológica de painéis aglomerados produzidos com diferentes proporções de *Pinus oocarpa* e *Hevea brasiliensis* ao ataque do cupim *Nasutitermes aquilinus* em laboratório e em campo. Os painéis aglomerados foram produzidos em laboratório com as dimensões de 300 x 300 x 15 mm (comprimento, largura e espessura, respectivamente), densidade nominal de 0,60 g/cm³, sendo utilizado o adesivo uréia-formaldeído na proporção de 8% (em massa), e com diferentes proporções de 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100 de *Pinus oocarpa* e *Hevea brasiliensis*, para o controle foi utilizado a madeira de *Pinus oocarpa*. Os testes foram realizados em conformidade com as normas específicas de resistência biológica da madeira e de materiais derivados dela. A resistência de cada tratamento foi avaliada de acordo com a perda de massa, notas para o grau de deterioração e mortalidade. Os painéis produzidos com 100% de madeira de *Hevea brasiliensis* apresentaram uma melhor resistência ao ataque de *Nasutitermes aquilinus*, diferente dos demais.

Palavras-chave: Térmita. Painéis aglomerados. Resistência biológica.

BIOLOGICAL RESISTANCE OF PARTICLEBOARDS PRODUCED WITH DIFFERENT PROPORTIONS OF *Hevea brasiliensis* TO THE ATTACK OF *Nasutitermes aquilinus*

ABSTRACT

The resistance of lignocellulosic composites as to their durability to attack by xylophagous organisms, such as termites, is essential, as it serves as a basis for preventing deterioration and also the correct destination of this material. Therefore, the objective was to evaluate the biological resistance of particleboards produced with different proportions of *Pinus oocarpa* and *Hevea brasiliensis* to the attack of the termite *Nasutitermes aquilinus* in the laboratory and in the field. The particleboards were produced in the laboratory with dimensions of 300 x 300 x 15 mm (length, width and thickness, respectively), nominal density of 0.60 g / cm³, using the urea-formaldehyde adhesive in the proportion of 8% (by mass), and with different proportions of 100:0, 75:25, 50:50, 25:75, 0:100 of *Pinus oocarpa* and *Hevea brasiliensis*, *Pinus oocarpa* wood was used for the control. The tests were carried out in accordance with specific standards for the biological resistance of wood and materials derived from it. The resistance of each treatment was evaluated according to the loss of mass, notes for the degree of deterioration and mortality. The panels produced with 100% *Hevea brasiliensis* wood showed a better resistance to attack by *Nasutitermes aquilinus*, different from the others.

Keywords: Termite. Particleboards. Biological resistance.

1 INTRODUÇÃO

As madeiras de *Pinus* e *Eucalyptus*, provenientes de plantios florestais são bastante utilizadas para a produção brasileira de painéis aglomerados. Porém, novas tecnologias e a modernização na qualidade dos materiais permitiu o uso de diferentes tipos de madeira e outros tipos de matéria-prima, possibilitando a criação de novos produtos, mais duráveis e com diversos benefícios ambientais (HAO et al., 2018; IWAKIRI et al., 2018). *Hevea brasiliensis* (Willd. ex Adr. de Juss.) Muell.-Arg (Euphorbiaceae), é uma espécie nativa da região Amazônica. Normalmente, esta espécie é utilizada para retirada do látex, para a produção de borracha natural. O ciclo de extração do látex dura entre 25 a 30 anos, e após isso buscam melhores utilizações para a madeira que é usada para lenha e com isso, a destinação de sua madeira possui baixo valor agregado (EUFRADE JUNIOR et al., 2015). Por isso, várias pesquisas buscam alternativas para essa madeira.

Testes físicos e mecânicos laboratoriais em painéis que utilizam composições de *Hevea brasiliensis* e três espécies de *Eucalyptus* (IWAKIRI et al., 2018), *Hevea brasiliensis* e *Pinus oocarpa* (FARIA et al., 2021) obtiveram excelentes resultados. No entanto, deve-se avaliar também a sua suscetibilidade aos agentes xilófagos, já que estes diminuem a sua resistência mecânica (VARANDA et al., 2013; VIVIAN et al., 2014).

Os materiais lignocelulósicos como os painéis de madeira aglomerada sempre estão sujeitos a deterioração biológica quando estes são utilizados em locais com alta taxa de umidade, já que isso causa a perda de massa do material e também afeta sua resistência mecânica (MELO et al., 2015). Além de que, há a necessidade de desenvolvimento de materiais que sejam mais resistentes a esses agentes deterioradores, melhorando a sua qualidade e durabilidade de acordo com a sua destinação (TIERZI et al., 2018).

Os cupins são os principais agentes deterioradores de materiais em que se utiliza a madeira. Dentre eles, destaca-se o gênero *Nasutitermes*, pois está amplamente distribuído no mundo, com 248 espécies ao todo e 71 espécies na região Neotropical (CONSTANTINO, 1999; CONSTANTINO, 2020). No Brasil, uma das espécies xilófagas que causam muitos danos econômicos é *Nasutitermes aquilinus* (Holmgren, 1910). Essa espécie constrói sua colônia em árvores e também se alimenta dela e de seus derivados, tanto em ambiente rural quanto urbano, sendo considerada assim como oportunista (TORALES et al., 1997).

Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a suscetibilidade de painéis aglomerados com diferentes proporções de *Pinus oocarpa* e *Hevea brasiliensis* ao ataque do cupim *Nasutitermes aquilinus* em laboratório e em campo.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Produção dos painéis aglomerados e obtenção dos corpos de prova

Os painéis aglomerados foram produzidos utilizando partículas *sliver* de *Pinus oocarpa* e *Hevea brasiliensis*. As dimensões das chapas foram de 300 x 300 x 15 mm (comprimento, largura e espessura, respectivamente), densidade nominal de 0,60 g/cm³. O adesivo utilizado foi a uréia-formaldeído na proporção de 8% (em massa). Foram confeccionados utilizando diferentes proporções (T1) 100:0, (T2) 75:25, (T3) 50:50, (T4) 25:75, (T5) 0:100 de *Pinus oocarpa* e *Hevea brasiliensis*. Produzidos três painéis por proporção. A descrição mais detalhada do processo de produção dos painéis aglomerados pode ser encontrada em Faria et al. (2021).

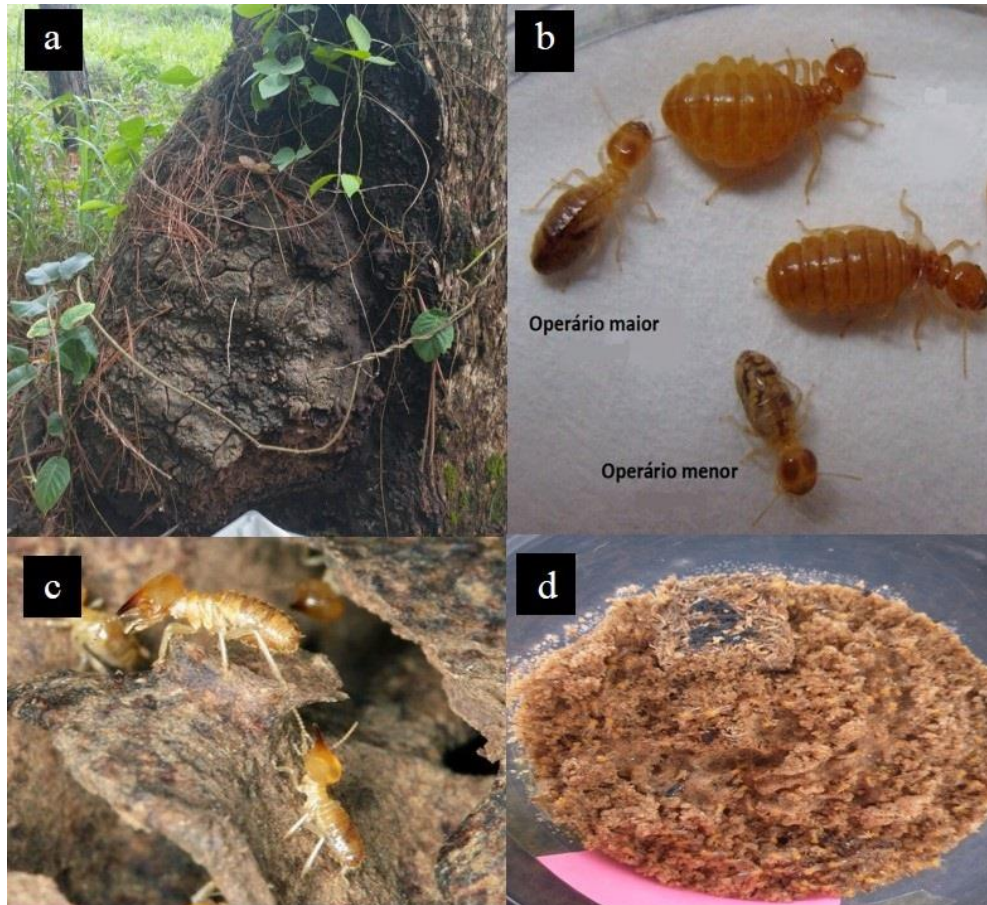
Foram obtidos 5 corpos de prova com dimensões de 25 x 25 x 15 mm (comprimento, largura e espessura, respectivamente) para cada composição estudada, totalizando 25 corpos de prova. Como controle foram utilizados 5 corpos de prova oriundos do cerne de *Pinus oocarpa*, com as mesmas dimensões dos corpos de prova dos painéis aglomerados. A madeira de *Pinus oocarpa* foi obtida após o corte de duas árvores localizadas no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), com aproximadamente 28 anos de idade e DAP de 60 cm, sendo utilizado a base das árvores. Antes da exposição aos agentes xilófagos, os corpos de prova foram secos em estufa com circulação forçada de ar (105 ± 2 °C por 24 h), até atingir massa constante, sendo posteriormente pesados em balança analítica com precisão de 0,01g e assim determinada a massa seca dos corpos de prova.

2.2 Resistência biológica ao cupim *Nasutitermes aquilinus*

Foi realizado ensaio de alimentação forçada com os cupins arborícolas *Nasutitermes aquilinus* (Figura 1). Os cupins foram coletados no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), nas coordenadas de 21°13'S e 44°58' W. O bioensaio foi realizado na Unidade Experimental de Produção de Painéis de Madeira (UEPAM), localizada no Departamento de

Ciências Florestais (DCF) da Universidade Federal de Lavras (UFLA), onde permaneceu em B.O.D (27 ± 2 °C de temperatura e umidade relativa de $85 \pm 3\%$) durante quatro semanas de acordo com a ASTM D3345-17 (2017).

Figura 1- Etapas da montagem do experimento; a) localização do cupinzeiro, b) operário de *Nasutitermes aquilinus*, c) soldado de *Nasutitermes aquilinus*, d) recipiente contendo o experimento.



Fonte: Iago Bueno (2018); Luiz Roberto Fontes (2015); Da autora (2021).

Esse ensaio foi realizado com metodologia semelhante a de Borges (2019). Foram utilizados recipientes de polipropileno (500 mL), com a adição de um corpo de prova no fundo e preenchido com 200 g de areia seca em estufa (105 ± 2 °C de temperatura por 24 horas). A umidade da areia foi corrigida para 85% da sua capacidade de retenção com a adição de 39 mL de água deionizada em cada recipiente com base na Equação 1a e 1b:

$$\% \text{ saturação} = (\text{Qágua}/\text{Mareia}) \times 100 \quad (1a)$$

Em que:

Qágua= Quantidade de água para saturar a areia;

Mareia= Massa da areia seca em estufa.

$$\% \text{ \u00e1gua para adicionar} = \% \text{ satura\u00e7\u00e3o} - 7,0 \quad (1b)$$

Tamb\u00e9m foram adicionados $1 \pm 0,05$ g de *Nasutitermes aquilinus* por recipiente compostos por 90% oper\u00e1rios e 10% soldados, que equivalem a $120 \pm$ indiv\u00edduos. Os recipientes foram fechados com tampa que possu\u00eda 12 pequenos orif\u00edcios para a troca gasosa.

No final do ensaio de alimenta\u00e7\u00e3o for\u00e7ada foram avaliados o \u00edndice de deteriora\u00e7\u00e3o conforme a equa\u00e7\u00e3o 2:

$$ID (\%) = (ma - md / ma) \times 100 \quad (2)$$

em que:

ID = \u00cdndice de Deteriora\u00e7\u00e3o (%);

ma = massa climatizada das amostras antes do ataque (g);

md = massa climatizada das amostras depois do ataque (g)

O desgaste dos corpos de prova foram avaliados conforme as Tabela 1. Para a obten\u00e7\u00e3o da perda de massa, as amostras foram secas como j\u00e1 descrito anteriormente. J\u00e1 a taxa de mortalidade dos cupins foi feita a partir da pesagem dos cupins vivos e classificados de acordo com a Tabela 2.

Tabela 1- Avalia\u00e7\u00e3o do desgaste dos cupins no bioensaio de alimenta\u00e7\u00e3o for\u00e7ada de *Nasutitermes aquilinus* (ASTM D-3345 - 17, 2017).

Tipos de desgaste	Nota
Sadio, permitindo escarifica\u00e7\u00f5es superficiais	10
Ataque superficial	9
Ataque moderado, havendo penetra\u00e7\u00e3o	7
Ataque intenso	4
Falha, havendo ruptura dos corpos-de-prova	0

Tabela 2- Classifica\u00e7\u00e3o da mortalidade dos cupins no bioensaio de alimenta\u00e7\u00e3o for\u00e7ada de *Nasutitermes aquilinus* (ASTM D-3345 - 17, 2017).

Mortalidade	(%)
Baixa	0 - 33
Moderada	34 - 66
Alta	67 - 99
Total	100

2.3 Resist\u00eancia biol\u00f3gica ao *Nasutitermes aquilinus* em campo

Este ensaio foi realizado com base na metodologia de Batista et al. (2020), havendo modifica\u00e7\u00e3o na quantidade de dias em que foi exposto a col\u00f4nia de t\u00e9rmitas, de 40 para 30 dias. O ensaio de prefer\u00eancia alimentar foi montado diretamente na col\u00f4nia de *Nasutitermes aquilinus* que est\u00e1 localizada no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), nas coordenadas 21\u00b013'S e 44\u00b058' W. Foram distribu\u00eddos aleatoriamente 30 corpos de prova, sendo

5 repetições de cada tratamento, sendo que o tratamento controle foi utilizado a madeira de *Pinus oocarpa* como referência. Os corpos de prova ficaram expostos a colônia de cupins por 30 dias. Ao término do experimento, foram recolhidos os corpos de prova e previamente limpos com uma escova de cerdas macias para não danificá-los, e novamente acondicionados em estufa de acordo com o experimento anterior, para que possa medir a massa seca. E após isso, foi determinado a perda de massa, avaliação visual do desgaste ao qual foram submetidos, conforme já descrito no experimento anteriormente.

2.4 Análise e avaliação dos resultados

Os resultados foram submetidos à análise estatística por meio de ANOVA. Rejeitada a hipótese de nulidade, foi aplicada a comparação de médias por meio do teste de Tukey. Todos os testes foram efetuados no programa Sisvar 5.6 a 95% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Ensaio de Resistência biológica ao cupim *Nasutitermes aquilinus*

Na realização do teste, os cupins foram observados quanto ao seu nível de atividade. Na primeira semana foram observados túneis verticais na areia, e segundo a ASTM-17 3345 (2017) indica o vigor dos térmitas utilizados. A resistência ao ataque dos térmitas arborícolas *Nasutitermes aquilinus* está apresentada na Tabela 3. Pode ser observado que há diferenças estatísticas entre as composições, em que o tratamento controle apresentou a maior perda de massa.

Tabela 3- Valor médio da perda de massa (%), desgaste (nota) e mortalidade (%) causado pelo térmita

Composições	Perda de massa (%)	Desgaste (Nota)	Mortalidade (%)
Controle	3,00 ± 0,73 b	9	100
T1	1,54 ± 0,35 a	10	100
T2	1,39 ± 0,30 a	10	100
T3	1,30 ± 0,40 a	10	100
T4	1,46 ± 0,38 a	10	100
T5	1,86 ± 0,56 a	10	100

*Médias seguidas de mesma letra em mesma coluna são estatisticamente iguais, pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

Nasutitermes aquilinus preferencialmente se alimenta de materiais com alto teor de celulose e hemicelulose, e possui em seu intestino bactérias na qual possuem enzimas responsáveis por digerir esses materiais (SCHELLER; ULVSKOV, 2010; VICTORICA et al., 2020). Segundo Faria et al. (2021), a quantidade de holocelulose de *Hevea brasiliensis* e *Pinus oocarpa* que foram utilizadas para fabricar os painéis aglomerados é de 80,63 e 69,63%, respectivamente. De acordo com os resultados verificados, os painéis compostos de *Hevea brasiliensis* deveriam ter maior perda de massa, já que possui maior teor de celulose e hemicelulose combinadas, mas isso ocorreu no controle em que foi utilizado a madeira de *Pinus oocarpa*. Como resultado do teste de alimentação forçada realizado em laboratório sugerem que as composições de painel aglomerado foram mais resistentes que o controle.

Ao longo do experimento, houve 100% de mortalidade para todos tratamentos. Borges (2019), sugeriu que *Nasutitermes aquilinus* apresentou baixo consumo da madeira de *Pinus*, pois preferiu consumir *Eucalyptus* e isso, pode ser uma evidência da sua preferência. Assim o baixo consumo da madeira de *Pinus* pode ser devido a esse fato. O que também pode influenciar no consumo são o teor de cinzas (o principal mineral SiO₂) da matéria-prima utilizada na fabricação dos painéis, já que pode causar lesões em seu aparelho bucal, o que causa a dificuldade de alimentação dos cupins (GONÇALVES et al., 2021).

Em observação ao trabalho de Terzi et al. (2009) em que foi utilizado o cupim subterrâneo *Coptotermes formosanus*, os painéis testados possuíam dois tipos de resina melanina-uréia-formaldeído e poliicianato com diferentes composições de *Pinus sp.* e borracha. Os resultados dentre as diferentes composições foram de mínimo e máxima porcentagem de 9,5 e 24,7, respectivamente. Assim a colocação de borracha não promoveu resistência biológica. Com isso, afirmam que os cupins subterrâneos consomem qualquer coisa em que haja celulose.

A avaliação visual classificou as composições T1, T2, T3, T4 e T5 como sadio tendo apenas escarificações superficiais. Já o controle obteve a classificação de ataque superficial.

3.2 Ensaio de resistência biológica ao *Nasutitermes aquilinus* em campo

A avaliação da resistência biológica ao ataque do cupim arborícola *Nasutitermes aquilinus* está apresentada na Tabela 4, e mostram de acordo com o experimento qual das composições é mais suscetível ao ataque dos térmitas. O ensaio de preferência alimentar realizado com *Nasutitermes aquilinus* em campo, leva-se em consideração não somente as composições utilizadas mas também outras fontes alimentares (BATISTA et al., 2020).

Tabela 4- Valor médio da perda de massa (%) e desgaste (nota) causado pelo térmita *Nasutitermes aquilinus*.

Composições	Perda de massa (%)	Desgaste (Notas)
controle	32,07 ± 2,70 b	4
T1	100 d	0
T2	100 d	0
T3	44,47 ± 0,70 c	0
T4	36,01 ± 4,14 bc	0
T5	8,18 ± 5,67 a	7

*Médias seguidas de mesma letra em mesma coluna são estatisticamente iguais, pelo teste de Tukey a 95% de probabilidade.

De acordo com os dados de perda de massa das composições T1 e T2 foram totalmente consumidas, seguindo T3 com perda de 44,47%, T4 com perda de 36,01% e T5 com perda 8,18% indicando uma ordem decrescente de perda de massa, na medida em que aumentou a proporção de *Hevea brasiliensis* nos painéis. O controle obteve menor perda de massa do que algumas das composições que possuíam *Hevea brasiliensis*.

A composição controle não foi totalmente atacada como era esperado de acordo com a perda total de massa das composições T1 e T2. Estatisticamente os dados corroboram com os resultados obtidos, sendo iguais apenas T1 e T2 em que houve perda de massa total.

As notas obtidas por cada uma das composições são condizentes com a perda de massa com maior nota para a composição com 100% *Hevea brasiliensis*. Sendo assim, os tratamentos com menores notas foram as composições com *Pinus oocarpa*.

Geralmente, o que contribui com o menor ataque dos térmitas é a densidade da madeira, já que causa dificuldade em seu consumo (BOWYER et al., 2003; STALLBAUN et al., 2017). E assim, como saber as propriedades físicas da madeira utilizada, as propriedades químicas também são essenciais, saber os extrativos, cinzas e lignina pois através deles pode-se ter uma determinada proteção aos térmitas (BATISTA et al., 2020). E também sabe-se que depende da quantidade de cada extrativo, já que terpenóides, quinonas e tecnoquinonas são tóxicos aos térmitas (OLIVEIRA et al., 2017). Além disso, pode-se destacar que os cupins apresentam dificuldades para digerir o material que normalmente não faz parte de sua dieta (BIGNELL et al., 2011; BRITO et al., 2020). Outro fator que pode ser destacado é que os térmitas possuem alta seletividade na sua alimentação, ou seja, depende do material disponível (PAES et al., 2007).

4 CONCLUSÃO

Conclui-se que os painéis de madeira aglomerada independente da proporção em que foi utilizado *Pinus oocarpa* foram mais suscetíveis ao ataque de *Nasutitermes aquilinus*. Os painéis produzidos com 100% de *Hevea brasiliensis* foram mais resistentes ao ataque dos térmitas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, N.A.; MENDES, L. M.; OKINO, E.Y.A.; GARLET, Al.; MORI, F.A.; MENDES, R.F. Biodeterioração de produtos à base da madeira de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem. var. *australis*). **Cerne**, v. 18, n. 1, p. 17-26, 2012.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. **ASTM D3345-17**, Standard test method for laboratory evaluation of solid wood for resistance to termites, West Conshohocken, PA, 2017. 4p.
- BATISTA, F. G.; MELO, R. R.; CALEGARI, L.; MEDEIROS, D. T.; LOPES, P. J. G. Resistência natural da madeira de seis espécies à *Nasutitermes corniger* Motsch. em condição de campo. **Madera y bosques**, v. 26, n.2, e2622017, 2020.
- BIGNELL, D. E.; ROISIN, Y.; LO, N. **Biology of Termites: A Modern Synthesis**. Dordrecht: Springer, 2011. 576p.
- BORGES, C. C. **Performance of zinc oxide and titanium dioxide nanoparticles on wood protection**. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) – Universidade Federal de Lavras, 65p, 2019.
- BOWYER, J. L.; SHMULSKY, R.; HAYGREEN J. G. **Forest products and wood science: an introduction**. 4. ed. Iowa: Iowa State Press, 2003. 554p.
- BRITO, F. M. S.; PAES, J. B.; OLIVEIRA, J. T. S.; ARANTES, M. D. C.; DUDECKI, L. Chemical characterization and biological resistance of thermally treated bamboo. **Construction and Building Materials**, v. 262, 120033, 2020.
- CONSTANTINO, R. Chave ilustrada para identificação dos gêneros de cupins (Insecta: Isoptera) que ocorrem no Brasil. **Papéis Avulsos de Zoologia**; v. 40, n. 25, p. 387-448, 1999.
- CONSTANTINO, REGINALDO. Termite database. **Laboratório de Termitologia UnB**, 2020. Disponível em: <<http://www.termitologia.net/termite-database>>. Acesso em: 06 de fevereiro de 2021.
- EUFRADE JUNIOR, H. J.; OHTO, J. M.; SILVA, L. L.; PALMA, H. A. L.; BALLARIN, A. W. Potential of rubber wood (*Hevea brasiliensis*) for structural use after the period of latex extraction: a case study in Brazil. **Journal of Wood Science**, v. 61, p. 384-390, 2015.
- FARIA, D. L.; EUGÊNIO, T. M. C.; LOPES, D. E.; PROTÁSSIO, T. P.; MENDES, L. M.; GUIMARÃES JUNIOR, J. B. Particleboards produced with diferente proportions of *Hevea brasiliensis*: Residual wood valorization in higher value added products. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 45, e021420, 2021.
- GONÇALVES, F. G.; PAES, J. B.; LOPEZ, Y. M.; SEGUNDINHO, P. G. A.; OLIVEIRA, R. G. E.; FASSARELLA, M. V.; BRITO, A. S.; CHAVES, I. L. S.; MARTINS, R. S. F. Resistance of particleboards produced with ligno-cellulosic agro-industrial wastes to fungi and termites. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 157, 105159, 2021.

HAO, X.; ZHOU, H.; XIE, Y.; MU, H.; Wang, Q. Sandwich-structured wood flour/ HDPE composite panels: reinforcement using a linear low-density polyethylene core layer. **Construction and Building Materials**, v. 164, p. 489–496, 2018.

IWAKIRI, S.; TRIANOSKI, R.; RAIÁ, R. Z.; KEINERT, A. C.; PAULA, C. R. P.; PROTEZEK, G. R.; KOBILARZ, R. R.; SCHEWEITZWER, V. R. Produção de painéis aglomerados de *Hevea brasiliensis* (Clone RRIM 600) em mistura com três espécies de *Eucalyptus* utilizadas pelas indústrias de São Paulo. **Scientia Forestalis**, v. 46, n.117, 2018.

MELO, R. R.; STANGERLIN, D. M.; SANTANA, R. R. C.; PEDROSA, T. D. Decay and termite resistance of particleboard manufactured from wood, bamboo and rice husk. **Maderas. Ciencia y tecnologia**, v. 17, p. 55-62, 2015.

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

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

SCHELLER, H. V.; ULVSKOV, P. Hemicelluloses. **Annual Review of Plant Biology**, v. 61, p. 263–289, 2010.

STALLBAUN, P. H.; BARAUNA, E. E. P.; PAES, J. B.; RIBEIRO, N. C.; MONTEIRO, T. C.; ARANTES, M. D. C. Resistência Natural da Madeira de *Sclerobolium paniculatum* Vogel a Cupins em Condições de Laboratório. **Floresta e Ambiente**, v. 24, e201660013, 2017.

TERZI, E.; KARTAL, S.N.; MUIN, M.; HASSANIN, A.H.; HAMOUDA, T.; KILIÇ, A., CANDAN, Z. Biological performance of novel hybrid green composite produced from glass fibers and jute fabric skin by the VARTM process. **BioResources**, v. 13, p. 662–677, 2018.

TERZI, E.; KOSE, C.; BUYUKSAR, U.; AVC, E.; AYRLMS, N.; KARTAL, S. N. Evaluation of possible decay and termite resistance of particleboard containing waste tire rubber. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 63, p. 806-809,2009.

TORALES, G. J.; LAFFONT, E. R.; ARBINO, M. O.; GODOY, M. C. Primera lista faunística de los isópteros de la Argentina. **Revista de la Sociedad Entomológica Argentina**, v. 56, p. 47-53, 1997.

VARANDA, L. D.; CHRISTOFORO, A. L.; RIBEIRO FILHO, S. L. M.; SILVA, D. A. L.; OLIVEIRA, A. C. **Painéis de partículas constituídos de *Eucalyptus grandis* e casca de aveia: Produção e avaliação do desempenho físico-mecânico**, In: LAHR, A. R.; CHRISTOFORO, A. L. (Org). Painéis de partículas de madeira e de materiais lignocelulósicos. São Carlos: EESC-USP,2013, v. 1, p. 265-295.

VICTORICA, M. R.; SORIA, M. A.; BATISTA-GARCIA, R. A.; CEJA-NAVARRO, J. A.; VIKRAM, S.; ORTIZ, M.; ONTAÑÓN, O.; GHIO, S.; MARTÍNEZ- ÁVILA, L.; GARCIA, O. J. Q.; ETCHEVERRY, C.; CAMPOS, E.; COWAN, D.; ARNEODO, J.; TALIA, P. M.

Neotropical termite microbiomes as sources of novel plant cell wall degrading enzymes. **Scientific reports**, v. 10, n. 3864, 2020.

VIVIAN, M. A.; SANTINI, E. J.; MODES, K. S.; CARVALHO, D. E.; MORAIS, W. W. C. 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.