



MARCELO XISTO RIBEIRO

**RESISTÊNCIA DE PAINÉIS AGLOMERADOS
A CUPINS DE MADEIRA SECA
(*Cryptotermes brevis*)**

LAVRAS – MG

2011

MARCELO XISTO RIBEIRO

**RESISTÊNCIA DE PAINÉIS AGLOMERADOS
A CUPINS DE MADEIRA SECA (*Cryptotermes brevis*)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração em Processamento e Utilização da Madeira, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Lourival Marin Mendes

LAVRAS – MG

2011

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos
Técnicos da Biblioteca da UFLA**

Ribeiro, Marcelo Xisto.

Resistência de painéis aglomerados a cupins de madeira seca
(*Cryptotermes brevis*) / Marcelo Xisto Ribeiro. – Lavras: UFLA,
2011.

92 p.: il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Lourival Marin Mendes.

Bibliografia.

1. *Toona ciliata*. 2. Organismos xilófagos. 3. Bagaço de cana-de-
açúcar. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 674.836

MARCELO XISTO RIBEIRO

**RESISTÊNCIA DE PAINÉIS AGLOMERADOS
A CUPINS DE MADEIRA SECA (*Cryptotermes brevis*)**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia da Madeira, área de concentração em Processamento e Utilização da Madeira, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 18 de fevereiro de 2011.

Dr. Ronald Zanetti Bonetti Filho UFLA

Dr. Gustavo Henrique Denzin Tonoli UFLA

Dr. José Benedito Guimarães Júnior UFPI

Dr. Lourival Marin Mendes

Orientador

LAVRAS – MG

2011

À Lina Bufalino,

Grande amiga, “minha irmã” e principal idealizadora deste projeto,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), aos docentes e técnico-administrativos do Setor de Ciência e Tecnologia da Madeira do Departamento de Ciências Florestais. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos, à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (Fapemig) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), todos por fornecerem subsídios para a execução da pesquisa.

Ao professor Dr. Lourival Marin Mendes, pela orientação, pela confiança e pela autonomia a mim conferidas durante a execução do trabalho e, principalmente, pelos ensinamentos práticos e objetivos que contribuíram para meu crescimento profissional. Agradeço-lhe também pela tranquilidade, sensatez, serenidade e segurança a mim transmitidas durante esses dois anos.

À Lina, pela co-orientação, pelo companheirismo, pela amizade e por tudo que fez e faz para que eu cresça profissionalmente. Ao senhor Fidelis, pelo apoio na coleta e fornecimento de cupins. Aos amigos do Núcleo de Estudos em Painéis de Madeira (Nepam), pela amizade, especialmente à Andrea Correa, pelos momentos engraçados. Ao Thiaguinho e ao Alexandre dos Santos, pela ajuda na estatística e ao Wilson (Melão), pelo apoio no laboratório. Aos amigos da pós-graduação, pelo incentivo e ajuda.

Agradeço a DEUS, por me dar força, disposição e persistência; à meus pais, Márcio e Célia, à Vó Geralda e à Marlene Gomide, minha querida tia, pelo exemplo, pela confiança, pelo incentivo e apoio – AMO MUITO VOCÊS!

A todos, meu sincero e carinhoso abraço.

“Muitas pessoas tropeçam pela vida até a beira do abismo sem saber onde está indo. Às vezes, isso acontece porque aqueles cuja vocação é dar expressão cultural aos seus pensamentos deixaram de examinar a verdade, preferindo a resposta rápida ao esforço da indagação paciente, sobre o que torna a vida digna de ser vivida”

João Paulo II

RESUMO

Nos últimos anos houve um aumento significativo na produção de painéis de madeira, que se tornou uma alternativa para utilização de madeira sólida, entre outros fatores, pelo uso de resíduos florestais e maior controle do processo de produção. Em contrapartida, foram necessários estudos a respeito da conservação, preservação e durabilidade da madeira, a fim de torná-la apta à utilização final. Para tanto, é necessário que se conheçam todas as causas de possíveis danos ao produto. Dentre os organismos xilófagos, os cupins de madeira seca (*Cryptotermes brevis*) são as principais pragas e, por isso, torna-se essencial selecionar materiais mais resistentes ao seu ataque. O objetivo deste trabalho foi verificar a resistência de painéis aglomerados e de painéis produzidos com madeira de reflorestamento (*Toona ciliata*) ao ataque de cupins de madeira seca. Foram avaliados a taxa de sobrevivência dos cupins e o índice de deterioração do painel. Na primeira etapa na metodologia adaptada, utilizaram-se painéis comerciais. Na segunda etapa, a metodologia desenvolvida foi aplicada a painéis produzidos em laboratório com bagaço da cana-de-açúcar. Na terceira etapa, a metodologia foi aplicada em madeira e em painéis aglomerados de cedro australiano, comparando esses produtos à madeira de pinus, considerada testemunha na maioria dos trabalhos existentes sobre biodeterioração de produtos lignocelulósicos. Os resultados mostraram que a adequação da umidade da primeira para segunda etapa foi fundamental para retardar a mortalidade dos insetos. Na segunda etapa, observaram-se diferenças entre painéis de bagaço de cana produzidos com diferentes variáveis de processamento. Observou-se, ainda, uma susceptibilidade muito maior da madeira de pinus em relação à madeira de cedro australiano, mas os painéis produzidos com madeira das duas espécies tiveram resistência similar aos painéis puros de cedro australiano.

Palavras-chave: Organismos xilófagos. Bagaço de cana-de-açúcar. *Toona ciliate*.

ABSTRACT

Significant increase in the global particleboard production has occurred in particleboard production. This material may be used as alternative to solid wood since it may be produced from forestry wastes and presents a greater control of the production process. However, researches are necessary about their conservation, preservation and durability in order to make them more feasible for final utilization. Therefore, it is necessary to know all causes of possible damages to the products. Among xylophagous organisms, dry wood termites (*Cryptotermes brevis*) are the main pest and it is essential to select materials more resistant to its attack. The aim of this work was to verify the resistance of different wood and particleboards to dry wood termite attack. The survival rate and deterioration index were evaluated. In the first stage, a methodology was adapted for commercial particleboards. In the second stage, the methodology was applied for laboratorial particleboards made from sugar cane bagasse. In the third stage the methodology was applied to Australian red cedar wood and particleboards for comparison with pine wood, which is considered control wood in most papers in the literature. From first to second stage, the results showed that to adequate moisture condition was essential to decrease insect mortality. In the second stage, sugar cane particleboards produced with different processing variables showed different resistance. Pine wood presented far higher susceptibility than red cedar wood to termite attack. However, particleboards made from both species presented similar resistance to particleboards made from red cedar wood.

Keywords: Xylophagous organisms. Sugar cane bagasse. *Toona ciliat*.

SUMÁRIO

	CAPÍTULO 1	11
1	INTRODUÇÃO GERAL	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	Mecanismos de biodegradação de produtos à base de madeira	15
2.2	Biologia dos cupins	16
2.3	<i>Cryptotermes brevis</i>	23
2.4	Resistência de produtos lignocelulósicos ao ataque do cupim de madeira seca	27
2.5	Painéis aglomerados	30
2.5.1	Material lignocelulósico	31
2.5.2	Adesivos	33
	REFERÊNCIAS	34
	CAPÍTULO 2 Resistência de painéis aglomerados comerciais a cupins de madeira seca	41
1	INTRODUÇÃO	43
2	MATERIAL E MÉTODOS	45
2.1	Preparo do material de estudo	45
2.2	Coleta dos cupins	45
2.3	Montagem do Bioensaio	46
2.4	Plano experimental	48
2.5	Análise estatística dos dados	49
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
4	CONCLUSÕES	55
	REFERÊNCIAS	56
	CAPÍTULO 3 Influência das variáveis de processamento de painéis aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar sobre a resistência a cupins de madeira seca	58
1	INTRODUÇÃO	60
2	MATERIAL E MÉTODOS	63
2.1	Produção dos painéis	63
2.2	Montagem do bioensaio	64
2.3	Plano experimental	66
2.4	Análise estatística dos dados	66
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
4	CONCLUSÕES	72
	REFERÊNCIAS	73
	CAPÍTULO 4 Resistência de produtos à base de madeiras de reflorestamento ao ataque de cupins de madeira seca	75
1	INTRODUÇÃO	77

2	MATERIAL E MÉTODOS	80
2.1	Matéria-prima	80
2.2	Produção dos painéis	80
2.3	Obtenção e preparo dos corpos de prova	81
2.4	Ensaio de resistência ao cupim <i>Cryptotermes brevis</i>	81
2.5	Plano experimental e análise estatística dos dados	83
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	84
4	CONCLUSÕES	88
	REFERÊNCIAS	89
	RECOMENDAÇÕES	92

CAPÍTULO 1

1 INTRODUÇÃO GERAL

Painéis aglomerados são produzidos a partir de partículas de um material lignocelulósico, incorporadas por um adesivo sintético e posteriormente reconstituídas numa matriz randômica, por meio de temperatura e pressão (IWAKIRI et al., 2000). Sua produção foi iniciada após a 2ª Guerra Mundial, pela escassez de madeira sólida (KUBLER, 1980). Desde então, o painel aglomerado vem sendo amplamente produzido e utilizado para diversas finalidades. De acordo com a Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO (2010), a produção mundial de painéis aglomerados cresceu de 79.366.400 m³, em 1999, para 93.949.802 m³, em 2009.

No Brasil, dentre as principais matérias-primas utilizadas para a produção de painéis aglomerados destacam-se a madeira de reflorestamento e os resíduos agrícolas, seguindo o exemplo de países como China, Rússia, Cuba, entre outros, que aproveitam da abundância desse material em seu território e, conseqüentemente, promovem a preservação de suas florestas naturais.

Diversos estudos vêm sendo desenvolvidos ao longo dos anos para se conhecerem as características e as propriedades de painéis aglomerados, promovendo, assim, o uso adequado desse produto e sua maior durabilidade. É sabido que ambientes com alta umidade favorecem o aparecimento de organismos xilófagos como fungos e insetos, que deterioram diversos tipos de materiais lignocelulósicos, causando danos irreversíveis. São organismos capazes de se desenvolverem em condições extremas de temperatura e umidade e que apresentam difícil controle. Neste trabalho, os cupins de madeira seca serão objeto de estudo, considerando sua grande importância econômica como praga no Brasil.

Os cupins são insetos sociais com uma participação fundamental na reciclagem da matéria orgânica de origem vegetal. Existem, entretanto, espécies que causam sérios danos a plantas e a estruturas e são as pragas de combate mais problemático no meio urbano e agrícola. Causam perdas significativas em culturas perenes e anuais e danificam componentes estruturais de madeira, especialmente nos trópicos semiáridos e subúmidos (VERMA; SHARMA; PRASAD, 2009).

No interior das edificações das grandes cidades, muitas espécies de cupins encontram condições favoráveis para sua sobrevivência, como, por exemplo, a grande disponibilidade de madeiras sem tratamento, o fácil acesso à água, os espaços que proporcionam proteção contra a luz e inimigos naturais. O método convencional de combate a cupins tem como princípio a utilização de produtos químicos. Estes produtos, principalmente fenil pirazóis e piretroides, usados atualmente, apresentam toxidez ao homem e a outros seres vivos, além do risco de contaminar o meio ambiente (CABRERA, 2000). O tratamento curativo de lugares infestados exige grandes investimentos. Lelis (1994) estimou, num levantamento feito entre 1973 e 1993, que, para 240 edificações na cidade de São Paulo, ocorreu um prejuízo de US\$3,5 bilhões.

Diante da toxicidade dos inseticidas para o homem e para o meio ambiente e o alto custo do controle das infestações, pesquisas são desenvolvidas em vários países com produtos e métodos alternativos para o combate desses insetos, como, por exemplo, o uso de feromônios, análogos do hormônio juvenil, inibidores da síntese de quitina, microrganismos patogênicos e extrativos vegetais (GALLO et al., 2002). No caso de produtos à base de materiais lignocelulósicos, existe a possibilidade de a matéria-prima utilizada ser naturalmente resistente, por suas propriedades químicas e físicas, tipo e teor de extrativos e teor de lignina (ARANGO et al., 2006; SILVA et al., 2007; SUPRIANA, 1988; YALINKILIC et al., 1998). Efetivamente, painéis de

madeira produzidos com matéria-prima mais resistente podem-se apresentar menos susceptíveis ao ataque de agentes xilófagos (KARTAL; GREEN III, 2003). As diferentes variáveis de processamento, selecionadas para a produção de painéis, também podem interferir nesse processo (TERZI et al., 2009). Dessa forma, o estudo da durabilidade de aglomerados sem a utilização de inseticidas é essencial para evitar o uso desnecessário destes.

O estudo da resistência de painéis aglomerados a cupins de madeira seca é de extrema importância, uma vez que a produção e a utilização desses aglomerados são crescentes no mundo todo e existe uma carência expressiva em relação aos estudos sobre o comportamento e o controle desses cupins.

Neste trabalho, procurou-se, no Capítulo 1, apresentar a situação atual dos painéis aglomerados diante do ataque de agentes xilófagos. No Capítulo 2 buscou-se adaptar uma metodologia que pudesse verificar a resistência de painéis comerciais ao ataque de cupins de madeira seca (*Cryptotermes brevis*). Já no Capítulo 3 observou-se a influência de diferentes adesivos em painéis produzidos com bagaço de cana-de-açúcar, também sob o ataque de cupins de madeira seca. E por fim, no Capítulo 4, verificou-se a resistência de produtos à base de madeira de reflorestamento ao ataque desses agentes xilófagos.

Assim, o objetivo deste trabalho foi verificar a resistência natural de painéis aglomerados produzidos com diferentes produtos lignocelulósicos e painéis com madeira de reflorestamento submetidos ao ataque de cupins de madeira seca.

Objetivos Específicos

- a) comparar madeira maciça e painéis aglomerados, quanto à resistência a cupins de madeira seca (*Cryptotermes brevis*);

- b) verificar a sobrevivência de cupins de madeira seca (*Cryptotermes brevis*) aos materiais oferecidos (madeira e painel aglomerado);
- c) testar a viabilidade da metodologia proposta.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Mecanismos de biodegradação de produtos à base de madeira

A deterioração da madeira pode ser provocada por agentes físicos, químicos ou biológicos, isoladamente ou em conjunto. Os organismos que deterioram a madeira são, principalmente, fungos apodrecedores, insetos de várias espécies de cupins, besouros, vespas e formigas e organismos marinhos representados por algumas espécies de crustáceos e moluscos. A madeira é degradada biologicamente por esses organismos, denominados xilófagos, os quais reconhecem os polímeros naturais da parede celular (celulose, hemicelulose e lignina) como fonte de nutrição. Alguns organismos possuem sistemas enzimáticos específicos capazes de metabolizá-los em unidades menores tornando-os digeríveis (OLIVEIRA; LELIS; LEPAGE, 1986).

Vários métodos são aplicados para retardar a ação de organismos deterioradores. O método mais amplamente adotado é o da impregnação da madeira com substâncias tóxicas a esses organismos. Cavalcante (1982) descreve vários processos que consistem da impregnação da madeira com diferentes produtos, sendo que a escolha de cada processo e produto depende principalmente do ambiente onde a madeira vai ser utilizada.

Graham (1973 citado por CABRERA, 2000) comenta que a prática de proteção de madeiras já é aplicada desde as civilizações antigas da Birmânia, China, Egito, Grécia e Itália, que procuravam protegê-las a madeira com óleos vegetais, animais e minerais. Gregos e romanos chegaram até a injetar esses óleos no interior da madeira por meio de orifícios previamente feitos. Em se tratando de Brasil, a preservação da madeira tem relevante importância, não só do ponto de vista econômico, como também das condições climáticas favoráveis

ao desenvolvimento e à ação dos agentes biológicos que destroem a madeira (MASCARENHAS; DÉON, 1989).

2.2 Biologia dos cupins

Os cupins ou térmitas são insetos da ordem Isoptera e atualmente tem-se conhecimento de, aproximadamente, 3.000 espécies no mundo. São encontrados em regiões predominantemente tropicais (Figura 1) e considerados insetos pragas, pelo prejuízo econômico que podem causar. Têm atraído a atenção de cientistas, por causa de seu singular sistema social, além dos consideráveis danos econômicos provocados em áreas urbanas e rurais (ZANETTI et al., 2004).

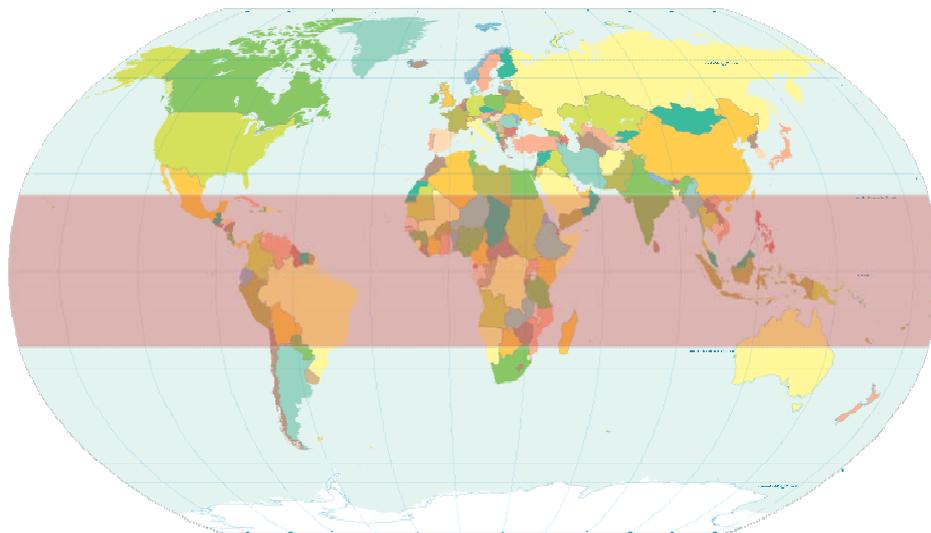


Figura 1 Distribuição geográfica de cupins encontrados normalmente em regiões tropicais e raramente em regiões além de 40° de latitude, norte ou sul

Para controle dos cupins é necessário o conhecimento da sua biologia. Esses insetos possuem táticas de defesa contra introdução de substâncias

repelentes, como, por exemplo, o bloqueio da abertura por onde penetram na madeira com de secreção salivar, secretada imediatamente após a sua penetração e o comportamento de limpeza constante do ninho, chegando a ingerir ou enterrar os indivíduos mortos para evitar a proliferação de microrganismos patogênicos (CABRERA, 2000). São também responsáveis por até 50% do consumo da matéria vegetal depositada na superfície dos solos das florestas tropicais (SILVA; BANDEIRA, 1997). Apesar disso, algumas espécies causam prejuízos irreversíveis ao homem.

Como dito anteriormente, estes insetos constituem a ordem Isoptera que está dividida em sete famílias: Mastotermitidae, Hodotermitidae, Termopsidae, Kalotermitidae, Rhinotermitidae, Serritermitidae e Termitidae, sendo as quatro últimas encontradas no Brasil (GALLO et al., 2002). São insetos sociais, formadores de colônias de indivíduos interdependentes entre si, onde há sobreposição de gerações e cuidados com a prole. Sua estrutura social é composta por indivíduos que se desenvolvem por paurometabolia, compreendendo machos e fêmeas distribuindo-se em categorias ou castas (ELEOTÉRIO, 2000).

Levando em conta o aspecto evolutivo, os cupins são divididos em cupins superiores e inferiores (KRISHNA, 1970; OLIVEIRA; LELIS; LEPAGE, 1986). São superiores aqueles pertencentes à família Termitidae e inferiores, aqueles pertencentes às demais famílias. A classificação dos autores baseia-se em características de cupins primitivos, como pequeno número de indivíduos em colônias maduras, ninhos pouco elaborados, utilização de madeira como alimento principal, degradação de celulose por meio de protozoários simbiotes e organização social em castas pouco definidas para os cupins inferiores e colônias muito populosas, ninhos bem elaborados, utilização de outras fontes de alimento, que não a madeira, degradação de celulose pelas bactérias e presença de castas bem definidas, para cupins superiores.

Apesar de a celulose ser o alimento principal para a maioria das espécies de cupins, sua alimentação é bastante variada e nem todos os insetos possuem hábitos xilófagos. Muitas dessas espécies alimentam-se de matéria orgânica em decomposição, madeiras deterioradas ou cultivadas por fungos, e outras são forrageiras (EDWARD; MILL, 1986; OLIVEIRA; LELIS; LEPAGE, 1986).

Segundo Grassé (1982), os cupins são fototrópicos negativos que vivem confinados no interior dos ninhos e, de maneira geral, não possuem olhos. Essa deficiência é compensada por meio de quimiorreceptores, localizados nas extremidades das antenas em conjunto com pelos sensoriais distribuídos pelo corpo e responsáveis pela percepção dos estímulos do olfato e do tato. Segundo o mesmo autor, os cupins também possuem sensilas nos palpos maxilares e labiais, e a importância da olfação é evidenciada pela detecção de alimento ou de outras substâncias as quais, quando nocivas, são repelidas.

Para Edward e Mill (1986), uma colônia só pode ser considerada madura quando for capaz de produzir todas as castas características da espécie, inclusive os alados. O tempo levado por uma colônia para atingir a maturidade varia de acordo com a espécie e com fatores ambientais, entre três a seis anos, sendo o tempo de vida útil de um cupim de, aproximadamente, 120 dias. O potencial de longevidade dessas colônias é difícil de ser estimado, mas parece ser ilimitado, dada a capacidade em gerar reprodutores secundários sempre que necessário (WILSON, 1974).

Por serem insetos sociais, assim como as formigas cortadeiras e as abelhas, os cupins possuem divisão de trabalho em castas morfológica e funcionalmente diferentes, constituídas por três castas: operários, soldados e reprodutores.

Geralmente a fundação de uma colônia ocorre a partir da produção de imagos por colônias maduras, que, após a revoada, pousam, perdem as asas e formam os pares reais (OLIVEIRA; LELIS; LEPAGE, 1986). A revoada é

possível, porque os insetos alados, ao longo de seu desenvolvimento, adquirem fototropismo positivo, mais acentuado no momento da revoada o que possibilita a sua saída da colônia de origem. Posteriormente, após a perda das asas os cupins tornam-se fototrópicos negativos igualando-se às demais castas que compõem a colônia (GRASSÉ, 1984; OLIVEIRA; LELIS; LEPAGE, 1986). Para Nutting (1970), o sucesso na dispersão dos cupins depende de condições meteorológicas favoráveis para o voo (temperatura, umidade do ar, luminosidade, entre outras), além do número de indivíduos alados produzidos e taxa de predação.

Grassé (1984) também afirma que, após a formação do par real, ocorre a escavação de uma câmara nupcial juntamente com a amputação parcial, mútua, das antenas pelo casal. Nessa câmara nupcial ocorre a primeira cópula e postura dos primeiros ovos. Com o surgimento dos primeiros operários, o casal real passa a ter somente a função reprodutiva. As cópulas são periódicas, por causa de um fenômeno denominado fisogastria decorrente da pressão exercida pelas bainhas ovarianas que se enchem de ovos (GRASSÉ, 1949; OLIVEIRA; LELIS; LEPAGE, 1986).

Em todos os cupins, de acordo com Noirot (1982), os ninhos são isolados do meio externo e a comunicação deste com o meio interno nunca é direta, a não ser em momentos especiais como ocorre em épocas de revoada, para a saída dos alados. Esse autor salienta, ainda, que esse isolamento deve-se à necessidade de proteção contra os movimentos do ar e de manutenção de condições de umidade, temperatura e atmosfera interna necessárias para o desenvolvimento normal da colônia. Os cupins, de maneira geral, são considerados excelentes arquitetos, tanto pela grande variedade de tipos, quanto pela complexidade das suas construções.

Em relação aos cupins urbanos, Robinson (1996) os considera um dos mais bem sucedidos entre os insetos sociais, pela longa vida de suas colônias e

por utilizarem celulose como alimento. Apesar disso, poucos são os cupins com sucesso na transição de ambiente natural para o ambiente urbano, e o sucesso de algumas espécies tem sido relacionado à sua habilidade em se adaptar às mais variadas condições existentes em meio urbano. Esse autor afirma ainda que as construções modernas, por possuírem aparelhos de ar condicionado ou aquecedores que mantem as temperaturas constantes, favorecem a manutenção de cupins subterrâneos em grande atividade durante o ano todo.

Das espécies adaptadas ao ambiente urbano, muitas têm desenvolvido estratégias de voo que evitam a predação por pássaros e outros animais, sendo uma delas a realização das revoadas ao entardecer, quando seus predadores diminuem suas atividades além de passarem despercebidos em função de seu tamanho relativamente pequenos em locais pouco iluminados (ROBINSON, 1996).

Ataques devastadores realizados por cupins, tanto subterrâneos como de madeira seca, têm sido relatados em todo o mundo. Harris (1971) relata danos em documentos, livros, madeiras de construções e materiais de origem orgânica, causados por *Reticulitermes*, na Europa e nos Estados Unidos; *Coptotermes*, na Austrália, Ásia e parte da África; *Macrotermes* e *Odontotermes*, na África do Sul, Índia e sudeste da Ásia; *Mastotermes*, no norte da Austrália; e *Cryptotermes* nos países tropicais e região costeira dos continentes.

Em áreas urbanas, os danos causados em construções são atribuídos a cupins pertencentes a três grupos: cupins de solo ou subterrâneos, cupins de madeira úmida e cupins de madeira seca. No Brasil, os ataques mais frequentes têm sido ocasionados por cupins de apenas dois grupos: cupins subterrâneos e cupins de madeira seca (LELIS, 1976).

Assim como ocorre com todos os insetos sociais, existem divisões morfo-fisiológicas de indivíduos dentro de uma colônia de cupins, na qual existem grupos responsáveis por desempenharem determinadas tarefas, como

por exemplo, reprodução, segurança da colônia, cuidados com a prole, com a limpeza, com o forrageamento etc., sendo esses grupos denominados castas.

A origem das castas pode ser explicada por duas teorias ainda não comprovadas. A primeira recorre a uma questão hereditária e a outra em questões nutricionais, em que insetos na fase de ninfa recebem alimento proctodeal contendo saliva, ocorrendo uma inibição na permanência de protozoários no intestino que dá espaço ao desenvolvimento normal do aparelho reprodutor, originando, assim, as formas reprodutoras.

Além das formas jovens, existem sempre duas categorias de indivíduos adultos nos vários estádios de desenvolvimento que diferenciam-se em castas distintas. A primeira delas é composta por indivíduos reprodutores, sexuados, alados, machos e fêmeas, responsáveis pela propagação da espécie. A segunda é constituída por formas ápteras de ambos os sexos, férteis ou estéreis, formando uma categoria que apresenta seus órgãos reprodutores não completamente desenvolvidos. Há indivíduos, nessa categoria, de duas castas: os operários e os soldados. Esta categoria é responsável pela maior parte do trabalho de uma colônia. Desempenha muitas funções na comunidade, exceto a reprodutiva, por serem estéreis (ZANETTI et al., 2004).

Os operários são responsáveis por buscar o alimento, alimentar as rainhas e os soldados jovens além de construir ninhos, túneis e galerias. São responsáveis pelos danos às culturas e cooperam com os soldados na defesa da comunidade.

Os soldados, por serem na maioria das vezes ápteros e cegos, apresentam mandíbulas bastante desenvolvidas, mas incapazes de servirem na mastigação. Por isso exercem a função de defensores da colônia contra qualquer intruso, protegem o trabalho dos operários, agarrando-se ao inimigo durante o ataque.

Os operários e soldados ocasionalmente apresentam órgãos reprodutores funcionais, podendo, excepcionalmente, colocar ovos. Quando em um

cupinzeiro falta um dos representantes do casal real, a proliferação da colônia é mantida à custa de indivíduos, que, embora se apresentem como formas jovens providas de tecas alares, são exclusivamente bem desenvolvidos, constituindo, assim, outra casta de reprodutores chamada reis e rainhas de reserva, de substituição ou de complemento. Distinguem-se das ninfas que originarão os reprodutores alados por apresentarem o tegumento menos esclerotizado e pigmentado e por possuírem tecas alares mais curtas. É importante ressaltar que a existência de indivíduos de substituição só ocorre após o desaparecimento de um ou de ambos os representantes do par real.

Além da reprodução sexuada, novas colônias de cupins podem também ser formadas assexuadamente pela fragmentação de uma colônia adulta por quebra natural ou provocada por animais ou pelo próprio homem (ZANETTI et al., 2004).

O alimento fundamental dos cupins é a celulose presente em grande quantidade na madeira. Porém, a maioria das espécies não consegue degradá-la por não possuir enzimas celulolíticas ou por produzi-las em baixa quantidade. Essa degradação é feita normalmente por organismos simbiotes como protozoários flagelados e/ou bactérias, presentes no intestino posterior destes insetos, com exceção de algumas espécies, como é o caso da família Termitidae, as quais se alimentam da matéria orgânica vegetal degradada por fungos que cultivam em suas colônias (OLIVEIRA; LELIS; LEPAGE, 1986). Esta associação entre os cupins e os diferentes microrganismos constitui uma simbiose mutualística e é indispensável à sobrevivência desses insetos (HONIGBERG, 1970). Assim, pelo fato de os cupins dependerem, total ou parcialmente, dos simbiotes para digerir a celulose, uma redução significativa no número total destes organismos simbiotes em uma colônia de cupins, poderia resultar em sua eliminação (LELIS, 1992).

Restringindo-se aos cupins que vivem em território brasileiro e às três famílias que causam prejuízos ao homem, podem-se distinguir três graus de desenvolvimento desses insetos, particularmente no que se refere à diferenciação da casta dos operários (NOIROT, 1982). A família Kalotermitidae não possui uma casta definida de operários. Sua casta é formada por indivíduos da linhagem reprodutiva que ainda não se desenvolveram completamente e são denominados “pseudergates”. Já a família Rhinotermitidae apresenta melhor definição dessa casta, mas há ainda uma relativa plasticidade de diferenciação. Entretanto, é na família Termitidae que se encontram espécies com uma casta de operários típica, constituída por indivíduos que, ao atingir esse desenvolvimento, não se diferenciam mais. Acrescenta-se a esta diferenciação dos operários, uma diferenciação das estruturas de defesa dos soldados. Na família Kalotermitidae a defesa é mecânica, feita principalmente pelas mandíbulas. Na família Rhinotermitidae, tem-se a conjugação de mandíbulas e arma química (secreção frontal); já na família Termitidae, a arma química chega à sua maior especialização, com espécies em que os soldados apresentam somente este tipo de arma e as mandíbulas são estruturas vestiginais (DELIGNE; QUENNEDEY; BLUM, 1981).

2.3 Cryptotermes brevis

A espécie *Cryptotermes brevis* (Kalotermitidae) distribui-se, atualmente, por todas as regiões zoogeográficas. É encontrada essencialmente no ambiente doméstico (BANDEIRA; MIRANDA; VASCONCELLOS, 1998) e segundo Edward e Mill (1986) foi detectada inicialmente no Brasil nas Regiões Sudeste e Norte. Seu dano mais frequente é no mobiliário, porém este ataque pode-se estender aos componentes de madeira da edificação, tais como o madeiramento de telhados e guarnições. Estes cupins têm como principal característica viver

em madeiras com baixa umidade, em torno de 12% (LEPAGE, 1986). Seu ninho restringe-se às galerias escavadas na madeira. Suas fezes são secas e peletizadas e suas colônias possuem poucos indivíduos, quando comparadas com outras espécies da mesma família.

A espécie *Cryptotermes brevis* (Kalotermitidae), objeto de estudo deste trabalho, é essencialmente xilófaga e possui uma grande diversidade de simbiontes intestinais. Esses microrganismos são expelidos por ocasião da muda, quando o inseto elimina o seu conteúdo intestinal. Entretanto, esta fauna é rapidamente repostada pela transferência de alimento elaborado entre os indivíduos, o que os torna dependentes entre si (KIRBY, 1934).

Os cupins de madeira seca pertencem à família Kalotermitidae e têm sido assinalados como grandes causadores de danos em madeiras da estrutura de edificações, em móveis, livros, tecidos e outros materiais de origem celulósica em área urbana em todo o mundo (HARRIS, 1971).

As colônias de cupins de madeira seca, segundo Marer (1991), infestam madeira seca, não apodrecida, estrutural, móveis, ramos de árvores vivas em locais sombreados, árvores em pomares, postes e madeiras armazenadas. A partir dessas áreas, reprodutores alados migram para novas construções e outras estruturas em dias ensolarados nos meses chuvosos. Segundo esse autor, as colônias desses cupins geralmente são pequenas, em torno de 1.000 indivíduos, que vivem em peças de madeira, móveis ou peças de acabamento, e podem ser acidentalmente transportados pelo homem implicando em sua ampla área de distribuição.

Os cupins pertencentes a esse grupo têm baixo requerimento de umidade e possuem grande tolerância às condições secas por períodos prolongados. A água pode ser obtida diretamente da madeira que, mesmo sendo em pequena quantidade, é o suficiente graças a mecanismos especiais desenvolvidos para reduzir sua perda. Dentre esses mecanismos, o de recuperação de grande parte

da água do material fecal (antes de evacuar) é um dos mais importantes (EDWARD; MILL, 1986; RUDOLPH; GLOCKE; RATHENOW, 1990; WALLER; LA-FAGE, 1986). Esses autores afirmam que a umidade relativa do ar, por fornecer umidade à madeira, é indiretamente fonte de água para os cupins.

Segundo Edward e Mill (1986) e Robinson (1996), *Cryptotermes brevis* (walker) é considerada a espécie mais amplamente distribuída. Esses autores consideram que esta espécie, de origem indiana, é extraordinariamente apta a se adaptar em todos os países por onde têm sido levada.

Steward (1983) comparou *Cryptotermes brevis* (Walker), com *Cryptotermes dudleyi* (Banks) e *Cryptotermes havilandi* (Sjöstedt), quanto à adaptação às diferentes condições climáticas, e constatou que *Cryptotermes brevis* sobrevive melhor tanto em condições quentes-secas como em frias-úmidas.

No Brasil, a espécie *Cryptotermes brevis* é citada como uma das mais importantes pragas do ponto de vista econômico (ARAÚJO, 1970). Para este autor, *Cryptotermes brevis* foi observado no Brasil, pela primeira vez, em 1957, no estado de São Paulo, nas cidades de Limeira, Itu, Piracicaba e Campinas. Araújo (1977) e Fontes (1983) consideraram *Cryptotermes brevis* como a principal espécie de cupim de madeira seca vista como praga em construções do Sudeste brasileiro. Fontes (1998) observou a espécie, de norte a sul do Brasil, infestando apenas o madeiramento interno das edificações.

Pelo ciclo de vida deste inseto, conforme mostrado na Figura 2, observa-se como a espécie se reproduz na madeira e, a partir daí, inicia-se a colonização e/ou ataque da peça de madeira na época da revoada.

Um par real sai à procura de local para instalação de nova colônia e logo que o encontra, penetra na madeira por alguma abertura natural (rachadura ou fenda). Sua dimensão é proporcional ao tamanho da peça de madeira atacada e

uma vez que penetram na madeira, secretam uma substância que bloqueia a entrada de qualquer outro organismo, dificultando sua detecção que só será percebida pela presença de fezes secretadas para o exterior.

O sinal mais característico de infestação por cupins de madeira seca é a presença de grânulos fecais, colocados para fora da peça atacada.

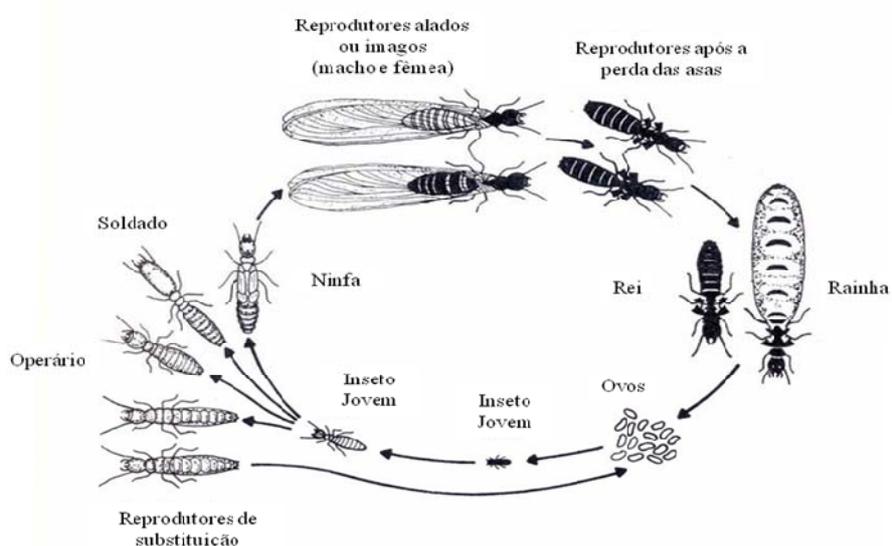


Figura 2 Ciclo de vida

Fonte: Koifoid (1934)

Quando as colônias são pequenas, a quantidade de grânulos fecais eliminados é mínima, o que dificulta sua detecção. São grânulos secos e apresentam a coloração da madeira da qual os cupins se alimentam (EDWARD; MILL, 1986; OLIVEIRA; LELIS; LEPAGE, 1986).

De acordo com Steward (1982), as colônias de *Cryptotermes brevis* que forem eventualmente transportadas pelo homem, dependerão do vôo de dispersão dos imagos para estabelecerem novas infestações.

Após a localização dos orifícios, devem ser feitas sondagens nas peças de madeira, utilizando aparatos como, por exemplo, uma chave de fenda, picador de gelo ou faca. A emissão de um som oco é indício da existência de galerias internas, podendo, desta maneira, estimar a extensão do ataque (EDWARD; MILL, 1986; KOEHLER, 1997). Koehler (1997) ainda afirma que, em peças atacadas por cupins de madeira seca, os túneis e as galerias são feitos transversalmente à grã da madeira e os cupins destroem tanto o lenho juvenil, quanto o lenho tardio, sendo observados somente quando muito danificadas.

Segundo Marer (1991), existem outros métodos de detecção de cupins de madeira seca além dos já citados. Dentre esses incluem a utilização de cães, detectores de odor (emissão de metano pelos cupins) e sensores de vibração. O único considerado efetivo é o da utilização de sensores de vibração, mas seu custo é alto o que o torna inviável. Portanto, o método mais utilizado para a inspeção de cupins de madeira seca é o da busca visual.

2.4 Resistência de produtos lignocelulósicos ao ataque do cupim de madeira seca

A resistência da madeira à deterioração é a capacidade inerente à espécie de resistir à ação de agentes deterioradores, incluindo os agentes biológicos e os físicos e químicos. No entanto, em virtude da frequência e da importância econômica, a resistência natural é normalmente entendida como referente aos agentes biológicos (WILLEITNER, 1984).

A resistência à biodeterioração é atribuída à presença de certas substâncias no lenho, como taninos e outras substâncias fenólicas complexas tóxicas a fungos e a insetos xilófagos (FINDLAY, 1985; HUNT; GARRATT, 1967), afirmação comprovada por Paes (2002), ao avaliar a resistência natural da madeira de *Corymbia maculata* (Hook.) K.D. Hill & L.A.S Johnson a fungos e a

cupins xilófagos, em condições de laboratório, onde foi verificado o dano superficial provocado pelos cupins à madeira de *Corymbia. maculata*. Assim, a madeira comportou-se resistente à ação desses insetos.

Nos últimos anos, a pressão ambiental para o reaproveitamento de resíduos vem-se tornando cada vez maior, fazendo com que inúmeros pesquisadores, a exemplo de Calegari et al. (2004), Dacosta et al. (2005), Melo et al. (2009) e Pedrazzi et al. (2006), estudem as características de painéis aglomerados produzidos com a utilização desses resíduos. A utilização de resíduos de madeira, como maravalhas, costaneiras, serragens e outros, agregam valor ao material. Aliado a isso, observa-se a viabilidade da mistura de madeiras e resíduos com o intuito de obter painéis com melhores características físico-mecânicas, o que proporciona o uso mais nobre e menos poluente para esses materiais (MELO et al., 2010).

A utilização de matérias-primas alternativas para fabricação de painéis também vem ganhando destaque e já é objeto de estudos (MELO, 2009; PAULESKI et al., 2007; YOUNGQUIST et al., 1993). Uma dessas matérias-primas seria o emprego de resíduos agrícolas gerados a partir do beneficiamento do arroz (casca), do café (casca), do milho (sabugo) e da cana-de-açúcar (bagaço).

As madeiras utilizadas para a produção de painéis são geralmente de baixa durabilidade. A utilização de madeiras de maior durabilidade ou a mistura dessas madeiras com espécies mais resistentes, visando à melhoria de sua resistência a agentes xilófagos, já vêm sendo estudadas por alguns autores (BEHR; WITTRUP, 1969; EVANS; CREFFIELD; CONROY, 1997; KARTAL; GREEN III, 2003; OKINO, 2007; SHI et al., 2006), entretanto pouco se sabe da mistura de partícula dessas espécies com resíduos da agroindústria, com potencial para produção de painéis, uma vez que a utilização de matérias-primas de maior durabilidade na produção de compósitos diminuiria os riscos

ambientais e a saúde, fatores inerentes ao processo de fabricação, ocasionados pela aplicação de preservantes químicos.

Extrativos fenólicos são considerados a principal razão para a durabilidade natural de materiais lignocelulósicos, juntamente com grupos de lignina que agem como antioxidantes. Quantidades e tipos de extrativos presentes em um material, em particular, podem indicar sua durabilidade (SCHULTZ et al., 1995; SCHULTZ; NICHOLAS, 1997). De acordo com Oliveira (1997), quanto maior a durabilidade natural da madeira na indústria moveleira, maior será a preferência em relação ao seu tipo. Evitam-se, assim, os inconvenientes advindos da utilização de produtos químicos altamente tóxicos usados no tratamento de madeiras de baixa durabilidade, conferindo-lhes um desempenho satisfatório em serviço.

De forma análoga, painéis aglomerados mais resistentes ao ataque de cupins xilófagos também podem ser favorecidos e ganhar maior espaço no mercado nacional e internacional. Dentro do gênero *Eucalyptus*, para a produção de painéis aglomerados, existem algumas espécies resistentes ao ataque de organismos xilófagos, porém Lelles e Rezende (1986 citados por PAES, 2010), afirmam que a madeira do cerne da maioria das espécies cultivadas no Brasil não apresenta resistência natural satisfatória. Os autores relatam também que existem poucos estudos relativos à resistência natural das diversas espécies de *Eucalyptus* cultivadas no Brasil.

Saindo um pouco dos painéis aglomerados, Kartal e Green III (2003) compararam a resistência de painéis MDF (Medium Density Fiberboard), produzidos com diversas espécies de madeira, ao cupim *Reticulitermes flavipes* (Kollar), e verificaram menores perdas de massa para painéis produzidos com *Fagus orientalis* Lipsky. Terzi et al. (2009) tentaram evitar o ataque do cupim de madeira seca pela adição de resíduos de borracha de pneu em painéis aglomerados, mas observaram que os insetos conseguiram atacar os produtos.

Evans, Creffield e Conroy (1997) concluíram que amostras de aglomerado, contendo maiores proporções de *Callitris glaucophylla*, foram mais resistentes em relação a amostras puras de *Pinus radiata*. Melo et al. (2010) estudaram a resistência de painéis aglomerados de madeira de *Eucalyptus* com inclusão de casca de arroz em várias proporções e observaram sua resistência ao ataque de *Nasutitermes corniger*, sendo constatada uma maior resistência dos painéis produzidos com 100% de casca de arroz. Silva et al. (2010) compararam a influência de adesivos tânicos com adesivo fenol-formaldeído sobre a resistência de painéis aglomerados de *Pinus caribea* ao cupim *Coptotermes gestroi* e concluíram que o adesivo fenol-formaldeído apresentou-se mais resistente.

2.5 Painéis aglomerados

Aglomerado é um termo genérico para painéis produzidos com partículas de materiais lignocelulósicos (geralmente madeira), combinados com uma resina sintética ou outro aglomerante adequado. A união entre os componentes é feita por meio de calor e pressão em uma prensa quente (MALONEY, 1966). Segundo o mesmo autor, a primeira planta industrial de aglomerados começou a operar em Dubuque, Iowa (EUA), em 1933.

Atualmente, painéis aglomerados vêm sendo produzidos em grande escala no mundo todo, sendo a Europa o continente de maior produção (Gráfico 1).

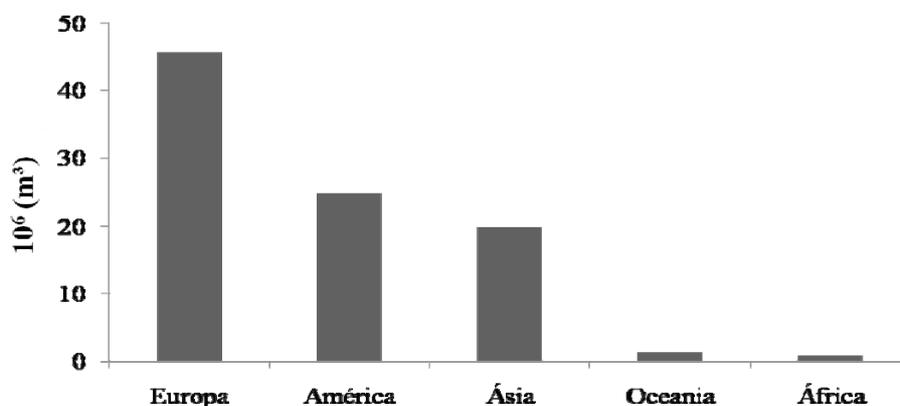


Gráfico 1 Produção de painéis aglomerados por continente no ano de 2009
Fonte: FAO (2010)

2.5.1 Material lignocelulósico

As madeiras de espécies do gênero *Pinus* são as mais utilizadas para a produção de aglomerados no Brasil, por apresentarem baixa densidade e estarem disponíveis em grande escala nas plantações florestais existentes no País (IWAKIRI, 2005). A demanda crescente por madeira de *Pinus*, porém, torna necessária a utilização de espécies alternativas de reflorestamento, tais como as pertencentes ao gênero *Eucalyptus*, que também são amplamente cultivadas no Brasil e possuem potencial para produção de painéis aglomerados, por apresentarem baixa densidade. Em 2007, as florestas de eucalipto representaram 62,7% do total de florestas plantadas no Brasil, comparadas a apenas 30,2% representados pelas florestas de *Pinus sp.* (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE - ABIMCI, 2008).

No entanto, qualquer material lignocelulósico, teoricamente, pode ser utilizado para produção de painéis aglomerados. Essa prática é vantajosa para promover preservação florestal e reutilização de materiais que, eventualmente, tornariam um problema ambiental. Deve-se ressaltar, ainda, que essa prática

pode ser especialmente interessante em locais onde há escassez de fontes fornecedoras de madeira.

Dentre as inúmeras matérias-primas não lenhosas que podem ser utilizadas para produção de painéis aglomerados, o bagaço de cana-de-açúcar vem-se destacando como uma das mais promissoras alternativas, pela semelhança na constituição química (WIDYORINI et al., 2005).

O bagaço de cana-de-açúcar é um resíduo fibroso, produzido após a moagem da cana-de-açúcar e obtenção do suco. Consiste de fibras, água e produtos sólidos, principalmente açúcar (PATURAL, 1987). A Tabela 1 mostra as diferenças na composição química entre a madeira e o bagaço de cana-de-açúcar.

Tabela 1 Comparação entre madeira e bagaço de cana-de-açúcar quanto à constituição química

<i>Componente (%)</i>	<i>Madeira</i>		<i>Bagaço de cana-de-açúcar</i>
	<i>Folhosa</i>	<i>Conífera</i>	
α -celulose	-	-	50
β -celulose	45	42	-
Hemicelulose	30	27	25
Lignina	20	28	22,6
Minerais	3	5	2,4

Fonte: * Klock, Muñiz e Hernandez (2005) e ** Pandey et al. (2000)

Segundo Atchison e Lengel (1985), a primeira planta de produção de painéis aglomerados produzidos com bagaço de cana-de-açúcar foi construída em 1920, pela indústria Celotex, Lousiana, Estados Unidos. Desde então, mais de 20 plantas deste tipo foram construídas por todo o mundo. Em alguns países, como a China, a produção comercial de painéis aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar já é uma realidade, conforme afirmado por Wei, Lu e Sun (2004). No Brasil, até o momento, painéis aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar ainda não foram produzidos em escala comercial.

2.5.2 Adesivos

A uréia-formaldeído é o adesivo mais utilizado para produção de aglomerados. É termoendurecedor, cuja polimerização normal ocorre em superfícies de madeira ácida (FOREST PRODUCTS LABORATORY, 1999). No entanto, os adesivos à base de uréia são bem mais sensíveis às condições de alta umidade.

Segundo Pizzi e Mittal (1994), esse produto apresenta as seguintes vantagens:

- a) solubilidade inicial em água;
- b) dureza após a cura;
- c) não inflamável;
- d) ausência de cor dos polímeros após a cura;
- e) fácil adaptabilidade a uma variedade de condições de cura.

O adesivo melamina-formaldeído está entre os mais utilizados para produção de painéis de aglomerados, visto que apresenta maior resistência à água em relação ao adesivo uréia-formaldeído, porém de custo mais elevado. Por esta razão, adesivos melamina-uréia-formaldeído, que têm seu custo reduzido pela mistura com uréia-formaldeído, são frequentemente utilizados (PIZZI; MITTAL, 1994).

Quanto ao teor de adesivo, é importante enfatizar que se trata do componente de custo mais elevado na produção de painéis, devendo ter sua utilização otimizada durante o processo de fabricação.

REFERÊNCIAS

- ARANGO, R. A. et al. Natural durability of tropical and native woods against termite damage by *Reticulitermes flavipes* (Kollar). **International Biodeterioration & Biodegradation**, Birmingham, v. 57, n. 3, p. 6-15, Apr. 2006.
- ARAÚJO, R. L. **Catálogo dos isoptera do novo mundo**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1977. 92 p.
- _____. Termites of the neotropical region. In: KRISHNA, K.; WEESNER, M. (Ed.). **Biology of termites**. New York: Academic, 1970. v. 2, p. 527-576.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MADEIRA PROCESSADA MECANICAMENTE. **Estudo setorial da madeira processada mecanicamente**. Curitiba, 2008.
- BANDEIRA, A. G.; MIRANDA, C. S.; VASCONCELLOS, A. Danos causados por cupins em João Pessoa, Paraíba, Brasil. In: FONTES, L. R.; BERTI FILHO, E. (Ed.). **Cupins: o desafio do conhecimento**. Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 75-85.
- BEHR, E. A.; WITTRUP, B. A. Decay and termite resistance of two species particle boards. **Holzforschung**, Berlin, v. 23, n. 5, p. 166-170, Sept./Oct. 1969.
- CABRERA, R. R. **Ação dos extrativos das madeiras de peroba-rosa, *Aspidosperma polyneuron* (Apocynaceae), Cinamomo, *Melia* sp. (Meliaceae), Itaúba, *Mezilaurus* sp. (Lauraceae) e ipê, *Tabebuia* sp. (Bignoneaceae) nos cupins de madeira seca, *Cryptotermes brevis* WALKER (Isoptera-Kalotermitidae)**. 2000. 52 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2000.
- CALEGARI, L. et al. Adição de aparas de papel reciclável na fabricação de chapas de madeira aglomerada. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 14, n. 1, p. 193-204, jan./mar. 2004.
- CAVALCANTE, M. S. **Deterioração biológica e preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, 1982. 40 p.

DACOSTA, L. P. E. et al. Qualidade das chapas de partículas aglomeradas fabricadas com resíduos do processamento mecânico da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 3, p. 311-322, jul./set. 2005.

DELIGNE, J.; QUENNEDEY, A.; BLUM, M. S. The enemies and defense mechanisms of termites. In: HERMAN, D. (Ed.). **Social insects**. New York: Academic, 1981. v. 2, p. 1-76.

EDWARD, R.; MILL, A. E. **Termites in buildings: their biology and control**. East Grinstead: Rentokil LTD, 1986. 261 p.

ELEOTÉRIO, E. S. R. **Levantamento e identificação de cupins (Insecta: Isoptera) em área urbana de Piracicaba**. 2000. 101 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeiras) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2000.

EVANS, P. D.; CREFFIELD, J. W.; CONROY, J. S. G. Natural durability and physical properties of particleboard composed of white cypress pine and radiata pine. **Forest Products Society**, Madison, v. 47, n. 6, p. 87-94, Dec. 1997.

FINDLAY, W. P. K. The nature and durability of wood. In: _____. **Preservation of timber in the tropics**. Dordrecht: W. Junk, 1985. p. 1-13.

FONTES, L. R. Acréscimos e correções ao catalogo dos isópteras do novo mundo. **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 17, n. 2, p. 137-145, 1983.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **Forest products laboratory**. Rome, 2010. Disponível em: <<http://www.fao.org>>. Acesso em: 5 fev. 2011.

FOREST PRODUCTS LABORATORY. **Wood handbook: wood as an engineering material**. Madison: Department of Agriculture, Forest Service, 1999. 463 p.

GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. São Paulo: FEALQ/USP, 2002. 920 p.

GRASSÉ, P. P. **Termitologia**. Paris: Masson, 1982. v. 1, 676 p.

_____. _____. Paris: Masson, 1984. v. 2, 613 p.

_____. **Traité de zoologie: anatomie, systématique, biologie**. Paris: Masson, 1949. 1117 p.

HARRIS, W. V. **Termites: their recognition and control**. London: Longman, 1971. 186 p.

HONIGBERG, B. M. Protozoa associated with termites and their role in digestion. In: KRISHIMA, K.; WEESNER, F. M. (Ed.). **Biology of termites**. New York: Academic, 1970. v. 2, p. 1-36.

HUNT, G. M.; GARRATT, G. A. **Wood preservation**. New York: McGraw Hill, 1967. 433 p.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005. 254 p.

IWAKIRI, S. et al. Utilização de resíduos de serraria na produção de chapas de madeira aglomerada de *Eucalyptus saligna*, *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus pilularis*. **Floresta e Ambiente**, Seropédica, v. 7, n. 1, p. 251-256, jan./dez. 2000.

KARTAL, S. N.; GREEN III, F. Decay and termite resistance of medium density fiberboard (MDF) made from different wood species. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Birmingham, v. 51, n. 1, p. 29-35, Jan. 2003.

KIRBY, H. Protozoa in termites. In: KOFOID, C. A. (Ed.). **Termites and termite control**. Davis: University of California, 1934. v. 1, p. 89-98.

KLOCK, U.; MUÑIZ, G. I. B. de; HERNANDEZ, J. A. **Química da madeira**. 3. ed. Curitiba: UFPR, 2005. 86 p.

KOEHLER, P. G. **Drywood and other non-subterranean termites**. Gainesville: University of Florida, 1997. 4 p.

KOIFOID, C. A. **Termites and termite control**. Berkley: University of California, 1934. 795 p.

KRISHNA, K. Taxonomy, phylogeny and distribution of termites. In: KRISHNA, K.; WEESNER, M. (Ed.). **Biology of termites**. New York: Academic, 1970. v. 2, p. 127-152.

KUBLER, H. **Wood as building and hobby material: how to use lumber, wood-base panels and roundwood wisely in construction, for furniture and as fuel**. New York: Wiley, 1980. 256 p.

LELIS, A. T. Cupins: prevenção e erradicação. **Preservação de Madeiras**, São Paulo, v. 6/7, n. 1, p. 51-58, 1976.

_____. Loss of intestinal flagellates in termites exposed to the juvenile hormone analogue (JHA): methoprene. **Material un Organismem**, Berlin, v. 27, n. 3, p. 172-178, 1992.

_____. Termite problem in São Paulo city, Brazil. In: CONGRESS OF THE INTERNATIONAL UNION FOR THE STUDY OF SOCIAL INSECTS, 12., 1994, Paris. **Resumes...** Paris: IUSSI, 1994. p. 253.

LEPAGE, E. S. Química da madeira. In: _____. **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, 1986. p. 69-98.

MALONEY, T. M. Wood composite materials. **Forest Products Journal**, Madison, v. 46, n. 2, p. 19-26, Feb. 1996.

MARER, P. **Residential industrial pescontrol**. Oakland: University of California, 1991. (Publication, 3334). Disponível em: <<http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/pestnotes>>. Acesso em: 10 nov. 2010.

MASCARENHAS, A. C.; DÉON, G. **Manual de preservação de madeiras em clima tropical**. Paris: Centre Technique Forestier Tropical, 1989. 122 p.

MELO, R. R. **Propriedades físico-mecânicas e resistência a biodeterioradores de chapas aglomeradas constituídas por diferentes proporções de madeira e casca de arroz**. 2009. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

MELO, R. R. et al. Propriedades físico-mecânicas de painéis aglomerados produzidos com diferentes proporções de madeira e casca de arroz. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 449-460, out./dez. 2009.

_____. Resistência de painéis aglomerados produzidos com diferentes proporções de madeira e casca de arroz a fungos e cupins xilófagos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 501-511, jul./set. 2010.

NOIROT, C. La caste des ouvriers, element majeur du success evolutif des termites. **Revista de Biologia**, Aveiro, v. 75, n. 2, p. 157-195, 1982.

NUTTING, W. L. Flight and colony foundation. In: KRISHNA, K.; WEESNER, M. (Ed.). **Biology of termites**. New York: Academic, 1970. v. 2, p. 233-382.

OKINO, E. Y. A. Biodegradação de chapas de partículas orientadas de pinus, eucalipto e cipreste expostas a quatro fungos apodrecedores. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 74, p. 67-74, jun. 2007.

OLIVEIRA, A. M. F.; LELIS, A. T.; LEPAGE, E. S. Agentes destruidores de madeira. In: LEPAGE, E. S. (Coord.). **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT-SICCT, 1986. p. 99-278.

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

PAES, J. B. Resistência natural da madeira de *Corymbia maculata* (Hook.) K.D.Hill & L.A.S. Johnson a fungos e cupins xilófagos, em condições de laboratório. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 26, n. 6, p. 761-767, nov./dez. 2002.

PANDEY, A. et al. Biotechnological potential of agro-industrial residues: I., sugarcane bagasse. **Bioresource Technology**, Essex, v. 74, n. 1, p. 69-80, Aug. 2000.

PATURAL, J. M. **Alternative uses of sugarcane and its byproducts in agroindustries**. Rome: FAO, 1987. 365 p.

PAULESKI, D. T. et al. Características de compósitos laminados manufaturados com polietileno de alta densidade (PEAD) e diferentes proporções de casca de arroz e partículas de madeira. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 17, n. 2, p. 157-170, abr./jun. 2007.

PEDRAZZI, C. et al. Qualidade de chapas de partículas de madeira aglomerada fabricadas com resíduos de uma indústria de celulose. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 2, p. 201-212, abr./jun. 2006.

PIZZI, A.; MITTAL, K. L. **Handbook of adhesive technology**. New York: M. Dekker, 1994. 247 p.

ROBINSON, W. H. **Urban entomology: insect and mite pests in the human environment**. London: Chapman & Hall, 1996. 430 p.

- RUDOLPH, D.; GLOCKE, B.; RATHENOW, S. On the role of different humidity parameters for the survival, distribution and ecology of various termites species. **Sociobiology**, Chicago, v. 17, n. 1, p. 129-140, Jan. 1990.
- SCHULTZ, T. P. et al. Durability of angiosperm heartwood: the importance of extractives. **Holzforschung**, Vienna, v. 1, n. 49, p. 29-34, 1995.
- SCHULTZ, T. P.; NICHOLAS, D. D. Susceptibility of angiosperm sapwood to white-rot fungal colonization and subsequent degradation: a hypothesis. In: INTERNATIONAL RESEARCH GROUP ON WOOD PRESERVATION, 28., 1997, Whistler. **Proceedings...** Whistler: IRG Secretariat Stockholm, 1997. p. 10.
- SHI, J. L. et al. Mold resistance of medium density fiberboard panels made from black spruce, hybrid poplar and a mixture of S-P-F chips. **Holz als Roh-und Werkstoff**, München, v. 64, n. 3, p. 167-171, 2006.
- SILVA, C. A. da et al. Biodeterioration of brazilwood *Caesalpinia echinata* Lam. (Leguminosae-Caesalpinioideae) by rot fungi and termites. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Birmingham, v. 60, n. 4, p. 285-292, Aug. 2007.
- SILVA, E. G.; BANDEIRA, A. G. Cupins de solo na Mata Atlântica, João Pessoa, Paraíba: distribuição vertical e abundância. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 16.; ENCONTRO NACIONAL DE FITOSSANITARISTAS, 7., 1997, Salvador. **Resumos...** Salvador: UFBA, 1997. p. 210.
- SILVA, F. C. et al. Influência de diferentes adesivos utilizados na fabricação de painéis aglomerados na ação de *Coptotermes gestroi* (Wasmann, 1986) (Isoptera: Rhinotermitidae). **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 2, p. 379-384, ago. 2010.
- STEWART, R. C. Microclimate and colony foundation by imago and neotenic reproductives of dry-wood termite species (*Cryptotermes* sp.) (Isoptera: Kalotermitidae). **Sociobiology**, Chicago, v. 7, n. 3, p. 311-331, June 1983.
- SUPRIANA, N. Studies on the natural durability of tropical timbers to termite attack. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Birmingham, v. 24, n. 4/5, p. 337-341, Sept. 1988.

TERZI, E. et al. Evaluation of possible decay and termite resistance of particleboard containing waste tire rubber. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Birmingham, v. 63, n. 6, p. 806-809, Sept. 2009.

VERMA, M.; SHARMA, S.; PRASAD, R. Biological alternatives for termite control: a review. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Birmingham, v. 63, n. 8, p. 959-972, Dec. 2009.

WALLER, D. A.; LA-FAGE, J. P. Nutritional ecology of termites. In: SLANSKY JUNIOR, F.; RODRIGUEZ, J. C. **Nutritional ecology of insects, mites, spiders and related invertebrates**. New York: Wiley-Interscience, 1986. p. 487-532.

WEI, Y. A.; LU, J. J.; SUN, W. D. New development in sugar-based products and cane by-products utilization in China. **Sugar Technology**, Guangxi, v. 6, n. 4, p. 281-284, Sept. 2004.

WIDYORINI, R. et al. Manufacture and properties of binderless particleboard from bagasse I: effects of raw material type, storage methods, and manufacturing process. **Journal of Wood Science**, London, v. 51, n. 6, p. 648-654, Dec. 2005.

WILLEITNER, H. **Laboratory tests on the natural durability of timber-methods and problems**. Stockholm: The International Research Group on Wood Preservation, 1984. 11 p.

WILSON, E. O. **The insects societies**. Cambridge: Belknap, 1974. 548 p.

YALINKILIC, M. K. et al. Biological, physical and mechanical properties of particleboard manufactured from waste tea leaves. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Birmingham, v. 41, n. 1, p. 75-84, Feb. 1998.

YOUNGQUIST, J. A. et al. Agricultural fibers in composition panels. In: INTERNATIONAL PARTICLEBOARD/COMPOSITE MATERIALS SYMPOSIUM, 27., 1993, Pullman. **Proceedings...** Pullman: Washington State University, 1993. p. 30-31.

ZANETTI, R. et al. **Manejo integrado de pragas florestais**. Lavras: UFLA, 2004. 119 p.

CAPÍTULO 2

Resistência de painéis aglomerados comerciais a cupins de madeira seca

RESUMO

Os objetivos deste trabalho foram: 1) avaliar a viabilidade de uso de uma metodologia alternativa adaptada para estudo do ataque de *Cryptotermes brevis* a painéis aglomerados em laboratório; 2) comparar a resistência de diferentes painéis aglomerados comerciais a esse cupim praga. Foram utilizadas placas de Petri de acrílico, com 9,5 cm de diâmetro, 30 operários por placa, temperatura de manutenção em estufa incubadora para BOD (Biological Oxygen Demand) de $24 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e escotofase de 24 horas. Utilizaram-se painéis comerciais de bagaço de cana-de-açúcar, provenientes da China, e de *Eucalyptus sp.*, provenientes de duas empresas brasileiras. Os indivíduos mortos foram retirados das placas e contabilizados diariamente, durante 60 dias. Foi possível concluir que a metodologia possibilita a detecção de diferentes resistências dos materiais ao cupim de madeira seca *Cryptotermes brevis*. O painel aglomerado de bagaço de cana-de-açúcar apresentou maior resistência ao ataque. No entanto, a taxa de sobrevivência dos insetos não foi baixa e mudanças na metodologia poderiam ser feitas com intuito de melhorar esses resultados.

Palavras-chave: Kalotermitidae. Xilófagos. *Eucalyptus sp.*. Bagaço de cana-de-açúcar.

ABSTRACT

The aims of this work were: 1) to evaluate the viability of using an adapted alternative methodology in the study of *Cryptotermes brevis* attack to particleboard panels; 2) to compare the resistance of different commercial particleboard to this pest. Acrylic Petri dishes with diameter of 9,5 cm were used. Thirty workers were put per dishes and they were kept in BOD (Biological Oxygen Demand) at $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ and 24 hours of escotofase. Commercial *Eucalyptus sp.* particleboards from two Brazilian industries and commercial sugar cane particleboards from China were used. The dead individuals were daily counted and removed from the dishes during 60 days. The methodology allows to detect different resistance of different materials to the attack of *Cryptotermes brevis*. Sugar cane bagasse particleboards presented highest resistance among the panels evaluated. However, survival rate of the insects was low and the methodology could be improved in order to improve these results.

Keywords: Kalotermitidae. Xylophagous. *Eucalyptus sp.*. Sugar cane bagasse.

1 INTRODUÇÃO

Os cupins são insetos sociais polimórficos que constroem seus ninhos para a proteção da colônia, armazenamento de alimento e manutenção de condições ótimas para o desenvolvimento dos indivíduos. Pertencem à ordem Isoptera, a qual inclui os insetos cujas formas aladas possuem dois pares de asas membranosas pseudo-iguais (*Iso* = igual; *pteron*= asas), aparelho bucal mastigador e desenvolvimento por paurometabolia (GALLO et al., 1988).

Os cupins que atacam especificamente a madeira seca são representantes da família Kalotermitidae (GALLO et al., 2002). Dentre as espécies pertencentes a esta família, Araújo (1980) aponta *Cryptotermes brevis* como a mais importante no Brasil. De acordo com Zimmerman (1948), as colônias desse cupim consistem de centenas de indivíduos, as quais vivem inteiramente dentro de galerias formadas com o processo de alimentação. Suas colônias não apresentam casta de operários verdadeiros, sendo que a manutenção do ninho é realizada pelas formas ninfais das castas reprodutivas e dos soldados (MCMAHAN, 1962).

Atualmente, os painéis aglomerados vêm sendo produzidos em grande escala no mundo todo, sendo que diferentes matérias-primas são utilizadas. Segundo Widyorini et al. (2005), o bagaço, resíduo do processamento da cana-de-açúcar, é considerado uma das mais promissoras alternativas de substituição da madeira para esta finalidade.

No Brasil, para avaliação da resistência natural de espécies de madeira a cupins em laboratório, pesquisadores frequentemente utilizam o método desenvolvido pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT, 1980), denominado “Ensaio Acelerado de Laboratório da Resistência Natural ou de Madeira Preservada ao Ataque de Cupins do Gênero *Cryptotermes*, da família

Kalotermitidae”, além de outras normas como a JPWA, ASTM D-3345 (AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - ASTM, 1994). A norma do IPT propõe a utilização de amostras de madeira de dimensão 2,3 x 0,6 x 7,0 cm, unidas em pares e colocadas em contato com 40 cupins de madeira seca (39 pseudo-operários para 1 pseudo-soldado), durante 45 dias. Os bioensaios devem ser mantidos em câmara climatizada com temperatura de 27 °C e umidade relativa de 70%. A norma japonesa Japan Wood Preserving Association - JWPA (1992) também pode ser aplicada em bioensaios de laboratório. No entanto, para utilização dessa metodologia é necessário um grande número de cupins, fator que pode ser dificultado no caso de *Cryptotermes brevis*, em consequência da existência de poucos insetos nas colônias dessa espécie.

Desta forma, este capítulo tem como objetivos: 1) avaliar a viabilidade do uso de uma metodologia alternativa adaptada para estudo do ataque de *Cryptotermes brevis* a painéis aglomerados em laboratório; 2) comparar a resistência de diferentes painéis aglomerados comerciais a esse cupim praga.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Preparo do material de estudo

Painéis comerciais foram utilizados em função da maior homogeneidade de suas propriedades, o que contribui para verificar a viabilidade de uso da metodologia. As especificações dos painéis utilizados estão expostas na Tabela 2.

Tabela 2 Especificações dos painéis utilizados

Tratamento	Painéis comerciais	Matéria-prima
C1	Painel Aglomerado da China	Bagaço de cana
C2	Painel aglomerado do Brasil (empresa A)	<i>Eucalyptus</i> sp. (50%) + <i>Pinus</i> sp. (50%)
C3	Painel aglomerado do Brasil (empresa B)	<i>Eucalyptus</i> sp

Foram utilizadas quatro repetições para cada painel e obtido um corpo de prova de 5,0 x 5,0 x 1,5 cm. Destes, foram retiradas quatro amostras nas dimensões 0,5 x 1,5 x 0,5 cm.

2.2 Coleta dos cupins

Os cupins da espécie *Cryptotermes brevis* foram coletados de uma porta antiga de madeira de *Pinus* sp., completamente infestada por uma colônia deste inseto, conforme Figura 3. Pedacos de madeira foram cuidadosamente colocados em balde de plástico.



Figura 3 Porta de *Pinus sp.* infestada por cupins
A – vista geral e B – destaque de região atacada

Em seguida, os cupins foram acondicionados sobre uma bandeja de plástico e cuidadosamente separados da serragem remanescente, utilizando uma colher de café de aço inoxidável.

2.3 Montagem do Bioensaio

A metodologia do bioensaio foi adaptada de Santos et al. (2011). Foram colocados 30 operários de *Cryptotermes brevis* em cada placa de Petri de acrílico de 9,5 cm de diâmetro, sendo que em todas as tampas foram feitos 12 orifícios, de aproximadamente, 2 mm de diâmetro (Figura 4).

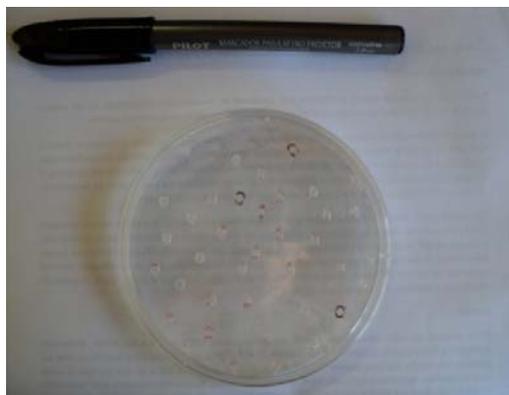


Figura 4 Placa de Petri de acrílico contendo orifícios na tampa

O acompanhamento da sobrevivência dos insetos foi feito diariamente, durante 60 dias, sendo que todos os insetos mortos eram retirados para evitar interferências no teste. Os corpos de prova foram pesados em balança analítica com precisão de 0,0001 g antes e depois do ataque. Em seguida, essas amostras foram submetidas ao ataque dos cupins (Figuras 5) e acondicionadas em estufa incubadora para BOD (Biological Oxygen Demanda) a $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e $65\% \pm 10\%$ UR.

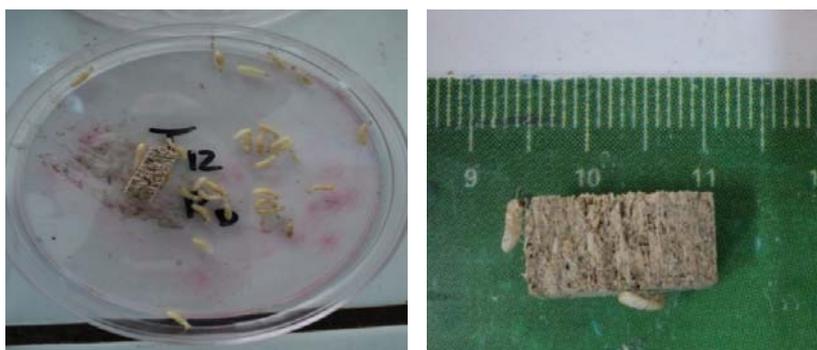


Figura 5 Corpo de prova submetido ao ataque de cupins de madeira seca

O índice de deterioração (ID) foi conseguido a partir da diferença de massa (g), antes e após o ataque, após 60 dias de avaliação.

$$ID (\%) = \frac{m_a - m_d}{m_a} * 100$$

em que:

ID = Índice de Deterioração (%);

m_a = massa climatizada antes do ataque (g);

m_d = massa climatizada depois do ataque (g).

2.4 Plano experimental

I – Teste sem chance de escolha

Foram comparados quatro tratamentos com quatro repetições cada: 1) Painel aglomerado de bagaço de cana, proveniente da China; 2) Painel aglomerado misto de *Eucalyptus* e *Pinus* sp., provenientes de uma indústria A; 3) Painel aglomerado de *Eucalyptus*, provenientes de uma indústria B e 4) cupins sem fonte de alimentação (Figura 6).

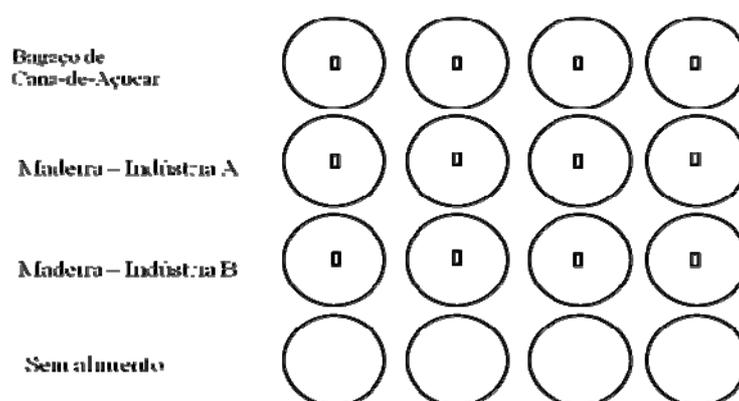


Figura 6 Esquema demonstrando o teste sem chance de escolha

II – Teste com chance de escolha

Nesta etapa, os cupins foram colocados em quatro placas de Petri contendo os três tipos de painel (painel de bagaço de cana-de-açúcar, painel misto de *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp. e painel puro de *Eucalyptus* sp.), para verificar a preferência do inseto (Figura 7).

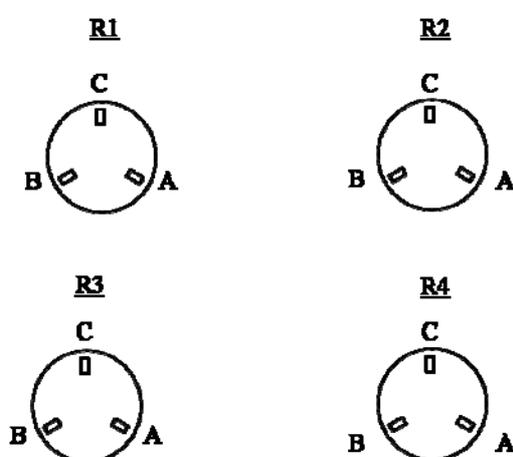


Figura 7 Esquema demonstrando o teste com chance de escolha, onde A, B e C = três diferentes tipos de painel; R = repetição

2.5 Análise estatística dos dados

Os dados da sobrevivência dos insetos em laboratório foram submetidos à análise pela distribuição de Weibull, descrevendo a relação entre a sobrevivência estimada (S) em função do tempo (t), sendo:

$$S(t) = \exp \left[-1 \left(\frac{t}{\beta} \right)^{\gamma} \right]$$

em que:

β = parâmetro de forma e;

γ = parâmetro de escala.

Posteriormente, aplicou-se o teste de identidade de modelos não lineares (χ^2 ; $P < 0,05$), conforme indicado por Regazzi (2003), no qual as equações foram submetidas. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2005) e do pacote estatístico survival (THERNEAU, 2010). O índice de deterioração foi analisado pelos valores médios e erro padrão da média de índice de deterioração.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 3 estão apresentados os parâmetros encontrados para os modelos estatísticos determinados para os testes sem chance de escolha e com chance de escolha. Todos os parâmetros foram significativos. Para o bioensaio de corpos de prova isolados o teste de similaridade de modelos entre as equações geradas demonstrou similaridade entre os quatro tratamentos, podendo todos ser representados por uma única equação.

Tabela 3 Parâmetros estatísticos ajustados do modelo de Weibull

Tratamentos	B	Γ	n	α (%)
Preferência	20,32	0,99	161	0,0000
Isolado	19,21	0,99	481	0,0000

β = parâmetro de forma; γ = parâmetro de escala; n: número de observações; α (%): nível de significância

No Gráfico 2, está apresentado o comportamento da sobrevivência no tempo dos testes com chance de escolha e sem chance de escolha.

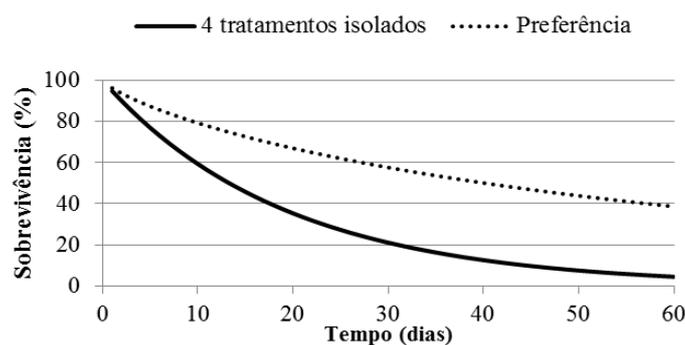


Gráfico 2 Sobrevivência no tempo dos operários de *C. brevis* dos testes isolado e de preferência

Para o teste com chance de escolha, foi observado que os cupins do tratamento sem nenhuma fonte de alimentação apresentaram uma taxa de sobrevivência semelhante aos cupins que podiam se alimentar dos painéis aglomerados, mesmo após 60 dias. Possivelmente, essa espécie apresenta uma alta resistência à ausência de alimento, uma vez que têm a capacidade de passar alimentos de um para o outro pela saliva.

De forma geral, foi observada diminuição acentuada da sobrevivência dos insetos ao longo dos 60 dias de análise, principalmente no início do bioensaio. A taxa de sobrevivência foi menor do que a observada por Ayrilmis et al. (2005), para o cupim de madeira seca da espécie *Coptotermes formosanus*, ao utilizarem a norma japonesa JWPA (1992). Esses autores encontraram mortalidade de, aproximadamente, 50% dos insetos, após três semanas, comparada a uma taxa de mortalidade estimada de 33% obtida neste trabalho.

Alguns pesquisadores na literatura justificam a mortalidade de cupins de madeira seca pela presença de extrativos (KARTAL; GREEN III, 2003; VERMA; SHARMA; PRASAD, 2009) ou resinas (MOI, 1980) em madeiras e produtos de madeira. No entanto, os resultados apresentados neste trabalho indicam que a mortalidade pode ocorrer pela própria retirada dos insetos da colônia e pela forma de condução dos bioensaios. Do contrário, os insetos sem fonte de alimentação teriam apresentado maior taxa de queda de sobrevivência. Dessa forma, este trabalho mostra que a inclusão de uma testemunha sem fonte de alimentação é essencial para comprovar se os cupins estão morrendo de fato, pela presença de substâncias tóxicas nos materiais lignocelulósicos ou pela forma de condução dos bioensaios.

Observou-se que o teste de preferência apresentou uma diminuição de sobrevivência menos acentuada em relação ao teste isolado. Possivelmente, a presença de três corpos de prova para fonte de alimentação contribuiu para

aumentar as chances dos insetos de encontrarem a fonte de alimento, resultando em taxas de mortalidade menores em relação ao teste isolado.

No Gráfico 3, estão apresentados os valores do índice de deterioração médio e de erro padrão para cada tipo de painel aglomerado do teste isolado após 60 dias de ataque.

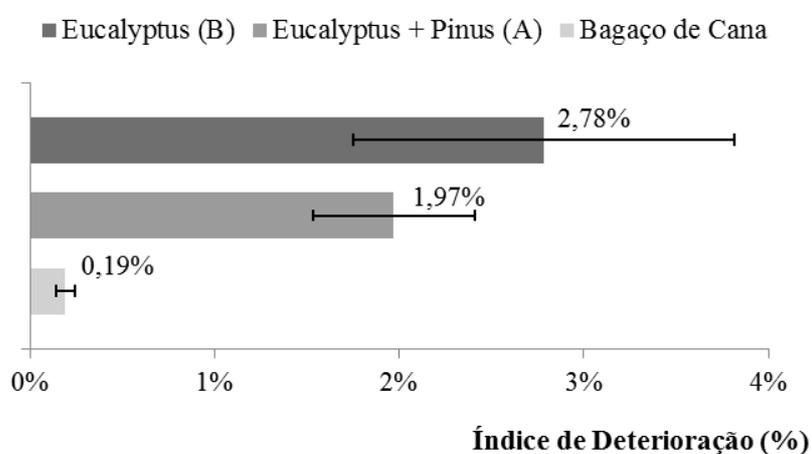


Gráfico 3 Índice de deterioração médio e erro padrão dos painéis aglomerados produzidos com diferentes matérias-primas

Apesar de não ter ocorrido diferença entre as curvas de sobrevivência dos insetos, houve diferença entre os índices de deterioração de painéis. Kartal e Green III (2003) também verificaram que a taxa de sobrevivência de *Cryptotermes brevis* não está relacionada com a perda de massa das amostras deterioradas. O painel aglomerado de bagaço de cana-de-açúcar foi o menos atacado dentre os três materiais. Possivelmente, a constituição química do bagaço de cana-de-açúcar influenciou este resultado, uma vez que esse resíduo pode apresentar componentes minerais, como a sílica (PAULA et al., 2009).

O painel aglomerado contendo a mistura de *Pinus* sp. e *Eucalyptus* sp. em sua constituição apresentou índice de deterioração menor em relação aos

painéis puros de *Eucalyptus* sp. Este resultado contrasta com os relatados por Oliveira (1997) que observou a baixa resistência da madeira de *Pinus* sp. a cupins de madeira seca nas mesmas condições laboratoriais.

A metodologia permitiu detectar diferenças entre os índices de deterioração causados por *Cryptotermes brevis* nos diferentes tratamentos. Na Tabela 4, estão apresentados os valores médios do índice de deterioração para cada placa e para cada tipo de material utilizado no teste de preferência.

Ocorreu semelhança entre o índice de deterioração médio sofrido pelos painéis produzidos com bagaço de cana-de-açúcar e o painel produzido com *Eucalyptus* sp. da empresa A. Conforme ocorreu no teste sem chance de escolha, o aglomerado de madeira da empresa B foi o mais deteriorado dentre os materiais de estudo, possivelmente pelas diferenças no processo de produção.

Foi possível observar que existe uma alta variação do ataque das amostras pelos cupins dentro dos tratamentos.

Tabela 4 Valores médios de índice de deterioração – Teste preferência

Placa	Painel Bagaço de cana-de-açúcar	Painel <i>Eucalyptus</i> (A)	Painel <i>Eucalyptus</i> (B)	Média
	-----%-----			
A	0,97	0	3,70	1,56
B	0	2,26	0	0,75
C	1,74	0	3,39	1,71
D	0	0,33	0,16	0,16
Média	0,68	0,65	1,81	-

4 CONCLUSÕES

Foi possível observar diferentes índices de deterioração para diferentes tratamentos, sendo que os painéis de bagaço de cana-de-açúcar apresentaram maior resistência ao ataque de *Cryptotermes brevis*. Esse resultado indica a possibilidade de uso da metodologia proposta para comparar a resistência de diferentes materiais ao ataque de cupins de madeira seca.

O aglomerado de *Eucalyptus* sp. da indústria B apresentou maior índice de deterioração, tanto no teste isolado, quanto no teste de preferência.

REFERÊNCIAS

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D-3345: standard method for laboratory evaluation of wood and other cellulosic materials for resistance to termite. **Annual Book of ASTM Standard**, Philadelphia, v. 410, p. 439-441, 1994.

ARAÚJO, R. L. Cupins prejudiciais às madeiras. In: MARICONI, F. A. M.; ZAMITH, A. P. L.; ARAÚJO, R. L. (Ed.). **Inseticidas e seu emprego no combate às pragas**. São Paulo: Nobel, 1980. p. 100-123.

AYRILMIS, N. et al. Physical and mechanical properties and fire, decay and termite resistance of treated oriented strandboard. **Forest Products Journal**, Madison, v. 55, n. 5, p. 74-82, May 2005.

GALLO, D. et al. **Manual de entomologia agrícola**. 2. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1988. 649 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Métodos de ensaios e análise em preservação da madeira: ensaio acelerado de laboratório da resistência natural ou de madeira preservada ao ataque de cupins do gênero *Cryptotermes* (Fam. Kalotermitidae)**. São Paulo, 1980. 2 p.

JAPAN WOOD PRESERVING ASSOCIATION. **Method to evaluate effectiveness of termiticides applied by brush, spray, or dip-treatment (1): laboratory method**. Tokyo, 1992. 12 p.

KARTAL, S. N.; GREEN III, F. Decay and termite resistance of medium density fiberboard (MDF) made from different wood species. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Birmingham, v. 51, n. 1, p. 29-35, Jan. 2003.

LEPAGE, E. S. **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, 1986. v. 1, 342 p.

MCMAHAN, E. Laboratory studies of colony establishment and development in *Cryptotermes brevis* (Walker) (Isoptera: Kalotermitidae). **Hawaiian Entomological Society**, College Park, v. 18, n. 1, p. 145-153, 1962.

MOI, L. C. A new laboratory method for testing the resistance of particle boards to the drywood termite *Cryptotermes cynocephalus*. **Journal Malaysian Forester**, Kuala Lumpur, v. 43, n. 3, p. 350-355, 1980.

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

PAULA, M. O. de et al. Potencial da cinza do bagaço de cana-de-açúcar como material de substituição parcial do cimento Portland. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 3, p. 353-357, 2009.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language and enviromental for statistical computing. Vienna: Foundation for Statistical Computing, 2005. 2576 p.

REGAZZI, A. J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 48., 2003, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2003. p. 33-39.

SANTOS, A. et al. Sobrevivência de operários do cupim-de-montículo *cornitermes cumulans* Kollar, 1832 (ISOPTERA: TERMITIDAE) alimentados com diferentes dietas. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, 2011. No prelo.

THERNEAU, T. **Survival**: survival analysis, including penalized likelihood. Disponível em: <<http://r-forge.r-project.org>>. Acesso em: 28 nov. 2010.

VERMA, M.; SHARMA, S.; PRASAD, R. Biological alternatives for termite control: a review. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Birmingham, v. 63, p. 959-972, Dec. 2009.

WIDYORINI, R. et al. Manufacture and properties of binderless particleboard from bagasse I: effects of raw material type, storage methods, and manufacturing process. **Journal of Wood Science**, London, v. 51, n. 6, p. 648-654, Dec. 2005.

ZIMMERMAN, E. C. **Insects of Hawaii**. Honolulu: University of Hawai'i, 1948. v. 2, 475 p.

CAPÍTULO 3

Influência das variáveis de processamento de painéis aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar sobre a resistência a cupins de madeira seca

RESUMO

O bagaço de cana-de-açúcar é considerado uma alternativa para produção de painéis aglomerados, pela semelhança com a madeira, em relação a sua constituição química. Este capítulo teve por objetivo verificar se diferentes variáveis de processamento utilizadas na produção de painéis aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar influenciam no ataque do cupim *Cryptotermes brevis*. As variáveis comparadas foram tipos de adesivos (uréia-formaldeído e melamina-uréia-formaldeído). O teor de adesivo e parafina foi de 9% e 1%, respectivamente, para todos os painéis. Amostras de 0,5 x 0,5 x 1,5 cm foram submetidas ao ataque de 48 operários de *C. brevis*. O índice de deterioração das amostras e a sobrevivência de insetos foram avaliados. De maneira geral, painéis produzidos com a resina uréia-formaldeído foram mais resistentes a biodegradação do que aqueles produzidos com a resina melamina-uréia-formaldeído. A geometria influenciou significativamente na sobrevivência dos insetos, porém, não foi verificada uma relação direta com o índice de deterioração.

Palavras-chave: *Cryptotermes brevis*. Biodegradação. *Kalotermitidae*.

ABSTRACT

Sugar cane bagasse is considered one of the feasible alternatives for the production of particleboards due to its similarity to wood in chemical and anatomical properties. This chapter aimed to verify if processing variables affect on the resistance of sugar cane particleboard to dry-wood termites (*Cryptotermes brevis*). The variables compared were resin type (urea-formaldehyde and melamine-urea-formaldehyde), resin combination and mat type. Resin and wax content for all panels were 9 and 1% respectively. 0,5 x 0,5 x 1,5 cm samples were offered to 48 termites (*Cryptotermes brevis*) workers. Deterioration index and insect survival were evaluated. In general, particleboards produced with urea-formaldehyde were more resistant to biodegradation than particleboards produced with melamine-urea-formaldehyde. Particle size significantly influenced termites survival, but no direct relation was observing with deterioration index.

Keywords: *Cryptotermes brevis*, Biodegradation, *Kalotermitidae*.

1 INTRODUÇÃO

O uso de painéis aglomerados à base de materiais lingnocelulósicos aumentou, ao longo dos anos, em consequência da crescente escassez de madeira. Por essa razão, estudos acerca do melhor aproveitamento de resíduos florestais e agrícolas para a produção desses painéis são extremamente necessários em função das diversas aplicações na indústria moveleira e civil.

No Brasil, as madeiras de espécies do gênero *Pinus* sp. são as mais utilizadas para a produção de aglomerados, já que, além da baixa densidade que apresentam, estão disponíveis em grande escala nas plantações florestais (IWAKIRI, 2005). No entanto, apesar da ampla utilização mundial da madeira para produção de painéis aglomerados, diversos países têm buscado a sua substituição, pelo menos parcial, por resíduos agrícolas que, em sua maioria, apresentam tecidos fibrosos e propriedades químicas atrativas e similares às da madeira (TEIXEIRA; COSTA; SANTANA, 1997) e promovem a preservação florestal e reutilização de materiais que eventualmente tornariam um problema ambiental, ressaltando que essa prática pode ser interessante em países onde há escassez de fontes fornecedoras de madeira.

Dentre as inúmeras matérias-primas não lenhosas, existentes em praticamente todas as partes do mundo, com potencial para a produção de painéis aglomerados, Widyorini et al. (2005) afirmam que o bagaço, resíduo do processamento da cana-de-açúcar, é considerado uma das mais promissoras. Segundo Atchison e Lengel (1985), a primeira planta de produção de painéis aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar foi construída pela indústria Celotex, na Lousiana, Estados Unidos, em 1920, a partir daí mais de 20 plantas deste tipo foram construídas por todo o mundo. Como exemplo, pode-se citar a empresa Taboplan, na Venezuela, que construiu uma planta para produção de painéis de

fibras de bagaço de cana-de-açúcar, em 1958 (SMITH, 1976, citado por GOLBABAIE, 2006).

Estudos apontam para a viabilidade técnica do uso de bagaço de cana-de-açúcar, subproduto abundante nas usinas de açúcar e álcool existentes no Brasil, para a produção de painéis aglomerados, como já ocorre em outros países como Cuba, Colômbia, Argentina, Rússia e China (TEIXEIRA; COSTA; SANTANA, 1997). Os mesmos autores afirmam que esses painéis apresentam, entre outras características, qualidade estética, facilidade de usinagem e boa colagem na montagem das peças de móveis.

O bagaço de cana-de-açúcar *in natura* é composto por 45% de fibras lignocelulósicas, 50% de umidade e 2% a 3% de sólidos solúveis em água. Quimicamente, constitui-se de celulose, hemicelulose e lignina com 41%, 25% e 20%, respectivamente, com base na massa seca do bagaço (INSTITUTO CUBANO DE INVESTIGACIONES DE LOS DERIVADOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR - ICIDCA, 1990).

Estudos conduzidos por Schmidt et al. (1978) mostraram que a espécie usada, a geometria das partículas, a estrutura, o tipo e a proporção de adesivos empregados na confecção das chapas influenciam na sua susceptibilidade ao ataque de fungos. Esses painéis, quando utilizados, estão sujeitos à degradação em locais de alta umidade e uma vez atacados, além da perda de massa, sofrem também diminuição da sua resistência mecânica.

A intensidade de ataque de organismos xilófagos pode variar entre diferentes regiões e países, pois as condições que determinam a aptidão de microrganismos em colonizar materiais lignocelulósicos são a umidade, a temperatura, o oxigênio e o pH do material (OLIVEIRA et al., 1986).

Dentre os organismos xilófagos, os cupins de madeira seca são os mais importantes economicamente, pois são insetos que vivem em locais com baixa umidade e retiram da madeira todo alimento necessário para sua sobrevivência.

Isto se dá pela presença de microrganismos simbiotes em seu trato digestório que degradam a celulose em unidades digeríveis, o que torna esta característica o fator que mais dificulta a detecção e o controle do ataque, tanto em produtos de madeira sólida, quanto em produtos reconstituídos.

Assim, o conhecimento sobre painéis aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar e seu comportamento, em face do ataque de microrganismos no Brasil, está aquém do necessário, devendo ser determinado para se ter uma previsão quanto a seu emprego.

O objetivo deste trabalho foi verificar a influência de diferentes variáveis de processamento utilizadas nos painéis produzidos sobre a sobrevivência e a intensidade do ataque do cupim de madeira seca *Cryptotermes brevis*.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Produção dos painéis

Para produção dos painéis em laboratório foi utilizado bagaço de cana-de-açúcar obtido de uma usina alcooleira do Sul de Minas Gerais.

Os painéis foram produzidos na Unidade Experimental de Produção de Painéis de Madeira (Uepam), da Universidade Federal de Lavras.

O bagaço de cana foi processado em moinho martelo, para a geração de partículas do tipo *sliver* de dois tamanhos diferentes, sendo que as peneiras de abertura de 6,14 e 1,72 mm foram utilizadas para produção de partículas maiores e menores respectivamente. O material foi seco a temperatura de $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, em uma estufa de circulação forçada de ar, até atingir a umidade de 3% (base massa seca das partículas).

Os adesivos, uréia-formaldeído e melamina-uréia-formaldeído, foram utilizados isolados ou simultaneamente, dependendo da estrutura do colchão utilizado em cada painel avaliado, proporção de 9%. Além disso, foi adicionado 1% de parafina (base massa seca das partículas) aplicada juntamente com as resinas nas partículas de bagaço, por meio de aspersão, com a utilização de pistola, em um encolador do tipo tambor rotatório. A densidade nominal dos painéis foi de $0,7\text{ g/cm}^3$.

Para a produção dos painéis, foi utilizada uma caixa formadora com as dimensões de 480 mm de comprimento, 480 mm de largura e 15 mm de espessura, sendo que foram produzidos tanto painéis de colchões homogêneos quanto heterogêneos, ou seja, com partículas menores na capa e partículas maiores no miolo em uma proporção de 20%/60%/20% (capa/miolo/capa) da massa total do painel.

A pré-prensagem foi feita em uma prensa manual a 0,78 MPa, enquanto que a prensagem foi feita em uma prensa hidráulica com controle de temperatura e pressão. As variáveis do ciclo de prensagem não variaram, sendo a temperatura de 150 °C, pressão de 2,92 MPa e tempo de 8 minutos.

Foram produzidos quatro painéis de cada tipo. Na Tabela 4, estão apresentadas as variações no tipo e combinação de adesivo e no tipo de colchão, as quais foram avaliadas no trabalho.

Tabela 5 Descrição das variações avaliadas nos painéis

Tratamento	Resina	Colchão
L1	UF	Homogêneo
L2	MUF	
L3	UF	3 camadas (C/M/C)
L4	MUF	
L5	MUF/UF/MF	
L6	UF/MUF/UF	

Lx: painéis produzidos em laboratório; UF: Uréia-Formaldeído; MUF: Melamina-Uréia-Formaldeído; C/M/C: capa/miolo/capa

2.2 Montagem do bioensaio

O bioensaio foi adaptado de Santos et al. (2011), onde de cada painel utilizado foi obtido um corpo de prova de 5,0 x 5,0 x 1,5 cm do centro do painel. Em seguida, foram retiradas amostras menores nas dimensões 0,5 x 1,5 x 0,5 cm, utilizadas para os ensaios de biodegradação. De cada painel foram retirados dois corpos de prova; um para o teste isolado e um para o teste de preferência.

Os cupins foram coletados em um sofá antigo, de madeira de *Pinus* sp., totalmente infestado. Foram colocados 48 operários em cada placa de Petri de acrílico de 9,5 cm de diâmetro. Nas tampas de todas as placas de Petri foram feitos 40 orifícios de, aproximadamente, 2 mm de diâmetro.

Na tentativa de melhorar as condições de umidade em relação à etapa anterior do trabalho, pedaços de algodão foram colocados sobre as tampas para umedecimento diário, pois, na etapa anterior, a mortalidade foi mais acentuada em função de condições desfavoráveis de umidade (Figura 8). As placas foram acondicionadas em uma estufa incubadora para BOD (Biological Oxygen Demand) a $24^{\circ} \pm 5^{\circ}$ e $60\% \pm 10\%$.



Figura 8 Placas de petri com algodão umedecido dentro da BOD

Durante 60 dias, os cupins mortos foram retirados e computados diariamente. O índice de deterioração foi conseguido a partir da diferença de massa, uma vez que se obteve a massa antes e após o ataque.

$$ID(\%) = \frac{m_a - m_d}{m_a} * 100$$

em que:

ID = Índice de Deterioração (%);

m_a = massa climatizada antes do ataque (g);

m_d = massa climatizada depois do ataque (g).

2.3 Plano experimental

Os corpos de prova de cada painel foram posicionados dentro de cada placa, totalizando quatro repetições por tratamento. Além disso, foi avaliada uma testemunha sem fonte de alimentação (Figura 9).

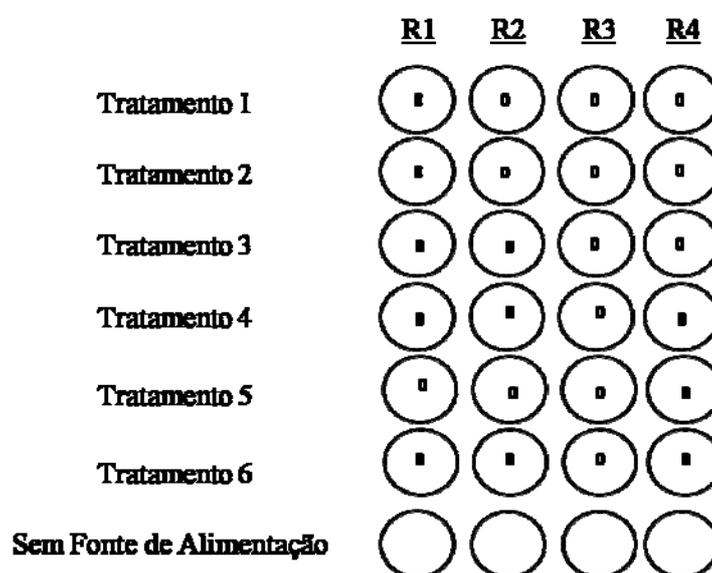


Figura 9 Esquema demonstrado para teste sem chance de escolha

2.4 Análise estatística dos dados

Os dados da sobrevivência dos insetos em laboratório foram submetidos à análise pela distribuição de Weibull, conforme sugerido por Santos et al. (2011), ao descreverem a relação entre a sobrevivência estimada (S) em função do tempo (t), sendo:

$$S(t) = \exp \left[-1 \left(\frac{t}{\beta} \right)^\gamma \right]$$

em que:

β = parâmetro de forma e;

γ = parâmetro de escala.

Em seguida, aplicou-se o teste de identidade de modelos não lineares (χ^2 ; $P < 0,05$), conforme indicado por Regazzi (2003), no qual as equações foram submetidas. As análises estatísticas foram realizadas com o auxílio do programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2005) e do pacote estatístico survival (THERNEAU, 2010). O índice de deterioração foi avaliado pela média e erro padrão da média de cada tratamento.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 6, estão apresentados os parâmetros dos modelos estatísticos ajustados pela distribuição de Weibull. Todos os parâmetros foram significativos. Para o bioensaio de corpos de prova, o teste de similaridade de modelos entre as equações geradas demonstrou similaridade entre os tratamentos 1, 2, 3 e 6, os quais podem ser representados por uma única equação. Já a testemunha, o tratamento 4 e o tratamento 5 não apresentaram similaridade de equações, sendo representados separadamente.

Tabela 5 Parâmetros dos modelos estatísticos

Tratamentos	B	Γ	N	α (%)
Testemunha	16,10	0,73		
4	114,65	0,73	841	0,0000
5	66,07	0,73		
1+ 2+ 3+6	47,14	0,73		
Preferência	63,96	0,79	203	0,0000

β = parâmetro de forma; γ = parâmetro de escala; n: número de observações; α (%): nível de significância

No Gráfico 4, as curvas dos modelos são apresentadas graficamente para o teste isolado.

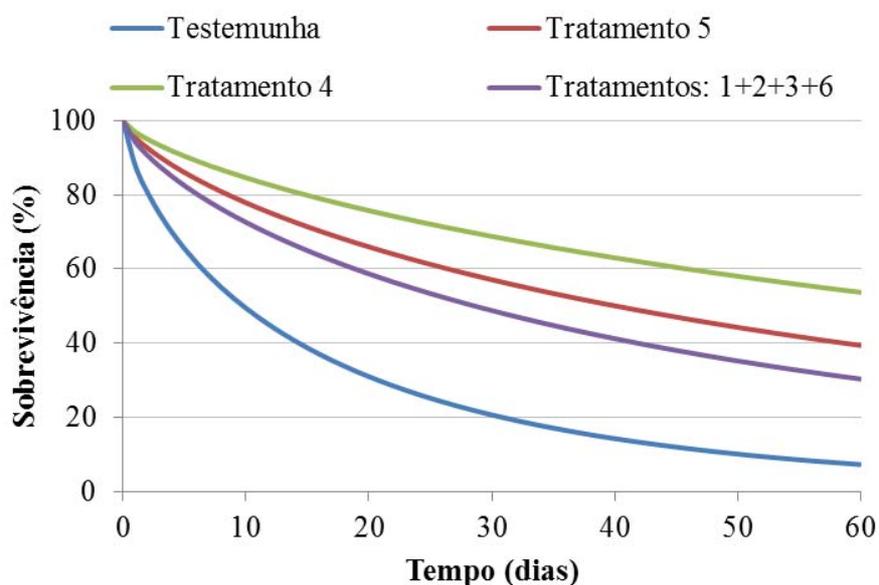


Gráfico 4 Sobrevivência de *Cryptotermes brevis* no tempo

Foi possível observar que a taxa de sobrevivência dos cupins da testemunha apresentou decréscimo mais acentuado em relação aos demais tratamentos. Esse resultado demonstra que os cupins alimentaram-se das amostras de painéis de bagaço de cana-de-açúcar, oferecidas nos outros tratamentos. Do contrário, os cupins pertencentes aos tratamentos com fonte de alimentação sobreviveriam numa taxa igual à da testemunha.

Para os tratamentos 1, 2, 3 e 6, a taxa de sobrevivência foi a mesma. Nos tratamentos 1 e 2, por se tratarem de painéis homogêneos, as partículas foram apresentadas aos insetos numa granulometria maior, o que, possivelmente, dificultou o ataque. Os painéis do tratamento 3 foram produzidos apenas com o adesivo uréia-formaldeído. Já o tratamento 6, apesar de constituído pelos dois adesivos, apresentou o adesivo uréia-formaldeído posicionada na face do painel, mais disponível para alimentação, do que o adesivo melamina-uréia-

formaldeído. Assim, nas condições observadas nesse experimento, a presença de uréia influenciou na diminuição da taxa de sobrevivência dos insetos.

Os tratamentos 4 e 5 apresentaram o adesivo melamina-uréia-formaldeído em toda a sua composição, e disponibilizada mais facilmente ao inseto. Nesse caso a presença desse adesivo, possivelmente contribuiu para evitar o decréscimo acentuado na sobrevivência de *Cryptotermes brevis*, por causa do seu caráter tóxico em relação ao adesivo uréia-formaldeído.

Em relação à etapa anterior apresentada neste trabalho (Capítulo 2), observou-se uma melhora na taxa de sobrevivência geral dos insetos. No capítulo anterior, aos 60 dias, obteve-se sobrevivência dos insetos estimada em de 5% a 10% dos insetos. Com a melhora das condições de umidade, pela utilização de folhas de algodão umedecidas diariamente sobre as placas de Petri, ao final do mesmo período, a taxa de sobrevivência nesse capítulo mostrou-se em torno de 40%.

No Gráfico 5, são apresentados os valores médios de índice de deterioração e seus respectivos valores de erro padrão da média para o teste isolado.

Os painéis dos tratamentos 4 e 5 apresentaram índice de deterioração superior aos demais. Em ambos os tratamentos, a resina melamina-uréia-formaldeído esteve presente de forma mais disponível aos insetos em relação aos outros painéis heterogêneos. Imamura et al. (1988), ao estudarem a resistência de painéis aglomerados ao fungo *T. palustris*, verificaram que o adesivo melamina-uréia-formaldeído falhou em proteger os painéis contra o ataque dessa espécie.

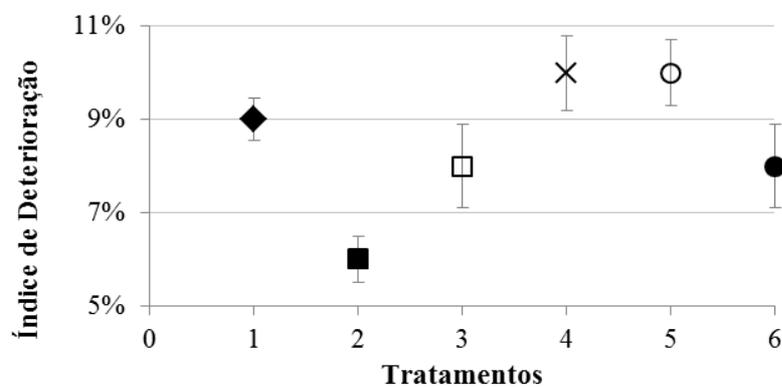


Gráfico 5 Índice de deterioração médio e respectivo erro padrão da média para o teste isolado

O painel do tratamento 2 apresentou o menor índice de deterioração médio. Esses painéis também apresentam em sua composição o adesivo melamina-uréia-formaldeído. No entanto, as partículas de granulometria maior podem ter dificultado a alimentação dos insetos.

Como nos painéis dos tratamentos 3 e 6, o adesivo uréia-formaldeído apresentou-se mais facilmente disponível aos insetos, que se mostraram de forma semelhante em relação ao índice de deterioração.

4 CONCLUSÕES

Foi possível observar que os cupins da espécie *Cryptotermes brevis* conseguiram alimentar-se de painéis produzidos com bagaço de cana-de-açúcar, independente das variáveis de processamento utilizadas. De maneira geral, painéis produzidos com a resina uréia-formaldeído foram mais resistentes à biodegradação do que aqueles produzidos com a resina melamina-uréia-formaldeído.

A granulometria influenciou significativamente na sobrevivência dos insetos, porém, não foi verificada uma relação direta com o índice de deterioração.

REFERÊNCIAS

ATCHISON, J. E.; LENGEL, D. E. Rapid growth in the use of bagasse as a raw material for reconstituted panel board. In: INTERNATIONAL PARTICLE BOARD COMPOSITE MATERIALS SYMPOSIUM, 19., 1985, Pullman. **Proceedings...** Pullman: Washington State University, 1985. p. 145-193.

GOLBABAIE, M. **Applications of biocomposites in building industry**. Guelph: University of Guelph, 2006. 26 p.

IMAMURA, Y. et al. Bending-creep tests on acetylated pine and birch particleboards during white and brown fungi attack. **Paperi ja Puu**, Helsinki, v. 70, n. 9, p. 816-820, 1988.

INSTITUTO CUBANO DE INVESTIGACIONES DE LOS DERIVADOS DE LA CAÑA DE AZÚCAR. **Manual de los derivados de la caña de azúcar**. Habana, 1990. 447 p.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira**. Curitiba: FUPEF, 2005. 247 p.

OLIVEIRA, A. M. F. et al. Agentes destruidores da madeira. In: _____. **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, 1986. p. 99-275.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: Foundation for Statistical Computing, 2005. 2576 p.

REGAZZI, A. J. Teste para verificar a igualdade de parâmetros e a identidade de modelos de regressão não-linear. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 48., 2003, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2003. p. 33-39.

SANTOS, A. et al. Sobrevivência de operários do cupim-de-montículo *Cornitermes cumulans* Kollar, 1832 (ISOPTERA: TERMITIDAE) alimentados com diferentes dietas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 22., 2008, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2008. p. 1565-1562.

SCHIMIDT, E. et al. Strength reduction in particleboard caused by fungi. **Forest Products Journal**, Madison, v. 28, n. 2, p. 26-30, Feb. 1978.

TEIXEIRA, D. E.; COSTA, A. F. da; SANTANA, M. A. E. Aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar: resistência natural ao ataque de fungos apodrecedores. **Scientia Forestalis**, Piracicaba, n. 52, p. 29-34, jul. 1997.

THERNEAU, T. **Survival**: survival analysis, including penalized likelihood. Disponível em: <<http://r-forge.r-project.org>>. Acesso em: 28 nov. 2010.

WIDYORINI, R. et al. Manufacture and properties of binderless particleboard from bagasse I: effects of raw material type, storage methods, and manufacturing process. **Journal of Wood Science**, London, v. 51, n. 6, p. 648-654, Dec. 2005.

CAPÍTULO 4

Resistência de produtos à base de madeiras de reflorestamento ao ataque de cupins de madeira seca

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi comparar a resistência das madeiras de *Toona ciliata* e *Pinus* sp. e de painéis aglomerados produzidos com essa espécie, ao ataque do cupim da espécie *Cryptotermes brevis*. Foram colocados 30 operários em placas de Petri de acrílico de 9,5 cm de diâmetro, contendo as amostras. A umidade das placas foi mantida em torno de 100%, as quais foram acondicionadas em BOD (Biological Oxygen Demand) a $24 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ e escotofase de 24 horas. Uma testemunha sem fonte de alimentação foi incluída no bioensaio, para verificar se os cupins de fato se alimentaram das amostras. Os cupins mortos foram retirados diariamente e a análise da perda de massa das amostras e da mortalidade foi feita após 60 dias. Os cupins da testemunha apresentaram mortalidade maior em relação aos cupins dos demais tratamentos, os quais não se diferenciaram entre si. A madeira de *Toona ciliata* foi mais resistente ao ataque de *Cryptotermes brevis* em relação à madeira de *Pinus* sp., que apresentou índice de deterioração de 1,74% e 6,62% respectivamente. O índice de deterioração médio do painel produzido com 100% de *Toona ciliata* (1,58%) foi similar ao índice de deterioração do painel produzido por essa mesma espécie em mistura com *Pinus* sp. (1,87%).

Palavras-chave: *Toona ciliata*. Meliaceae. Painel aglomerado.

ABSTRACT

The aim of this work was to compare the resistance of *Toona ciliata* and *Pinus* sp. Woods and particleboards made from these species to *Cryptotermes brevis* attack. 30 works were put in each 9,5 cm Petri dishes containing the samples. The dishe moisture was kept around 100%, which were maintained in BOD (Biological Oxygen Demand) at $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ and 24 hours of escotophase. A control without feed source was included. The dead individuals were daily removed from the dishes. The mass loss and mortality of the insects were evaluated after 60 days. Termites from control presented higher termites mortality than other treatments, which did not statistically differ. *Toona ciliata* wood was more resistant than *Pinus* sp. wood, which presented mass loss of 1,74% e 6,62% respectively. The average deterioration index of the panel made from 100% *Toona ciliata* (1,58%) was similar to the deterioration index of particleboards made from this species mixture with *Pinus* sp (1,87%).

Keywords: *Toona ciliata*. Meliaceae. Particleboard.

1 INTRODUÇÃO

A *Toona ciliata* M. Roem, conhecida popularmente como cedro australiano, é uma *Angiospermae* de hábito arbóreo pertencente à Família Botânica *Meliaceae*. Ocorre naturalmente desde a Índia e Malásia, até o Norte da Austrália (HERWITZ; SYLE; TURTON, 1998; KEENAN et al., 1997; SOUZA et al., 2009; TRIANOSKI, 2010). Apresenta bom crescimento em regiões com altitude de 500 a 1.500 metros e com precipitação anual de 800 a 1.800 mm. No Brasil, esta espécie exótica encontrou condições favoráveis ao seu desenvolvimento vegetativo e produção de madeira (CEDRO..., 2008; SOUZA et al., 2009; TRIANOSKI, 2010).

Segundo Tsukamoto Filho et al. (2002), trata-se de uma espécie de rápido crescimento, semelhante às espécies pertencentes ao gênero *Eucalyptus*. Paiva et al. (2007) complementam que o cedro australiano apresenta grande potencial para utilização em reflorestamentos puros ou em associações com outras espécies, como *Eucalyptus grandis* ou *Eucalyptus urophylla*, ou como componente de sistemas silvipastoris ou agrosilviculturais. Pelo fato de a espécie ser altamente tóxica às lagartas de *Hypsipyla grandella*, quando estas se alimentam de suas folhas, Almeida (2005) recomenda o uso de *Toona ciliata* em plantios consorciados com mogno para ação de controle biológico pela rápida mortalidade dessa praga.

De acordo com Souza et al. (2009), a *Toona ciliata* vem sendo plantada para a produção de madeira para serraria. Destaca-se pela ocorrência de um ciclo relativamente curto, boa produtividade e valor de sua madeira.

A madeira dessa espécie apresenta excelente qualidade e pode ser utilizada para diversas finalidades como construção civil, lâminas, compensados decorativos, portas, janelas, carrocerias, molduras de quadros e trabalhos de torneamento (DORDEL; SIMARD, 2009; PAIVA et al., 2007). Entretanto, é

importante considerar que práticas como laminação e desdobro de qualquer espécie florestal geram resíduos madeireiros em abundância. De acordo com Dacosta et al. (2005), o baixo rendimento de serrarias relatado nos últimos anos resulta em uma grande quantidade de resíduos e, conseqüentemente, ocasiona uma forte tendência à utilização desse material, além de madeiras de qualidade inferior, para produção de painéis aglomerados.

A grande maioria dos trabalhos sobre painéis aglomerados, existentes na literatura, trata principalmente de propriedades físicas e mecânicas. Entretanto, estudar a resistência natural desses materiais à biodegradação por agentes xilófagos também é de suma importância para seleção e adequação de seu uso. Dentre as inúmeras pragas de importância econômica para produtos à base de madeira, os cupins de madeira seca são os que mais se destacam.

De acordo com Verma, Sharma e Prasad (2009), o controle químico tem sido o método mais eficaz para evitar ataque de térmitas, mas os efeitos desses produtos são alarmantes em função dos problemas que podem criar ao homem e ao meio ambiente. Dessa forma, o estudo da resistência natural de produtos à base de madeira é muito importante para evitar o uso desnecessário desses inseticidas. Diversos pesquisadores publicaram trabalhos de resistência natural de produtos à base de madeira a espécies de cupins (EVANS; CREFFIELD; CONROY, 1997; KARTAL; GREEN III, 2003; MELO et al., 2010; SILVA et al., 2010; TERZI et al., 2009).

No entanto, estudos sobre a resistência natural de produtos à base de madeira de reflorestamento ao cupim *Cryptotermes brevis* são bastante escassos na literatura. Gonçalves e Oliveira (2006) estudaram a resistência de seis espécies florestais a essa praga. Edwards e Mill (1986) consideram a espécie *Cryptotermes brevis* com uma das mais destrutivas do mundo. Esses cupins têm como principal característica alta resistência a ambientes de baixa umidade, podendo viver em madeiras com umidade em torno de 12% (LEPAGE, 1986).

O objetivo deste Capítulo foi comparar a resistência das madeiras de *Toona ciliata* e *Pinus* sp. e de painéis aglomerados produzidos com essas espécies ao cupim da espécie *Cryptotermes brevis*, assim como a sobrevivência dos insetos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Matéria-prima

Foram utilizados resíduos do desdobro de toras (costaneiras) de madeira de *Toona ciliata* M. Roem var. *australis* (18 anos; densidade básica=0,34 g/cm³), procedentes do município de Marechal Floriano, ES e tábuas de madeira de *Pinus* sp. (18 anos; densidade básica = 0,36 g/cm³), procedentes do plantio experimental no Campus da Universidade Federal de Lavras - UFLA - MG.

2.2 Produção dos painéis

As tábuas e costaneiras foram inicialmente seccionadas em peças de 20 cm de comprimento, 9 cm de largura e 2,5 cm de espessura. O material foi processado em moinho de disco para transformação em partículas do tipo *strand* e, posteriormente, em moinho martelo para obtenção de partículas do tipo *sliver*. A madeira foi seca a temperatura de 105 °C ± 2 °C, até atingir a umidade base seca, de, aproximadamente, 3%. Posteriormente, foi classificada em peneira vibratória para a remoção de “finos”.

Para a produção dos painéis, foi utilizado adesivo uréia-formaldeído (viscosidade de 618,94 cP, teor de sólidos de 56,78% e pH de 7,5) na proporção de 9% (base massa seca das partículas), além de emulsão de parafina na proporção de 1,5% (base peso seco das partículas). O adesivo e a parafina foram aplicados sobre as partículas por meio de aspersão, utilizando pistolas, e a homogeneização dos componentes foi feita em uma encoladeira do tipo tambor rotatório.

Os painéis foram produzidos em uma caixa formadora com dimensões de 480 mm de largura x 480 mm de comprimento x 1,5 de espessura. A pré-prensagem foi feita em uma prensa manual até 2 toneladas, enquanto que a prensagem foi feita em uma prensa hidráulica com controle de temperatura e pressão. As variáveis do ciclo de prensagem foram: temperatura de 160 °C, pressão de 3,92 MPa e tempo de 8 minutos. A densidade nominal de todos os painéis foi de 0,70 g/cm³. Foram produzidos dois tipos de painéis aglomerados com duas composições distintas: 1) 100% *Toona ciliata*; 2) 50% *Toona ciliata* e 50% *Pinus* sp.

2.3 Obtenção e preparo dos corpos de prova

Para cada madeira, uma peça de 20 cm de comprimento, 9 cm de largura e 2,5 cm de espessura foi selecionada ao acaso. Foi utilizada a madeira da região do alburno. Durante o processo de transformação primária foram retirados corpos de prova de 1 x 1 x 1,5 cm. No caso dos painéis aglomerados as amostras foram retiradas de uma região aproximadamente central. No total, foram obtidos quatro corpos de prova de cada material. Posteriormente, os corpos de prova foram mantidos em sala de climatização a uma temperatura de 20 °C ± 1 °C e umidade de 65% ± 3%, até estabilização de sua massa.

2.4 Ensaio de resistência ao cupim *Cryptotermes brevis*

Os cupins da espécie *Cryptotermes brevis* foram coletados em um móvel antigo de madeira de *Araucaria angustifolia*, durante a sua reforma. Pedacos de madeira foram cuidadosamente colocados em balde de plástico, o qual foi posteriormente coberto com papel alumínio para proteção dos insetos durante o transporte.

Em seguida, os cupins foram levados para o laboratório de produção de painéis de madeira e acondicionados sobre uma bandeja de plástico. Os insetos foram cuidadosamente separados da serragem remanescente, utilizando uma colher de alumínio de café. Foram colocados 30 operários em cada placa de Petri de acrílico de 9,5 cm de diâmetro, sendo que em todas as tampas foram feitos 12 orifícios de, aproximadamente, 2 mm de diâmetro. Três folhas de algodão de embalagem do tipo bobina foram sobrepostas e cortadas em pedaços de, aproximadamente, 2x2 cm. Estas foram colocadas sobre os orifícios das placas e umedecidas diariamente até a saturação, não havendo controle da umidade do ambiente, esperando-se que esta estivesse em torno de 100% para todas as placas, que foram acondicionadas em BOD (Biological Oxygen Demand), a $24\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e escotofase de 24 horas. Dentro de cada placa foi posicionada uma amostra de madeira ou painel aglomerado, sendo uma amostra por placa. Uma testemunha sem fonte de alimentação foi incluída no bioensaio para verificar se os cupins de fato alimentaram-se das amostras. Os cupins mortos foram retirados diariamente e a análise da perda de massa das amostras e mortalidade foi feita após 60 dias.

O índice de deterioração foi conseguido a partir da diferença de massa, uma vez que se obteve a massa antes e após o ataque.

$$ID(\%) = \frac{ma - md}{ma} * 100$$

em que:

ID = Índice de deterioração (%);

ma = massa climatizada antes do ataque (g);

md = massa climatizada depois do ataque (g).

2.5 Plano experimental e análise estatística dos dados

O delineamento experimental foi feito inteiramente ao acaso, composto de cinco tratamentos estruturados de acordo com as condições de exposição dos cupins e quatro repetições (Tabela 7).

Tabela 7 Plano experimental

Tratamento	Matéria-prima	Produto	Alimento
Testemunha	-	-	Ausente
M1	<i>Pinus</i> sp.	Madeira	Presente
M2	<i>T. ciliata</i>		
P1	100% <i>T. ciliata</i>	Painel	
P2	50% <i>T. ciliata</i> + 50% <i>Pinus</i> sp.	Aglomerado	

M1 e M2: Madeiras; P1 e P2: Painéis aglomerados

Os dados de mortalidade foram agrupados para realização de contrastes de interesse, conforme apresentado na Tabela 8.

Tabela 8 Contrastes estatísticos realizados

Especificação	Siglas
I) Alimento Ausente x Alimento Presente	I) AA x AP
II) Madeira x Painel aglomerado	II) M x P _{agl}
III) <i>Pinus</i> sp. x <i>T. ciliata</i>	III) M1 x M2
IV) 100% <i>T. ciliata</i> x 50% <i>T. ciliata</i> + 50% <i>Pinus</i> sp.	IV) P1 x P2

As médias de índice de deterioração das madeiras de *Toona ciliata* e *Pinus* sp. e dos painéis com diferentes composições foram comparadas entre si por meio da análise de variância dos dados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Gráfico 6, estão apresentados os valores médios e desvio padrão de mortalidade dos cupins *Cryptotermes brevis* após 60 dias.

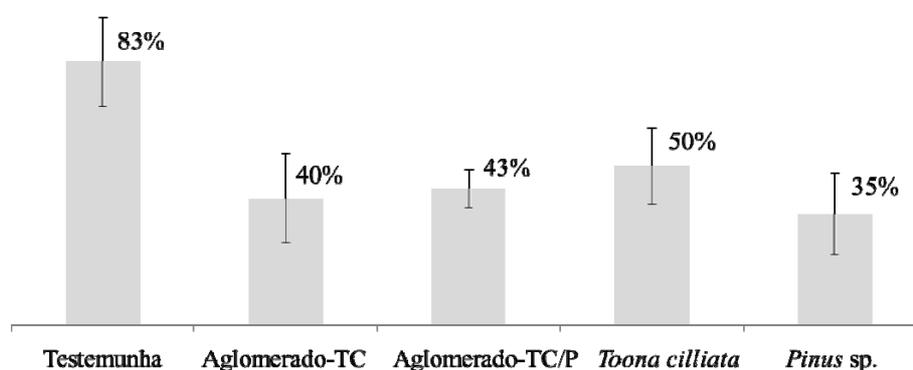


Gráfico 6 Mortalidade média acumulada de *Cryptotermes brevis* após 60 dias

A mortalidade dos cupins após 60 dias variou de 35% a 83%, para as amostras de madeira de *Pinus sp.* e testemunha respectivamente.

Na Tabela 9, estão apresentados os resultados estatísticos dos contrastes realizados entre os tratamentos.

Apenas o contraste realizado entre a testemunha e os demais tratamentos foi estatisticamente significativo, sendo que a primeira apresenta mortalidade superior em 40%. Este resultado indica que os cupins alimentaram-se das fontes oferecidas, o que contribui para diminuir sua mortalidade final.

Não houve diferença estatística significativa no contraste realizado entre os painéis e as madeiras sólidas. Dessa forma, a utilização do adesivo uréia-formaldeído para produção de painéis aglomerados não parece ter sido tóxica para *Cryptotermes brevis*.

Tabela 9 Análise estatística dos dados de mortalidade

Especificação	Médias contrastadas (%)	Parâmetros	
		F calculado _{ce}	Ŷ (%)
I) AA x AP	83 x 42	27,962*	40
II) Ma x P _{agl}	42 X 43	0,014 ^{ns}	-
III) M1 x M2	40 X 43	0,116 ^{ns}	-
IV) P1 x P2	50 x 35	2,349 ^{ns}	-
F calculado _{exp} = 5,898 ^{significativo}			
CV = 25,37 %			

AA: alimento ausente; AP: alimento presente; Ma: madeira sólida; P_{agl}: painéis aglomerados; M1: *Pinus* sp.; M2: *T. ciliata*; P1: 100% *T. ciliata*; P2: 50% *T. ciliata* + 50% *Pinus* sp.; F calculado_{exp}: F calculado experimental; CV: coeficiente de variação; F calculado_{ce}: F calculado do contraste; Ŷ/C: estimativa de contraste dividido pelo maior coeficiente de contraste

Ambos os contrastes entre as madeiras sólidas (M1 e M2) e painéis aglomerados (P1 e P2) não foram significativos. Ziech (2008) estudou as propriedades químicas da madeira de *Toona ciliata*, proveniente do mesmo lote utilizado neste trabalho, e verificou que a espécie apresentou 20,31% de extrativos. Esperava-se que essa propriedade de *Toona ciliata* exercesse algum efeito inseticida sobre os cupins. Os resultados encontrados neste trabalho contrastam com os relatados por Gonçalves e Oliveira (2006), em que os autores verificaram que a mortalidade de *Cryptotermes brevis* foi muito maior, quando esta espécie foi alimentada com *Toona ciliata* (69,58%), em relação àquelas alimentadas com *Pinus* sp. (17,50%), ao utilizarem a norma do Instituto de Pesquisas Tecnológicas - IPT (1980).

Na Tabela 10, estão apresentados os parâmetros estatísticos da análise de variância para índice de deterioração. No Gráfico 7, os valores médios dessa variável estão apresentados graficamente.

Tabela10 Parâmetros estatísticos das análises de variância para o índice de deterioração das madeiras e dos painéis aglomerados

Materiais	F calculado	CV (%)
Madeiras	13,709 <small>significativo</small>	43,98
Painéis Aglomerados	0,204 <small>não significativo</small>	52,02

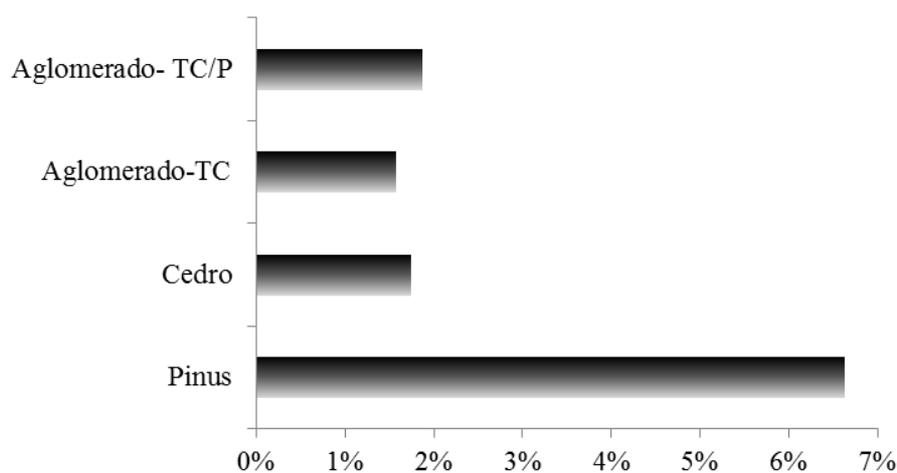


Gráfico 7 Valores médios do índice de deterioração para cada material

As madeiras apresentaram índice de deterioração estatisticamente diferente, sendo que a madeira de *Toona ciliata* (1,74%) apresentou-se muito mais resistente em relação à madeira de *Pinus* sp (6,62%). Este resultado demonstra que, mesmo que os extrativos não causem a morte do agente xilófago, podem apresentar algum efeito negativo à alimentação do inseto ou à resistência física da madeira. É importante mencionar que existem substâncias presentes em tecidos vegetais, as quais, mesmo que não causem mortalidade, podem exercer efeito repelente e inibição de alimentação (GALLO et al., 2002). Dessa forma, estudos futuros mais detalhados sobre as substâncias presentes nos extrativos de *Toona ciliata* podem ser interessantes para separação do componente que resultou na proteção dessa espécie contra *Cryptotermes brevis*. Gonçalves e Oliveira (2006) também verificaram que a madeira de *Toona ciliata* apresentou

menor degradação pelos insetos em relação à madeira de *Pinus* sp., quando amostras foram submetidas a *Cryptotermes brevis*.

As amostras do painel composto por 100% de *Toona ciliata* apresentaram índice de deterioração estatisticamente igual aos painéis compostos por 50% dessa espécie e 50% de *Pinus* sp, sendo de 1,58% e 1,87% respectivamente. Dessa forma, a inclusão da madeira de *Toona ciliata* contribuiu para proteção do painel a agentes xilófagos, gerando painéis menos susceptíveis a esses agentes. Kartal e Green III (2003) afirmam que painéis de madeira produzidos com matéria-prima mais resistente podem-se apresentar mais resistentes a agentes xilófagos, quando se consideram as características químicas.

4 CONCLUSÕES

Os cupins da testemunha apresentaram mortalidade maior em relação aos cupins dos demais tratamentos, os quais não se diferenciaram entre si.

A madeira de *Toona ciliata* foi mais resistente ao ataque de *Cryptotermes brevis* em relação à madeira de *Pinus* sp., possivelmente em relação à presença de extrativos

O índice de deterioração médio do painel produzido com 100% de *Toona ciliata* foi similar ao índice de deterioração do painel produzido por esta mesma espécie em mistura com *Pinus* sp.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, G. B. **Criação contínua de *Hypsipyla grandella* (Zeller, 1848) (Lepidóptera: Pyralidae) com dieta artificial**. 2005. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal Rural da Amazônia, Manaus, 2005.
- CEDRO australiano: valorização de espécies nobres. **Boletim Florestal**, Piracicaba, ano 2, n. 7, p. 2-4, fev. 2008.
- DACOSTA, L. P. E. et al. Qualidade das chapas de partículas aglomeradas fabricadas com resíduos do processamento mecânico da madeira de *Pinus elliottii* Engelm. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 15, n. 3, p. 311-322, set. 2005.
- DORDEL, J.; SIMARD, S. Nurse-tree effects on Australian Red Cedar (*Toona ciliata*): a comparison of their nurse species. In: NORTH AMERICAN FOREST ECOLOGY WORKSHOP, 6., 2009, Melbourne. **Proceedings...** Melbourne: NAFE, 2009. 1 CD-ROM.
- EDWARDS, R.; MILL, A. E. **Termites in buildings: their biology and control**. Felcourt: Rentokil, 1986. 231 p.
- EVANS, P. D.; CREFFIELD, J. W.; CONROY, J. S. G. Natural durability and physical properties of particleboard composed of white cypress pine and radiata pine. **Forest Products Society**, Madison, v. 47, n. 6, p. 87-94, Dec. 1997.
- GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. São Paulo: FEALQ/USP, 2002. 920 p.
- GONÇALVES, F. G.; OLIVEIRA, J. T. S. Resistência ao ataque de cupim de madeira seca (*Cryptotermes brevis*) em seis espécies florestais. **Cerne**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 80-83, jan./mar. 2006.
- HERWITZ, S. R.; SLYE, R. E.; TURTON, S. M. Redefining the ecological niche of a tropical rain forest canopy tree species using airborne imagery: long-term crown dynamics of *Toona ciliata*. **Journal of Tropical Ecology**, Cambridge, v. 14, n. 5, p. 683-703, Sept. 1998.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS. **Métodos de ensaios e análise em preservação da madeira:** ensaio acelerado de laboratório da resistência natural ou de madeira preservada ao ataque de cupins do gênero *Cryptotermes* (Fam. Kalotermitidae). São Paulo, 1980. 2 p.

KARTAL, S. N.; GREEN III, F. Decay and termite resistance of medium density fiberboard (MDF) made from different wood species. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Birmingham, v. 51, n. 1, p. 29-35, Jan. 2003.

KEENAN, R. et al. Restoration of plant diversity beneath tropical tree plantations in Northern Australia. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 99, p. 117-131, May 1997.

LEPAGE, E. S. Química da madeira. In: _____. **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT, 1986. p. 69-98.

MELO, R. R. et al. Resistência de painéis aglomerados produzidos com diferentes proporções de madeira e casca de arroz a fungos e cupins xilófagos. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 501-511, jul./set. 2010.

OLIVEIRA, A. M. F.; LELIS, A. T.; LEPAGE, E. S. Agentes destruidores de madeira. In: LEPAGE, E. S. (Coord.). **Manual de preservação de madeiras**. São Paulo: IPT-SICCT, 1986. p. 99-278.

PAIVA, Y. G. et al. Zoneamento agroecológico de pequena escala para *Toona ciliata*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* na Bacia Hidrográfica do Rio Itapemirim, ES, utilizando dados SRTM. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: INPE, 2007. p. 1785-1792.

SILVA, F. C. et al. Influência de diferentes adesivos utilizados na fabricação de painéis aglomerados na ação de *Cryptotermes gestroi* (Wasmann, 1986) (Isoptera: Rhinotermitidae). **Floresta**, Curitiba, v. 40, n. 2, p. 379-384, ago. 2010.

SOUZA, J. C. A. V. et al. Propagação vegetativa de cedro-australiano (*Toona ciliata* M. Roemer) por miniestaquia. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 33, n. 2, p. 205-213, mar./abr. 2009.

SOUSA, L. A. D. et al. Avaliação da eficácia de extratos oleosos de frutos verdes e maduros de Cinamomo (*Melia azedarach*) sobre *Rhipicephalus* (Boophilus) microplus (Acari: Ixodidae). **Revista Brasileira de Parasitologia**, Goiânia, v. 17, n. 1, p. 36-40, jan./fev. 2008.

TERZI, E. et al. Evaluation of possible decay and termite resistance of particleboard containing waste tire rubber. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Birmingham, v. 63, n. 6, p. 806-809, Sept. 2009.

TRIANOSKI, R. **Avaliação do potencial de espécies florestais alternativas, de rápido crescimento, para produção de painéis de madeira aglomerada**. 2010. 262 p. Dissertação (Mestrado em Manejo Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

TSUKAMOTO FILHO, A. A. et al. Produtividade do cafeeiro (*Coffea arabica* L. var. catuaí) em sistema agroflorestal com toona (*Toona ciliata* M. Roem.) na região da Zona da Mata de Minas Gerais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 4., 2002, Ilhéus. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2002. 1 CD-ROM.

VERMA, M.; SHARMA, S.; PRASAD, R. Biological alternatives for termite control: a review. **International Biodeterioration and Biodegradation**, Birmingham, v. 63, n. 8, p. 959-972, Dec. 2009.

ZIECH, R. Q. de S. C. **Características tecnológicas da madeira de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem) produzida do sul do estado de Minas Gerais**. 2008. 91 p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

RECOMENDAÇÕES

- a) durante o trabalho foi verificado que os cupins não encontravam os corpos de prova. Possivelmente, o aumento no tamanho desses corpos de prova melhoraria esta condição;
- b) realizar o cálculo do índice de deterioração com as amostras absolutamente secas, antes e depois de ataque, ao invés de amostras climatizadas, pois o pequeno tamanho dos corpos de prova acarreta perda em ganho de umidade, o que pode ocasionar erro durante a pesagem da amostra;
- c) a utilização de uma estufa incubadora para BOD com controle de umidade além da temperatura resultaria numa maior precisão das condições do experimento;
- d) o aumento no número de amostras poderia melhorar os resultados encontrados no teste de preferência;
- e) maior precisão poderia ser alcançada com a pesagem diária dos corpos de prova, imediatamente após a retirada dos cupins mortos, sendo indispensável para isso, a secagem diária dos corpos de prova em estufa.