

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

Silvia Regina Gomes de Toledo

**Barreiras físicas no controle de cupins subterrâneos da espécie
Coptotermes gestroi (Wasmann, 1896): areias com diferentes
granulometrias**

**São Paulo
2009**

Silvia Regina Gomes de Toledo

Barreiras físicas no controle de cupins subterrâneos da espécie *Coptotermes gestroi* (Wasmann, 1896): areias com diferentes granulometrias

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo – IPT, como partes dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental

Data da aprovação: ____/____/____

Prof. Dr. Marcio Augusto R. Nahuz (Orientador)
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do
Estado de São Paulo

Membros da Banca Examinadora:

Prof. Dr. Marcio Augusto Rabelo Nahuz (Orientador)
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

Prof. Dr. Ricardo Ramos Cabrera (Membro)
Centro Universitário Metropolitano de São Paulo – Faculdade de Ciências Biológicas
(UNIFIG – Guarulhos)

Prof. Dr. Rubens Dias Humphreys (Membro)
IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo

Silvia Regina Gomes de Toledo

Barreiras físicas no controle de cupins subterrâneos da espécie
Coptotermes gestroi (wasmann, 1896): areias com diferentes
granulometrias

Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Tecnologia Ambiental.

Área de Concentração: Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Marcio Augusto Rabelo Nahuz

São Paulo
Março/2009

Dedico aos meus pais Rosana e Silvio, aos meus padrinhos Vera e Luiz, e aos meus avós (*in memoriam*) Regina e Sebastião.

AGRADECIMENTOS

- Com especial apreço ao meu orientador e amigo Marcio Augusto Rabelo Nahuz, pelo auxílio no desenvolvimento deste trabalho, a orientação, o incentivo, a paciência, e todo o tempo dedicado. E a Taroub pelo auxílio com o abstract.
- À amiga Ligia pelo constante incentivo, pelas valiosas conversas, e sugestões à parte prática e ao texto.
- Ao Oswaldo Poffo, ao Geraldo Zenid, e ao Sérgio Brazolin pela oportunidade de desenvolver este trabalho, pela confiança, pelo apoio e estímulo.
- Aos colegas de trabalho do Laboratório de Preservação e Biodeterioração de Madeiras, Gonzalo Lopez, Raquel Amaral e Beatriz Monteiro, pelo apoio e por permitirem que este trabalho fosse concluído sem prejuízo das minhas atividades de rotina.
- À equipe técnica do Laboratório de Preservação de Madeiras e Biodeterioração de Materiais, especialmente ao Agberto, Helio e João Faria, pela ajuda no desenvolvimento da parte prática de laboratório.
- Ao amigão Antonio, pela companhia durante grande parte da realização deste trabalho, pelo incentivo constante, e pelo auxílio no desenvolvimento da parte prática.
- Às bibliotecárias Edna Gubitoso pelo trabalho e pelas dicas, e a Eleonora Sampaio pelo auxílio na obtenção de bibliografias.
- Aos colegas do Laboratório de Materiais de Construção Civil, Priscila Leal e Jilson Cardoso pelo auxílio com as peneiras e as granulometrias de areia, e ao pessoal que trabalha com areia, especialmente o Fernando e o Gilson pelo fornecimento, inúmeras vezes, de amostras de areias.
- Ao colega Rubens pela orientação na parte de estatística.
- Às amigas do CTF que sempre me apoiaram, à Zezé pelas palavras sábias de incentivo, à Vera pelas conversas e convivência; e aos amigos que além da convivência, conversas, almoços, proporcionaram muitos momentos de descontração, Serginho, Rê, Rafa, Mário e Rick.
- Às amigas Nícia, Cyntia, e Ana, e à prima Sabrina, pelo constante incentivo, auxílio, força, pela compreensão em algumas ocasiões em que eu não estava presente e principalmente pela amizade.
- À minha família por terem sempre me estimulado a estudar e buscar meus objetivos, e pela compreensão quando eu estava ausente.
- À minha querida irmã Marcia, não mais especial que meus outros irmãos (a Ana Lú, o Pê, o Lipe e o Guto), mas que esteve, como em todas as outras etapas que passei, do meu lado me ajudando.
- Ao meu companheiro Luciano que passou essa fase comigo, bem de perto, me apoiando bastante.

Meus sinceros agradecimentos a todos!

RESUMO

Os cupins-subterrâneos apresentam grande capacidade de dispersão, se adaptaram muito bem em áreas urbanas, favorecidos pelo processo de urbanização, que cria ambientes favoráveis à sua instalação. Os impactos negativos dos cupins são freqüentemente associados, em termos econômicos, às despesas provocadas pelos danos, reparos e tratamentos. No Brasil, verifica-se a falta de estudo de materiais que possam ser utilizados no controle físico destes insetos. Este trabalho tem como objetivo o estudo de diferentes granulometrias de areia para utilização em barreiras físicas de controle do *Coptotermes gestroi*. O ninho de *C. gestroi* foi mantido em uma caixa de vidro, com areia e terra, apoiada em blocos, sobre uma bandeja de água, dentro de uma câmara climatizada, no laboratório. Uma segunda caixa de vidro foi colocada ao lado daquela que continha o ninho, nesta foi montado o ensaio. Lâminas de pinus foram fornecidas como alimento, e um sistema de gotejamento de água foi adotado para manter o solo úmido. Foram realizados dois ensaios em laboratório. No primeiro ensaio realizado foram testados três intervalos granulométricos; a areia foi acondicionada em frascos de vidro, com madeira susceptível ao ataque de insetos no topo, e expostos a colônia de cupins durante trinta dias. Após a finalização deste ensaio, foi realizado um segundo ensaio, montado da mesma maneira, para verificar a possibilidade de ampliação do intervalo granulométrico de areia eficiente na prevenção da passagem de *C. gestroi*. Neste ensaio foi utilizado outro ninho de cupins da mesma espécie, pois o primeiro ninho já não apresentava atividade suficiente. Os intervalos granulométricos escolhidos para os ensaios foram baseados na literatura, considerando-se as medidas morfológicas dos operários das colônias de *C. formosanus*, comparando-as com as medidas de *C. gestroi* aferidas. As medidas dos operários de *C. gestroi* apresentaram menor variação em relação às medidas de *C. formosanus*. Mostraram-se eficientes na prevenção da passagem de *C. gestroi*, os intervalos granulométricos de areia entre 1,41 mm a 2,38 mm, durante o período de estudo.

Palavras-chave: cupins subterrâneos; barreira física; areia; granulometria; *Coptotermes gestroi*.

ABSTRACT

Particles sizes of sand as a physical barrier in the control of subterranean termite, *Coptotermes gestroi* (Wasmann)

Subterranean termites have great dispersion and adaptation capabilities in an urban environment, since the urbanization process creates favourable conditions for their growth. The main negative impacts associated with termites are the economic losses due to the damages caused in wood structures, and the expenses in treating and repairing. In Brazil there are no studies on material to be used as physical barriers against termites. The objective of this research is to study sized particles of sand to be used as a physical barrier to control *Coptotermes gestroi* (Isoptera: Rhinotermitidae). The nest of *C. gestroi* was kept in the glass box, with sand and earth, rested on blocks of concrete, on tray with water, inside the chamber with constant temperature and humidity, in the laboratory. Other glass box was put on the side, and the test was did in this one. Pieces of wood were supplied as a food, and one system to drop water was adopt to be moist the earth. Two tests were done in the laboratory. In the first test three particle sizes were tested, with the sand put in jars, and wood susceptible to the attack of termites on top. This set was exposed to a nest of *C. gestroi*, for thirty days. When this test ended, the second test was done carried out in the same in manner as the first test, but with another nest because there wasn't enough activity in the first. The second test was done to check if it is possible to have more sized particles as exclusion devices against *C. gestroi*. The particle sizes were chosen based on recommendations from the literature, considering the morphologic measurements of *C. formosanus* colony workers, compared with the *C. gestroi* measurements. The sizes of workers from *C. gestroi* showed less variation than those from *C. formosanus*. Barriers of particle sizes between 1,41 mm and 2,38 mm were effective as exclusion barrier against of *C. gestroi*.

Key-words: subterranean termites; physical barrier; sand; *Coptotermes gestroi*.

Lista de Ilustrações

Figura 1	Comparação entre as médias gerais dos comprimentos dos corpos de operários de quatro colônias das espécies, <i>Coptotermes gestroi</i> e <i>Coptotermes formosanus</i>	43
Foto 1	Medida do comprimento copóreo de um operário de <i>Coptotermes gestroi</i> , em milímetros.....	27
Foto 2	Peneiras utilizadas na separação dos intervalos granulométricos de areia.....	30
Foto 3	Ninho de <i>Coptotermes gestroi</i> , colônia A utilizada no ensaio de laboratório.....	33
Foto 4	Sistema de gotejamento de água para ensaios laboratoriais com cupins subterrâneos desenvolvido pelo IPT. Foto A, água armazenada, e foto B, forma de gotejamento.....	35
Foto 5	Frascos de vidro com areia, lâmina de Pinus, e fita crepe, fotografados durante a montagem (A) e durante a realização do ensaio (B).....	37
Foto 6	Exposição dos frascos à colônia de cupins da espécie <i>Coptotermes gestroi</i> em laboratório.....	38
Foto 7	Barreira de areia atravessada no frasco durante a realização do ensaio.....	39
Quadro 1	Planilha de acompanhamento do primeiro ensaio, instalado em 28.11.2006.....	47
Quadro 2	Planilha de acompanhamento do segundo ensaio, instalado em 11.01.2008.....	49

Lista de Tabelas

Tabela 1	Distância, em cm, atravessada por <i>Coptotermes formosanus</i>	24
Tabela 2	Medida do comprimento dos operários de <i>Coptotermes gestroi</i> (mm).....	41
Tabela 3	Resultado do teste de comparação múltipla de Tukey.....	42
Tabela 4	Composição granulométrica aproximada de areias comerciais no município de São Paulo.....	45
Tabela 5	Distribuição granulométrica das amostras ensaiadas.....	46
Tabela 6	Profundidade alcançada pela colônia de cupins nos frascos ensaiados onde a barreira de areia não foi completamente atravessada (cm).....	51

Lista de Abreviaturas e Siglas

CSIRO	Australian Commonwealth Scientific and Research Organisation
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
LMCC	Laboratório de Materiais de Construção Civil do IPT

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
1.1 Objetivos	13
1.1.1 Geral.....	13
1.1.2 Específicos	14
1.2 Justificativas	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 Biologia dos cupins.....	16
2.1.1 Cupins subterrâneos	17
2.2 Controle de cupins subterrâneos.....	19
2.3 Barreiras físicas de controle de cupins subterrâneos	21
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	26
3.1 Análise morfológica dos cupins	26
3.2 Areia.....	28
3.2.1 Custos dos materiais e métodos	28
3.2.2 Composição granulométrica de areia utilizadas comercialmente	29
3.3 Seleção dos intervalos granulométricos para os ensaios.....	31
3.4 Ensaio em laboratório.....	32
3.4.1 Colônias de cupins utilizadas nos ensaios	32
3.4.2 Montagem dos ensaios	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1 Análise de variância entre os comprimentos dos corpos de operários das quatro colônias de <i>C. gestroi</i>	41
4.2 Comparação entre os comprimentos de <i>C. gestroi</i> e <i>C. formosanus</i>	43
4.3 Composição granulométrica das areias	44
4.4 Ensaio em laboratório.....	47
5 CONCLUSÕES	52

REFERÊNCIAS	53
ANEXO	55
Certificado de Material de Referência N° 1 557-103	56

1 INTRODUÇÃO

Os cupins são insetos sociais, isto é, formam colônias compostas por diferentes categorias de indivíduos, e apresentam uma grande variedade de hábitos (LELIS et al., 2001). São encontrados abundantemente em países tropicais e amplamente distribuídos nas regiões temperadas (CREFFIELD, 1996). De acordo com Constantino (2009) cerca de 2.860 espécies de cupins são conhecidas hoje no mundo. Destas, cerca de 150 espécies têm sido descritas atacando edificações, mas somente a metade dessas causam danos maiores (PEARCE, 2000).

Os cupins estão entre os poucos insetos que são capazes de utilizar a celulose como fonte de alimento (CREFFIELD, 1996). De acordo com Oliveira et al. (1986 apud COSTA, 2000) a madeira, devido ao alto teor desse polímero, é o alimento preferido de um grande número de espécies de cupins. Segundo Lelis et al. (2001), aqueles que atacam a madeira são denominados “cupins xilófagos”.

Amaral (2002) ressalta que, em diversas regiões do mundo, os cupins xilófagos estão entre os insetos responsáveis por grande parte dos prejuízos relacionados à deterioração biológica da madeira.

Esses insetos são mais conhecidos pela importância econômica que resulta do seu ataque à madeira e outros materiais celulósicos. Além de provocarem considerável dano econômico em áreas urbanas e rurais, esses insetos também são importantes componentes da fauna de solo de regiões tropicais, exercendo papel essencial nos processos de decomposição e de ciclagem de nutrientes (CONSTANTINO, 1999).

Ao elevado custo dos danos causados por cupins em materiais celulósicos que os países tropicais e sub-tropicais devem sustentar, deve ser acrescido ainda um outro indefinível montante, em virtude dos danos causados aos materiais não celulósicos (HICKIN, 1971). Esses materiais não celulósicos são danificados pelos cupins quando estão à procura de fonte de alimento (COSTA-LEONARDO, 2002).

De acordo com Zorzenon e Potenza (1998), apesar dos cupins não se alimentarem dos materiais não celulósicos, eles podem ou não ingeri-los. Apenas a madeira e outros materiais que contenham celulose são alimentos, os outros não celulósicos são eliminados sem serem digeridos.

O Brasil tem uma das termitofaunas mais diversas do mundo, com mais de 290 espécies (CONSTANTINO, 1999). O *Coptotermes gestroi* (Wasmann) é uma espécie de cupim subterrâneo de origem asiática, introduzida no Brasil provavelmente no início do século XX (COSTA-LEONARDO, 2002). De acordo com Constantino (2007), ocorre apenas em áreas urbanas, e nas cidades onde ocorre, é o cupim-praga mais importante, causando danos consideráveis.

Segundo Romagnano (2004), os cupins subterrâneos representam uma séria ameaça ao patrimônio individual, público e histórico, bem como ao ambiente urbano, pelo intenso ataque a diferentes materiais e pela necessidade de uso de inseticidas para seu controle. Apesar dos inseticidas terem um importante papel no controle destes insetos-praga, estes produtos são de diversas maneiras prejudiciais ao homem (GEROZISIS; HADLINGTON, 1995)

De acordo com Wardell (1990 apud MARTIUS, 1998), alguns inseticidas são obsoletos pela toxicidade inespecífica, ou pelo fato de se acumularem na cadeia alimentar, ou ainda pela formação de resistência por parte dos insetos, onde aqueles insetos resistentes a determinada química sobrevivem e dão origem a populações resistentes. Este fato induziu uma busca por agentes de controle com efeitos mais específicos e menos nocivos ao homem, ou técnicas de controle alternativos, não químicas. Assim, a tendência no controle da biodeterioração de madeiras, como para o controle de pragas de modo geral, é regida principalmente por questões de saúde humana e proteção ambiental (LELIS et al., 2001)

Alguns materiais, como areia, ou técnicas, como a remoção do ninho, podem ser utilizados para controlar a atividade dos cupins; estes são conhecidos como métodos físicos de controle.

“Barreiras de partículas uniformes foram sugeridas por EBERLING & PENCE (1957); DAAR (1990); SU et al. (1991); SMITH & RUST (1991);

TAMASHIRO *et al.* (1991); SU & SCHEFFRAHN (1992) e STANLEY (1994) para proteger prédios contra cupins subterrâneos. Estas barreiras consistem em areia ou solo peneirado, de modo que as partículas sejam grandes demais para serem manipuladas pelos cupins (a “maior abertura” das mandíbulas é menor que o tamanho das partículas) ou as que são pequenas demais para que os cupins possam penetrar os espaços entre elas.” (MARTIUS, 1998, p.185).

Estas barreiras são mais efetivas se colocadas durante a construção do edifício, contudo, ainda não estão disponíveis comercialmente no Brasil (COSTA-LEONARDO, 2002).

Grace e Yamamoto (1993 apud MARTIUS, 1998) ressaltam que nem todos os materiais são adequados, o que aliado à especificidade do método, implica que testes com os cupins-praga predominantes e com os materiais disponíveis no local devam ser feitos em cada situação.

O presente trabalho apresenta um estudo dos intervalos granulométricos de areia, que podem ser utilizados para impedir a passagem de *C. gestroi*. Para isto foi necessário fazer também um breve estudo da composição granulométrica das areias comercialmente disponíveis nesta região e a correlação entre as medidas morfológicas de operários de *C. gestroi* aferidas, com as medidas de operários de *C. formosanus* relatadas por Su et al. (1991).

1.1 Objetivos

Os objetivos desta pesquisa foram divididos em geral e específicos.

1.1.1 Geral

O objetivo geral deste trabalho foi determinar em ambiente de laboratório, um intervalo granulométrico de areia que seja eficiente na prevenção da passagem de cupins subterrâneos, da espécie *Coptotermes gestroi*, a partir de testes com diferentes granulometrias de areia, para utilização como barreiras físicas, com possibilidade de emprego comercial em edificações.

1.1.2 Específicos

Em termos dos objetivos específicos, espera-se:

- realizar um breve estudo sobre as composições granulométricas das areias comerciais disponíveis;
- medir o comprimento dos operários das colônias de *C. gestroi* utilizadas nos ensaios e de duas (outras) colônias da mesma espécie com indivíduos coletados em campo;
- analisar, para efeito de seleção, as granulometrias eficientes na prevenção da passagem dos cupins das espécies *C. gestroi* e *C. formosanus*, esta com dados da literatura consultada, com as medidas morfológicas desses operários; e
- verificar em laboratório a eficiência do uso de diferentes intervalos granulométricos de areia, utilizados como barreira física, à exposição a colônias de *C. gestroi* em laboratório.

1.2 Justificativas

Os custos associados às atividades dos cupins na construção civil vão desde os prejuízos causados, o controle desses insetos, até o reparo dos danos.

O controle preventivo pode minimizar os prejuízos associados aos danos causados por esses insetos. No entanto, é importante considerar o material utilizado no seu controle preventivo. Os métodos físicos não são prejudiciais ao homem nem ao meio ambiente e podem ser menos dispendiosos em relação aos métodos químicos.

De acordo com French (1994), as barreiras químicas são consideradas a mais importante técnica utilizada na proteção de edificações contra cupins subterrâneos. Entretanto, estão gerando problemas no mundo todo, e por esse motivo, as barreiras físicas vêm ganhando maior importância.

Além dos danos ecológicos, a eficácia dos pesticidas tem sido, em diversos momentos, questionada. Após algum tempo de uso, não produzem mais o resultado esperado, e a praga alvo passa a apresentar resistência. Mesmo quando

ainda eficazes, estes pesticidas provocam outros danos no ambiente, pela sua ação de largo espectro, portanto, atingindo outros grupos de animais, mostra-se a médio e longo prazos, mais prejudiciais que benéficos (LELIS et al., 2001).

No Brasil, há pouco estudo sobre materiais que possam ser utilizados como barreiras físicas para impedir o acesso de cupins a edificações, e que possam ser utilizados no controle integrado dessa praga.

Segundo Martius (1998), as barreiras físicas são adequadas para aplicações em pequena escala, como nas fundações de edificações. Porém, há uma dificuldade maior na sua aplicação, quando é necessário controlar mais de uma espécie de cupim subterrâneo. Assim, além da implantação do controle integrado, é necessário também a realização de um estudo sobre o quanto o homem contribui para a dispersão dos cupins, visando reduzir novas introduções como ressalta Romagnano (2004).

Deve-se considerar, no entanto, ações futuras de controle integrado dessa praga no Brasil, que provavelmente continuará dispersando-se até que sejam tomadas medidas adequadas para seu controle. Desta forma, torna-se importante o estudo de materiais que possam ser utilizados como barreiras físicas para esses insetos, e que possam ser empregados em planos de controle, principalmente, em técnicas construtivas preventivas.

Associada à necessidade de se encontrar técnicas alternativas e complementares ao uso de produtos químicos, há escassez de informações relacionadas à utilização da areia como barreira física ao ataque de cupins subterrâneos no Brasil, sendo esta a principal justificativa para a realização desta pesquisa.

2 REVISÃO DE LITERATURA

A revisão da literatura compreende a biologia dos cupins, com ênfase nos cupins subterrâneos, o seu controle, e as barreiras físicas usadas para tal.

2.1 Biologia dos cupins

A biologia dos cupins é muito ampla e complexa, por esta razão, serão apresentados aqui somente os dados relevantes a este trabalho.

Os cupins são insetos que pertencem à ordem Isoptera. Das sete famílias que compõe esta ordem, quatro ocorrem no Brasil: Kalotermitidae, Rhinotermitidae, Serritermitidae e Termitidae (CONSTANTINO, 2009).

A identificação das pragas é o primeiro passo para embasar métodos adequados de controle (MARTIUS, 1998), e segundo Bandeira e Harada (1991, apud MARTIUS, 1998) os gêneros dos cupins são de identificação relativamente fácil; a identificação em nível de espécie é mais difícil, sendo que muitas espécies ainda não foram descritas pela ciência.

De acordo com Lelis et al. (2001), na prática, os cupins são frequentemente agrupados conforme seus hábitos e nidificação, essa divisão na prática, é a que segue:

- Cupins-de-madeira
 - Cupins-de-madeira-seca
 - Cupins-de-madeira-úmida
- Cupins-de-solo
 - Cupins subterrâneos
 - Cupins-epígeos
- Cupins-arborícolas

Entre estes, os cupins subterrâneos merecem destaque especial neste trabalho, sendo tratados a seguir.

2.1.1 Cupins subterrâneos

O cupim da espécie *C. gestroi*, foco deste trabalho, é considerado um cupim subterrâneo, e por este motivo, a discussão sobre a sua biologia será feita com mais detalhe.

A população adulta da colônia divide-se em três principais castas: os operários, os soldados e os reprodutores, além das formas jovens.

A casta dos operários é a maior da colônia (CREFFIELD, 1996). Eles constroem os túneis e buscam alimentos, entre outros serviços que incluem a construção e manutenção do ninho, além de cuidar e alimentar os jovens e as outras castas que não se alimentam sozinhas, como os soldados e o casal real (PEARCE, 2000). São os operários, portanto, que atacam a madeira (LELIS et al, 2001).

A função dos soldados é defender a colônia. Morfologicamente eles possuem a cabeça maior que outros indivíduos, e a mandíbula de vários tipos e tamanhos (PEARCE, 2000).

O casal real é responsável pelo aumento do número de indivíduos na colônia, que precisa atingir um tamanho mínimo antes da produção de indivíduos alados (PEARCE, 2000). Estes deixam a colônia em revoadas periódicas na tentativa de formar novas colônias (CREFFIELD, 1996).

Uma colônia pode ter ainda outros tipos de reprodutores que poderão substituir o rei e/ou a rainha em caso de suas mortes ou ainda ocorrer junto com o par real primário (ZORZENON e POTENZA, 1998).

Novos ninhos criados a partir de revoadas raramente se estabelecem em edificações se não houver uma fonte permanente de umidade - o principal alvo é, portanto, o subsolo. O ninho normalmente demora três anos para atingir o número suficiente de indivíduos para causar danos econômicos (FOREST AND WOOD PRODUCTS RESEARCH AND DEVELOPMENT CORPORATION, 2005).

A colônia de *C. gestroi* pode ser policálica, ou seja, ocupa vários “ninhos” chamados de secundários ou subsidiários. É frequente encontrar esses ninhos nas construções, porém não é fácil encontrar o ninho central, com o par de reprodutores

primários. Este aspecto da biologia destes cupins torna ainda mais problemático o seu controle no local infestado (ZORZENON e POTENZA, 1998).

A eliminação de apenas uma parte da colônia geralmente não é suficiente para extinguí-la, porque as partes restantes podem se recuperar. Para uma extinção completa, a maior parte dos membros da colônia, principalmente a rainha, precisa ser eliminada (MARTIUS, 1998).

Segundo Romagnano (2004), o sucesso dos cupins subterrâneos em adaptar-se ao ambiente urbano deve-se à sua interação com o ambiente, basicamente devido aos seguintes aspectos: necessidade de um espaço protegido para a construção do ninho, e de fonte de umidade que pode estar ou não diretamente ligada ao solo, e à sua capacidade de se dispersar por diferentes materiais em busca de alimentos.

A espécie *Coptotermes havilandi* é considerado sinônimo de *Coptotermes gestroi*, conhecida como cupim subterrâneo, pertencente à família Rhinotermitidae; as colônias são grandes e de rápido crescimento. Os ninhos são geralmente subterrâneos e os operários procuram alimento num raio de até 50m (CONSTANTINO, 2007). Su e Scheffrahn (1988 apud PEARCE, 2000) ressaltam que foi registrada uma distância de mais de 100m percorrida por cupins subterrâneos da espécie *Coptotermes formosanus*. Não é raro encontrar ninhos desses insetos localizados em espaços perdidos de andares superiores de um prédio, sem contato com o solo.

Segundo Zorzenon e Potenza (1998), a madeira num lugar escuro, quente e úmido, pode ser suficiente para que um casal possa iniciar uma colônia, podendo não ser imprescindível a presença de solo no local.

Em edificações infestadas por *C. gestroi* é bastante comum encontrar seus túneis nos espaços existentes entre lajes, na rede hidráulica e em eletrodutos, assim como em armários embutidos, batentes, guarnições e outras peças que estejam em contato direto com a alvenaria. O ninho pode estar localizado tanto na área construída como nas imediações da construção.

2.2 Controle de cupins

Muitos governos, com organizações ambientais, atuantes especialmente em países desenvolvidos, têm tomado iniciativas no sentido de reduzir o uso de pesticidas no controle de cupins, onde o controle é feito atualmente, com ênfase na gestão integrada, envolvendo ecologia e comportamento dos insetos, usando-se métodos biológicos, físicos e químicos seguros, que alteram o potencial de pragas das colônias (PEARCE, 2000).

Segundo Creffield (1996) o controle biológico de cupins também pode ser uma técnica alternativa no futuro, utilizando-se fungos patogênicos como o *Metarhizium* ou nematóides (*Heterorhadditis*).

Costa (2000) testou fungos *Metarhizium anisopliae* e *Aspergillus* sp com cupins arbóreos, da espécie *Nasutitermes globiceps*, e concluiu que estes são patogênicos e não repelentes a estes cupins. No entanto, para a utilização de fungos no controle de cupins deve-se considerar algumas variáveis para que se obtenha sucesso, como o tempo que levam os cupins contaminados até o contato com os cupins saudáveis. Este período não deve ser muito longo, pois, nem o fungo mais patogênico causaria a mortalidade nos cupins saudáveis. Além disso, uma mesma espécie de fungo pode ter diferentes graus de patogenicidade, podendo não ser alcançado o grau de mortalidade desejado na colônia com a inoculação de um patógeno menos virulento. O tempo de mortalidade dos cupins após a inoculação do fungo deve ser cuidadosamente estudado, pois um fungo que causa mortalidade de forma mais lenta teria vantagem em disseminar a doença entre os cupins saudáveis, uma vez que estes evitam o contato com cupins mortos mas não com os vivos contaminados. Porém a colônia teria mais tempo para utilizar mecanismos de defesa para controlar uma contaminação generalizada.

Além desses cuidados, que tornam a técnica de controle biológico bastante complexa, a principal desvantagem é o fato de ser esta uma técnica apenas curativa e não preventiva.

Existem métodos físicos de controle de cupins já testados com sucesso, como remoção de ninhos, eletrocussão, e aplicação de temperaturas letais. Estes métodos, porém, não serão apresentados neste trabalho, pois são eficazes apenas para outros grupos de cupins como os cupins-epígeos e os cupins-arborícolas, uma vez que a sua aplicação depende da localização do ninho, e, em se tratando de cupins subterrâneos, quase sempre o ninho não é localizado, tornando difícil a aplicabilidade dessas técnicas para esses insetos.

De acordo com Lelis et al. (2001) dentre as novas linhas de pesquisa para controle de cupins subterrâneos, destacam-se:

- Cuidados na construção;
- Pesquisa de novas moléculas;
- Iscas; e
- Barreiras físicas.

Entende-se por cuidados na construção, além da escolha correta da madeira e tratamento adequado daquelas que venham a ficar em contato com a alvenaria; a adoção de uma série de procedimentos centrados no projeto da obra, visando evitar detalhes e técnicas construtivas que facilitem a instalação e o desenvolvimento de ninhos de cupins. Dentre os procedimentos não recomendáveis pode-se citar: deixar restos de madeira dentro da alvenaria, materiais celulósicos enterrados no solo, espaços fechados na construção, entre paredes ou sob pisos, sem acesso para inspeção, chamados de “caixões perdidos”; entre outros.

Fundações de concreto adequadamente reforçadas, previnem grandes contrações e o aparecimento de fendas. Fendas com poucos milímetros de abertura podem permitir a dispersão desses insetos. É recomendável realizar uma cobertura com um mínimo de 15 cm de concreto armado, preenchendo todas as junções (ZORZENON e POTENZA, 1998).

As pesquisas de novas moléculas têm como foco o desenvolvimento de produtos químicos menos agressivos ao meio ambiente e menos tóxicos ao homem. Muitos inseticidas usados no passado, embora eficientes na formação de barreiras

químicas como é o caso dos organoclorados, não são utilizados atualmente por apresentarem grande persistência ambiental, podendo causar problemas de saúde pública (COSTA-LEONARDO, 2002).

O controle por meio de iscas consiste em utilizar um substrato atrativo para os cupins, impregnando-o com um produto letal de ação lenta, que é levado para a colônia e nela difundido entre os indivíduos, causando a morte ou enfraquecimento da colônia. As iscas são instaladas nos locais de forrageamento dos cupins, curativa ou preventivamente, com monitoramento contínuo.

Atualmente estão sendo utilizados como ingredientes ativos das iscas alguns agentes de controle biológico, inibidores metabólicos e reguladores de crescimento de insetos (COSTA-LEONARDO, 2002).

As barreiras físicas têm como proposta substituir as tradicionais barreiras químicas, impedindo o acesso dos cupins subterrâneos à edificação, por materiais que eles não conseguem penetrar. Essas barreiras são colocadas no perímetro da edificação. Pallaske e Igarashi (1991) conseguiram bons resultados com barreiras de 10 mm de espessura, testadas em campo, em Shiraki, no Japão.

French (1994) propôs a utilização conjunta da barreira física com iscas. O material a ser utilizado como barreira física deve ser limpo, uniforme e aplicado corretamente. No entanto, as barreiras podem ser violadas por acidente, sendo que edificações que utilizam apenas as barreiras físicas devem ser anualmente inspecionadas para verificar a ocorrência de cupins subterrâneos. Caso esta não seja detectada, nenhuma outra medida seria necessária.

2.3 Barreiras físicas para controle de cupins subterrâneos

A barreira física consiste na utilização de materiais que bloqueiem a passagem dos cupins, como por exemplo, a tela de aço, com orifícios de dimensões específicas, de modo que os insetos não consigam atravessá-la nem tampouco desgastá-la, ou materiais com granulometria específica, que sejam grandes o suficiente para não serem manipulados pelos cupins, de modo que não consigam deslocar e penetrar entre

os grãos, como areia e vidro moído. Lewis (1999) tem estudado esses materiais bem como o granito esmagado.

Lenz e Runko, (1994) realizaram estudos com uma tela de aço inoxidável, que efetivamente protegeu edificações contra cupins subterrâneos. A tela, de aberturas 0,60 mm x 0,6 mm, foi patenteada na Austrália, depois de testes de resistência do material realizados em laboratório e em campo, pela Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO). Em laboratório, três colônias de *Coptotermes ancinaciformis* foram mantidas separadas por mais de 12 semanas pela malha, com pouco alimento de madeiras susceptíveis. Em campo, madeiras foram protegidas pela malha e colocadas em valas no solo por três anos. O tempo de vida previsto deste tipo de proteção é de 50 anos.

Excelentes resultados foram obtidos com estudos propostos por Pallaske e Igarashi (1991) no Japão, empregando camadas finas (10-20 mm) de vidro moído na prevenção da passagem de três espécies de cupins, *Reticulitermes santonensis*, *Heterotermes indicola* e *Coptotermes formosanus*. O vidro moído é considerado um bom material para reter piretróides, evitando que o produto seja facilmente transportado para o solo. O estudo foi feito em laboratório e a barreira de vidro foi impregnada com piretróides, porém este material pode ser utilizado como barreira física com ou sem a utilização conjunta de produtos químicos. Neste caso, o tamanho das partículas de vidro variou entre 0,5mm e 1,5mm.

Foram realizados estudos no Havaí (TAMASHIRO e SU, 1986) com argila, areia e cascalho, utilizados como substrato para testar a longevidade de termicidas. Os cupins tiveram maior dificuldade para penetrar quando a areia foi utilizada como substrato. Porém, ficou evidente que não foi a areia por si só, mas a dimensão das partículas da areia o fator que causou esta dificuldade. Testes de laboratório foram iniciados para determinar que tamanho de partículas os cupins da espécie *C. formosanus* não conseguiriam atravessar. Cascalho basáltico foi peneirado para obtenção de grãos entre 0,20 mm a 4,80 mm. Esses intervalos foram testados por quatro semanas em laboratório, em barreiras de 4 cm de profundidade, em tubos de

ensaio. As barreiras com intervalos granulométricos entre 0,20 mm a 1,20 mm e 4,00 mm a 4,80 mm foram completamente atravessadas. Nas barreiras com grãos entre 1,20 mm a 1,70 mm e 3,40 mm a 4,00 mm os insetos conseguiram alcançar mais de 3 cm de profundidade, ou seja mais de 75%. Nas barreiras com grãos entre 1,70 mm e 3,40, os cupins conseguiram alcançar uma profundidade menor que 0,90 cm, sendo o intervalo entre 1,70 mm a 2,40 mm o mais eficiente.

Os primeiros pesquisadores a relatar o uso da areia como barreira física excluindo a passagem dos cupins subterrâneos a estruturas foram Eberling e Pence (1957). Na Universidade da Califórnia estes autores testaram intervalos granulométricos de areia utilizados como barreira física para cupins subterrâneos da espécie *Reticulitermes hesperus*. Os insetos foram mantidos por trinta dias em tubos de ensaio, com umidade controlada automaticamente pela porosidade da areia. Os resultados mostraram que barreiras eficazes de areia, para esta espécie, devem ser feitas com intervalo granulométrico onde não mais que 5% deverá ser retido na malha 10 (1,40 mm de diâmetro) e não mais que 5% deverá passar pela malha 16 (1,00 mm de diâmetro).

Na universidade da Florida, Su et al. (1991), realizaram um estudo com treze tamanhos de partículas de areia, para utilização na prevenção da passagem de duas espécies de cupins subterrâneos, *C. formosanus* e *Reticulitermes flavipes*. Os tamanhos de partículas testados foram de 0,5 mm a 4,0 mm de diâmetro, expostos a quatro colônias de cada espécie. A composição correta entre os tamanhos 1,18 mm até 2,80 mm se mostrou eficiente na prevenção da penetração de ambas as espécies. Para a espécie de *C. formosanus*, o intervalo entre 1,70 mm e 2,36 mm foi o mais eficiente. A distância alcançada pelos insetos foi menor que 1 cm, nas quatro colônias ensaiadas. Este estudo traz um quadro comparativo, com as distâncias penetradas em cada intervalo granulométrico, para cada colônia de cupins, relacionando os tamanhos dos grãos penetrados com os tamanhos dos operários das colônias. As médias dos comprimentos dos corpos dos operários da espécie *C. formosanus* variaram entre 3,89 mm (colônia com indivíduos menores) a 5,75 mm (colônia com indivíduos maiores). Os

cupins das duas colônias com indivíduos menores penetraram uma distância maior em relação às outras duas colônias, num intervalo granulométrico de areia acima de 2,80 mm. As duas colônias com indivíduos maiores penetraram uma distância maior num intervalo granulométrico de areia abaixo de 1,70 mm (Tabela 1).

Tabela 1 – Distância, em cm, atravessada por *Coptotermes formosanus*

Colônia	Média do comprimento dos operários	Intervalo granulométrico, em mm, da barreira de areia				
		1,40 - 1,70	1,70 - 2,00	2,00 - 2,36	2,36 - 2,80	2,80 - 3,35
1	3,89	0,4	0,2	0,1	0,5	2,3
2	4,17	0,1	0,5	0,3	1,0	2,7
3	4,61	1,5	0,6	0,4	0,5	0,9
4	5,75	1,3	0,8	0,6	0,8	1,0

Fonte: Su et al. (1991); elaboração da autora.

Su e Scheffrahn (1992) desenvolveram outro estudo com sete intervalos granulométricos e dois intervalos mistos (unindo intervalos), com as espécies de cupins subterrâneos *C. formosanus* e *Reticulitermes flavipes*. Foram utilizadas três colônias de cada espécie. Os intervalos granulométricos estudados foram compostos de partículas de areia de tamanhos entre 1,00 mm e 2,80 mm. Os intervalos mistos testados foram: 1,18 mm a 2,80 mm e 1,70 mm a 2,36 mm. Os intervalos 2,00 mm - 2,36 mm e 2,36 mm - 2,80 mm e o intervalo misto de 1,70 mm – 2,36 mm, se mostraram eficientes na prevenção da passagem de *C. formosanus*.

De acordo com French (1994) algumas barreiras físicas já são utilizadas comercialmente: no Havaí, o basalto agregado com granulometria entre 1,7 mm a 2,4 mm, conhecido como *"BTB – basaltic termit barrier", comercializado por Ameron HC&D; na Austrália, a empresa E. B. Mawson Pty Ltd possui acreditação, conduzida pela CSIRO, no controle de edificações com a utilização do granito, comercialmente conhecido como *"Granitgard". Em um local em Victoria, a 360 km ao noroeste de Melbourne, este produto foi testado por mais de 20 meses sem sinais de penetração de cupins subterrâneos, com 30, 60 e 90 cm de profundidade respectivamente em torno de edificações simuladas. Em Canberra, também na Austrália, uma malha de aço inoxidável foi desenvolvida para o controle desses insetos em novas construções ou ao redor de edificações já construídas. O produto é comercializado com o nome de *"termi-mesh", e tem sido utilizado em todas as regiões da Austrália como uma medida de controle alternativo à barreira química.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos incluem a análise morfológica dos cupins, seleção da areia utilizada e montagem do ensaio propriamente dito.

3.1 Análise morfológica dos cupins

Para a espécie *C. gestroi* não foi encontrado na literatura consultada nenhum registro, de testes com barreiras físicas. Porém, para cupins da espécie *C. formosanus*, pertencente ao mesmo gênero, são utilizados comercialmente em outros países, materiais com granulometrias específicas em barreiras físicas eficientes contra a passagem desses insetos. Sendo assim, é importante fazer uma comparação entre operários de *C. formosanus* e de *C. gestroi* com o intuito de se conhecer o tamanho desses insetos, que pode estar associado à dimensão e à abertura da mandíbula, e conseqüentemente ao tamanho dos grãos que eles podem deslocar.

A escolha dos intervalos granulométricos testados foi feita considerando-se a literatura analisada, comparativamente com as medidas morfológicas do *C. gestroi* (objeto deste estudo) e *C. formosanus* (descritas na literatura). As medidas dos comprimentos dos corpos de *C. gestroi* foram feitas para que o tamanho dos operários desses insetos pertencentes ao mesmo gênero, fossem comparados, com o fim de selecionar-se um intervalo granulométrico de areia a ser testado.

Os cupins da espécie *C. gestroi* foram provenientes de quatro colônias de cupins subterrâneos, sendo duas delas (colônia A e colônia B), utilizadas na realização dos ensaios em laboratório, cujos insetos foram coletados na superfície do ninho. As outras colônias foram nomeadas C e D, e os insetos foram coletados em árvores localizadas no passeio público na região oeste do município de São Paulo, SP. De cada colônia foram coletados aleatoriamente dez operários.

Os operários foram colocados em álcool diluído a 70%. Segundo Almeida et al (1998) a importância da correta diluição é que baixas concentrações, podem causar o inchaço dos exemplares e em altas concentrações podem causar enrugamento e a danificação do inseto, devido à retenção ou perda de água por pressão osmótica. Além

disso, em baixas concentrações a conservação é insuficiente, permitindo o aparecimento de bactérias causadoras de deterioração do material.

Os locais de coleta, um para cada colônia, foram escolhidos verificando-se a intensidade da atividade dos insetos e a facilidade de coleta dos mesmos, caso um desses critérios não estivesse presente, escolhia-se outro local. A distância mínima entre esses locais foi de aproximadamente 500m, em função da localização dos ninhos.

O estereomicroscópio da marca Leica, modelo MZ APO, e o aplicativo Soft Imaging System – AnalySIS 2005 foram utilizados para capturar as imagens dos quarenta operários, e fazer as medidas do comprimento dos corpos (Foto 1). O comprimento de cada operário foi medido do início da mandíbula ao final do abdômen. O estereomicroscópio possibilitou o aumento necessário e o Analisador de Imagens (AnalySIS) permitiu medir distâncias em diversos sentidos, assim como capturar as imagens.

As medidas dos comprimentos dos corpos dos operários de *C. gestroi* foram analisadas estatisticamente, ao nível de significância de 5%. A comparação entre o tamanho dos operários das quatro colônias foi feita pelo teste não-paramétrico de Mann-Whitney.



Foto 1 - Medida do comprimento corpóreo, em milímetros, de um operário de *Coptotermes gestroi*.

Fonte: a autora

3.2 Areia

A utilização deste material como barreira física contempla uma breve análise sobre alguns aspectos como: custos dos materiais e métodos, avaliação da granulometria da areia comercializada no mercado do município de São Paulo, além da seleção dos intervalos granulométricos.

3.2.1 Custos dos materiais e métodos

Dentre os materiais conhecidos para a implantação de barreiras físicas para o controle dos cupins, optou-se pela areia devido à sua disponibilidade a região de São Paulo.

A areia é um material abundante, amplamente comercializado, e de baixo custo em relação aos produtos químicos atualmente utilizados no controle dessa praga.

A utilização da areia como barreira física, de um produto químico aplicado como barreira química, e de iscas, instaladas preventivamente num mesmo perímetro, pode ser comparada financeiramente.

Para a instalação da barreira física de areia para proteger uma área com perímetro de 100 m, considerando-se uma valeta com largura 10 cm e profundidade de 20 cm, são necessários 2 metros cúbicos de areia. No entanto, observou-se em estudo granulométrico que, em torno de 56% do metro cúbico da areia comercializada corresponde ao intervalo granulométrico efetivo para prevenção da passagem de cupins. Portanto serão necessários aproximadamente, 3,5 m³ de areia para se conseguir a utilização dos 2 m³ com a granulometria apropriada para formação da barreira. O metro cúbico da areia é comercializado, nesta região, por aproximadamente R\$ 60,00*. Portanto o custo com o material (areia) para a implantação da barreira física neste perímetro seria de R\$ 210,00 (Dados do IPT).

Neste mesmo perímetro, para a implantação da barreira química, o custo com o produto químico seria de R\$ 1.020,00. E para a implantação de iscas neste mesmo perímetro, o custo aproximado seria de R\$ 2.350,00.

Ressalta-se que para os três métodos comparados, foi considerado somente o custo com o material. Devem ser acrescentados outros custos, como a mão-de-obra para a

implantação, e o monitoramento contínuo para o sistema de iscas, o que encarece muito esse sistema.

3.2.2 Composição granulométrica de areias utilizadas comercialmente

Para se estabelecer a composição granulométrica das areias disponíveis no mercado foi necessário um breve estudo em laboratório.

Para tanto, duas amostras de areias comercializadas em casas de materiais de construção e cinco amostras comercializadas pelo IPT foram peneiradas manualmente, para que se obtivesse a sua composição granulométrica aproximada. Cerca de 1kg de cada areia foi coletado em sacos plásticos.

Em casas de materiais de construção, as areias mais frequentemente encontradas são as classificadas como fina e média. A areia grossa pode também ser encontrada, porém, não com a mesma facilidade. Por este motivo, optou-se pela análise da composição das areias fina e média, somente para que se conhecesse sua composição granulométrica aproximada.

Para o estudo, optou-se pela utilização das areias do Laboratório de Materiais de Construção Civil (LMCC) do IPT, devido à fácil rastreabilidade da sua origem, procedimentos de produção, teor de matéria orgânica, materiais pulverulentos, e outras condições que pudessem interferir no resultado do ensaio com os cupins em laboratório. Esta areia é padronizada pela NBR 7214 *Areia Normal para ensaio de cimento*, aspecto importante para garantir sua homogeneidade.

As amostras de areia que fizeram parte da análise da composição granulométrica aproximada foram aquelas conhecidas popularmente como Areia Fina e Areia Média, comercializadas em casas de materiais de construção, e as areias Refugo da 100, 100, 30, 16 e Pedrisco, do LMCC.

A abertura das malhas das peneiras utilizadas pelo LMCC do IPT, pode ser observada no Certificado de Material de Referência N° 1 557-103 (Anexo).

Os números 100, 30 e 16, indicam o número da peneira, ou seja, a abertura, em mm, da malha em que os grãos de areia ficam retidos. A areia 100 é aquela retida na peneira de número 100, que possui abertura de 0,15 mm; a areia 30 é aquela cujos

grãos ficam retidos na peneira 30, com abertura de 0,6 mm; e a areia 16 é aquela retida na peneira com abertura de 1,2 mm.

O Refugo e o Pedrisco são materiais de descarte. O refugo da areia 100 corresponde aos grãos de areia menores que aqueles desejados para compor a areia de número 100, ou seja, os grãos que passam pela malha da peneira mais fina utilizada na separação da areia, e o Pedrisco é composto por grãos maiores que não passam pela malha com abertura de maior diâmetro desejável no processo de obtenção da areia mais grossa desse processo, a areia 16.

De cada amostra de areia foram peneirados manualmente 250 cm³, por aproximadamente cinco minutos. Essa é a quantidade adequada para a separação, pois cabe na peneira (Foto 2).

A areia de cada amostra foi colocada, primeiramente, na peneira mais grossa, ou seja, com a malha de maior abertura, que permitiu a passagem de todos os grãos, determinando assim, o limite máximo do tamanho dos grãos de cada amostra. Os grãos medianos de cada amostra foram retidos nas malhas intermediárias, e os grãos menores passavam por mais malhas, até chegarem na malha mais fina, onde foram retidos todos os grãos mais finos. A quantidade obtida em cada peneira foi medida, em volume, para determinar seus intervalos granulométricos.



Foto 2 - Peneiras utilizadas na separação dos intervalos granulométricos de areia.

Fonte: a autora

3.3 Seleção dos intervalos granulométricos para os ensaios

O intervalo granulométrico 0,50 mm a 4,00 mm foi testado por Su et al. (1991) para o gênero *Coptotermes*.

O intervalo granulométrico selecionado foi de 1,70 mm a 2,40 mm, observado na literatura como eficiente na prevenção da passagem de cupins do gênero *Coptotermes*. Os intervalos entre 0,50 mm a 1,70 mm e 2,40mm a 4,00 mm obtiveram menores ou nenhum resultado satisfatório na prevenção da passagem dos cupins. Os insetos conseguem penetrar entre os grãos de areia com diâmetro superior a 4,00 mm. (SU et al., 1991).

Não foram encontrados na literatura consultada testes ou ensaios com intervalos inferiores a 0,50 mm. Martius (1998), ressalta que, além das partículas grandes o suficiente que os cupins não conseguem movimentar, existem grãos muito pequenos [Sic], entre os quais os cupins não conseguem passar, e que também podem ser utilizados como barreiras físicas. O menor intervalo granulométrico encontrado nas areias disponíveis no mercado foi entre 0,08 mm e 0,35 mm, que tendo em vista a citação acima, foi selecionado e ensaiado no presente estudo.

Em todas as colônias do gênero *Coptotermes* testadas por Su et al. (1991) e Su e Scheffrahn (1992), os cupins atravessaram completamente as barreiras de areia com granulometria entre 0,5 mm e 1,00 mm. Portanto esse intervalo granulométrico que corresponde à areia 30 do LMCC, foi selecionado como testemunha do ensaio. As barreiras com intervalo granulométrico entre 1,00 mm e 1,40 mm não foram completamente atravessadas pelas colônias ensaiadas nos trabalhos acima citados.

De acordo com a literatura consultada, em estudos com areia e outros materiais utilizados como barreiras físicas contra *Coptotermes*, foram eficazes areias com intervalo granulométrico entre 1,7 mm e 2,4 mm. Sendo assim, no presente estudo, este intervalo constituiu as amostras 1 e 2 do ensaio em laboratório.

Além do intervalo 1,70 mm a 2,40 mm, foram selecionados também, os intervalos mais próximos a este, de 1,40 mm a 1,70 mm e de 2,40 mm a 2,80 mm, que foram testados no segundo ensaio após a avaliação do primeiro ensaio.

As amostras selecionadas para a realização dos ensaios, assim como os intervalos granulométricos de areia correspondentes estão relacionados a seguir, e serão descritos adiante:

- amostra 1 - 2,00 mm a 2,40 mm;
- amostra 2 - 1,70 mm a 2,00 mm;
- amostra 3 - 0,08 mm a 0,35 mm;
- amostra 4 - 1,40 mm a 1,70 mm;
- amostra 5 - 2,40 mm a 2,80 mm;
- testemunha - 0,50 mm a 1,00 mm.

As amostras 1, 2 e 3 fizeram parte do primeiro ensaio, enquanto que as amostras 4 e 5, do segundo.

As areias comerciais foram peneiradas manualmente até que se obtivessem as quantidades necessárias de cada intervalo granulométrico para a realização do ensaio.

3.4 Ensaios em laboratório

Os ensaios foram montados para avaliação da eficiência dos intervalos granulométricos de areia. Para a realização dos ensaios, as colônias de cupins foram coletadas em campo e trazidas para o laboratório, principalmente pela dificuldade em manter esses insetos em situações isoladas sem contato com o ninho, e pela necessidade de um número grande de insetos para poder expor todas as amostras ensaiadas, sem outra fonte de alimento.

3.4.1 Colônias de cupins utilizadas nos ensaios

As colônias de cupins utilizadas na realização dos ensaios foram da espécie *Coptotermes gestroi*. Os ninhos foram coletados no interior de edificações na cidade de São Paulo e mantidos em laboratório.

O ninho A (Foto 3) tem dimensões aproximadas de 60 cm de comprimento por 30 cm de profundidade e 20 cm de largura.



Foto 3 – Ninho de *Coptotermes gestroi*, colônia A utilizada no ensaio de laboratório.
Fonte: a autora

O ninho foi acondicionado em uma caixa de vidro de dimensões de 100 cm de comprimento por 40 cm de profundidade e 40 cm de largura, sustentada por dois blocos de concreto, sobre uma bandeja com água para evitar a fuga dos insetos.

Em laboratório, a colônia de cupins foi mantida em condições ideais de temperatura e umidade, no interior de uma câmara climatizada mantida a aproximadamente 27°C e 70% de umidade relativa do ar, registrados durante todo o tempo de estabilização do ninho e da duração do ensaio, em carta registradora por um termohigrógrafo.

A caixa de vidro foi previamente preparada com uma camada de aproximadamente 5 cm de areia, de granulometria menor que 1,00 mm, coberta com uma camada de terra de mesma espessura, ambas esterilizadas a uma temperatura de 127°C, por um período mínimo de 15 minutos, para evitar contaminação do ninho por microrganismos que poderiam causar a morte da colônia.

A areia utilizada é parte daquela areia armazenada no laboratório para utilização na manutenção de colônias, que é coletada esporadicamente no LMCC na área de

descarte, e tem a função de reter o excesso de água, para evitar a umidade excessiva da terra.

Os cupins foram alimentados com lâminas de *Pinus* sp., de dimensões 20 x 6 x 0,3 cm, sem preservantes químicos, madeira susceptível ao ataque dos cupins e já utilizada como testemunha em ensaios de resistência natural ou produtos preservantes de madeira ou manutenção de colônias do laboratório. As colônias foram alimentadas com seis lâminas, três dias por semana, até que se estabilizassem, antes da montagem do ensaio.

Em ensaios anteriores montados em laboratório com essa espécie de cupins, a umidificação do ninho foi feita com borrifadores de água, aspergindo toda a superfície da terra e do ninho, o que mantinha o ambiente com umidade muito alta, além de estressar a colônia, proporcionando a proliferação de fungos e levando a colônia à morte em um curto período de tempo.

Para manter ninhos em laboratório por um período maior, foi necessária a adaptação de um novo sistema de fornecimento de água para a colônia, ao qual chamou-se “sistema de gotejamento de água” (Foto 4). Em um dos cantos de cada caixas de vidro foram instalados frascos plásticos que gotejavam sobre algodões colocados sobre a terra. O algodão servia para que as gotas de água não deslocassem os grãos da terra, formando um buraco, além de ter a propriedade de absorver a água concentrando-a naquela região.

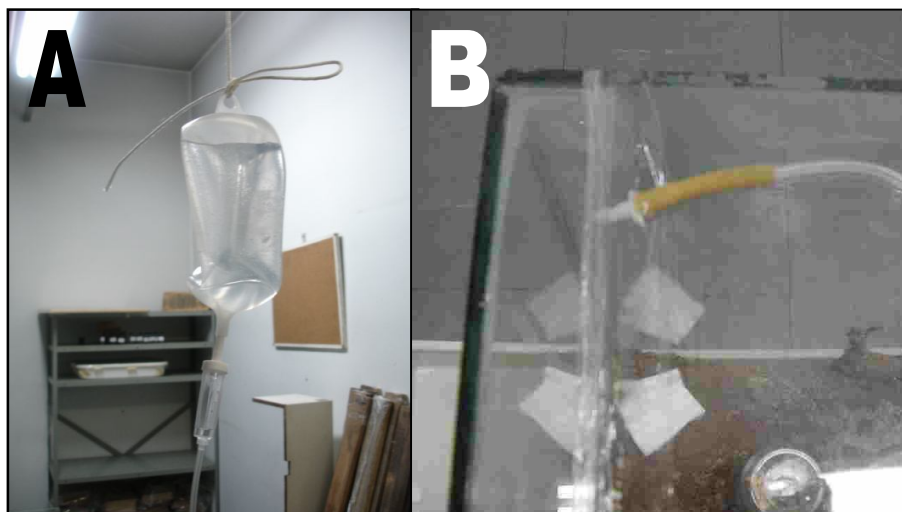


Foto 4 – Sistema de gotejamento de água para ensaios laboratoriais com cupins subterrâneos desenvolvido no IPT. Foto A, água armazenada, e foto B, forma de gotejamento.
Fonte: a autora

A quantidade de água colocada cinco vezes por semana em cada caixa de vidro, foi de 500 ml, que gotejava por aproximadamente 8h. Após esse período o algodão úmido servia de alimento para a colônia. Este sistema de gotejamento foi deslocado semanalmente, para cantos alternados das caixas de vidro, obtendo-se uma melhor irrigação e evitando que a terra ficasse completamente seca em um dos lados.

A caixa permaneceu coberta com papel celofane na superfície para evitar a entrada de invasores, como aranhas que poderiam preda os cupins, além de manter a umidade interna mais estável.

Este espaço fechado manteve as condições climáticas mais próximas àquelas em que o ninho foi encontrado, em um espaço pequeno, com pouca movimentação de ar e umidade constante. Após um período de três semanas, observando-se a atividade dos cupins, o ensaio foi montado.

A luz da câmara climatizada onde estavam os ninhos foi mantida apagada e só era acessa quando necessária a entrada no local para avaliação ou manutenção dos ensaios.

Os resultados do primeiro ensaio foram analisados e um segundo ensaio foi montado, com um segundo ninho, uma vez que o primeiro ninho já não tinha atividade suficiente para realizar outro ensaio. Este segundo ninho foi coletado dois meses antes da montagem do segundo ensaio.

O segundo ninho foi nomeado como ninho B e media aproximadamente 50 cm de comprimento por 30 cm de profundidade e 30 cm de largura. Este último ninho não pôde ser removido por inteiro do local onde foi encontrado, sendo que uma pequena parte, mais externa, foi quebrada. O ninho B foi acondicionado e mantido sob as mesmas condições de temperatura e umidade que o ninho A.

3.4.2 Montagem dos ensaios

Uma nova caixa de vidro foi colocada próxima àquela que continha o ninho, de tamanho aproximado e preparada da mesma forma, com areia e terra esterilizadas, colocadas no fundo e apoiada em blocos de cimento, sobre uma bandeja com água.

Uma peça de PVC em forma de tubo, com seção transversal de 3x2cm e 28 cm de comprimento, foi colocada entre as duas caixas, ligando o topo da primeira ao topo da segunda, de modo que os insetos conseguissem passar de uma caixa para outra. Uma ripa de *Pinus* sp, de dimensões 1 x 1 x 40 cm, foi colocada da terra ao tubo de PVC para que a colônia encontrasse rapidamente esta “ponte” que ligava as duas caixas de vidro.

O alimento fornecido na caixa 1, que continha o ninho, passou a ser fornecido na caixa 2 após a observação da passagem dos insetos para esta caixa. Foi instalado o mesmo sistema de gotejamento de água na caixa 2.

Frascos de vidro com altura aproximadamente de 11 cm e 6,5 cm de diâmetro foram colocados na caixa 2, com a abertura para baixo, 24 horas após a constatação da atividade dos cupins. Os frascos foram montados com uma lâmina de *Pinus* de 7 cm de altura, 3 cm de largura e 0,10 cm de espessura, colada com fita crepe no fundo, e areia das granulometrias a serem ensaiadas (amostras 1, 2 e 3), formando uma camada de aproximadamente 6 cm de espessura, e fechadas com fita crepe (Foto 5). A

lâmina de pinus foi colada de tal maneira a evitar que ficasse no meio da areia formando uma passagem para os cupins e invalidando o resultado do ensaio.



Foto 5 - Frascos de vidro com areia, lâmina de Pinus, e fita crepe, fotografados durante a montagem (A) e durante a realização do ensaio (B).

Fonte: da autora

A fita-crepe e a lâmina de pinus, colada no fundo, serviram para melhor avaliar a área de atuação dos insetos, permitindo a observação das barreiras que eles encontraram e quais destas foram penetradas.

A areia colocada nos frascos não foi compactada. Após a colocação os frascos foram lacrados com fita crepe e virados com a abertura para baixo. Aproximadamente 220 cm³ de areia foram colocados em cada frasco, que tiveram a areia levemente assentada, cuidando-se para que este procedimento fosse feito exatamente da mesma maneira para todas as amostras.

Os três intervalos granulométricos de areia e a testemunha foram ensaiados, com seis repetições cada. As repetições foram identificadas com letras de A a F, totalizando vinte e quatro experimentos, colocados aleatoriamente na caixa 2, com o lado contendo a fita crepe voltado para baixo, apoiado sobre a terra (Foto 6).



Foto 6 - Exposição dos frascos à colônia de cupins da espécie *Coptotermes gestroi* em laboratório.

Fonte: a autora

Os indivíduos da colônia encontraram os frascos quando foram em busca de alimento. Lâminas de pinus, de 20 cm de comprimento, 6 cm de largura e 0,30 cm de espessura, foram colocadas nos quatro cantos da caixa de vidro, somente uma vez por semana, para estimular a busca por alimento.

O tempo de duração deste ensaio foi de 30 dias. Este período é normalmente utilizado em laboratório para realização de ensaios com cupins subterrâneos, sendo suficiente para que os insetos encontrem as testemunhas do ensaio assim como as amostras ensaiadas. O ensaio foi montado em 28/11/06 e desmontado em 26/12/06. Durante este período foram observados os frascos atacados onde os cupins conseguiram atravessar a barreira de areia e se alimentar da lâmina de pinus (Foto 7). Na Planilha de Acompanhamento de Ensaio, representada no Quadro 1, foram registrados os ataques às amostras.



Foto 7 – Barreira de areia atravessada no frasco durante a realização do ensaio.

Fonte: a autora

Após a desmontagem do ensaio foi possível observar sinais de túneis nos frascos não atacados, onde a barreira não havia sido completamente atravessada. Esta profundidade foi medida com auxílio de uma régua.

No primeiro ensaio foram testados os intervalos granulométricos entre 1,70 mm a 2,40 mm, descritos na literatura consultada como sendo eficientes na prevenção da passagem de cupins do gênero *Coptotermes*. Após a avaliação deste ensaio, e análise dos resultados, foi montado um segundo ensaio, para testar os intervalos granulométricos imediatamente inferior (1,40 mm a 1,70 mm) e superior (2,40 mm a 2,80 mm), na tentativa de ampliar o intervalo eficiente na prevenção da passagem destes cupins. Ressalta-se que o segundo ensaio foi continuidade do primeiro ensaio, e as amostras 4 e 5 foram testadas no segundo ensaio por consequência da avaliação do primeiro ensaio.

O segundo ensaio, que foi montado em 11/01/08 e desmontado em 11/02/08, contemplou as amostras 4 e 5, assim como a testemunha. Este ensaio foi montado exatamente igual ao primeiro ensaio, porém o ninho utilizado no primeiro ensaio havia

permanecido muito tempo no laboratório e não possuía mais a necessária intensidade de atividade. Após 30 dias da montagem e finalização do ensaio, tanto a testemunha como as outras amostras não haviam sido atacadas, pois a atividade dos cupins estava muito baixa. Foi necessária então, a repetição deste ensaio com uma nova colônia.

A areia cuja composição granulométrica é correspondente ao intervalo 0,5 mm a 1,00 mm, de fácil manipulação pelos cupins, foi utilizada como testemunha.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão são apresentados a seguir, iniciando-se pela comparação entre os comprimentos dos corpos de operários das quatro colônias de *C. gestroi*, seguida pela comparação entre as médias das medidas de *C. gestroi* e *C. formosanus*, a composição das areias, e por fim o ensaio em laboratório.

4.1 Análise de variância entre os comprimentos dos corpos de operários das quatro colônias de *C. gestroi*

As medidas morfológicas dos operários analisados de *C. gestroi* estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Medida do comprimento dos operários de *Copetotermes gestroi* (mm)

Indivíduos	Colônias			
	A	B	C	D
1	4,0	4,4	4,4	4,9
2	4,3	3,8	4,6	4,9
3	4,4	4,3	4,6	4,8
4	4,4	4,1	4,5	4,4
5	4,4	4,1	4,2	4,5
6	4,1	4,5	4,1	4,5
7	4,5	4,2	4,1	4,6
8	4,2	4,6	4,2	4,8
9	4,3	4,1	4,5	4,8
10	4,8	4,4	4,6	4,5
Média	4,3	4,2	4,4	4,7

Fonte: Elaborado pela autora

A média dos comprimentos dos operários de *C. gestroi* das colônias A, B, C e D foram respectivamente: 4,3 mm, 4,2 mm, 4,4 mm e 4,7 mm, resultando em uma média

geral de 4,4 mm. A menor medida verificada foi em operários da colônia B com 3,8 mm e a maior medida foi de 4,9 mm em operários da colônia D.

Com o objetivo de se comparar as médias dos comprimentos dos corpos dos operários foi aplicado a análise de variância, com $\alpha = 5\%$, que resultou em um valor de $F = 7,131$ e uma probabilidade de significância igual a 0,0007. Portanto, pelo menos um par de médias difere entre si. O teste de Tukey indicou que a média da colônia D difere significativamente das demais como indicado na Tabela 3. Por outro lado, as médias das colônias A, B e C não diferiram significativamente entre si.

Tabela 3 – Resultado do teste de comparação múltipla de Tukey.

	A	B	C	D
A		=	=	≠
B			=	≠
C				≠
D				

= não significante ≠ significante

Fonte: Elaborado pela autora

Apesar da colônia D ter se mostrado significativamente diferente das outras com relação ao comprimento dos cupins, observa-se na Tabela 1, que existe uma sobreposição dos comprimentos entre as colônias A e D. Na colônia A, que foi ensaiada, o comprimento variou entre 4,0 mm a 4,8 mm, e comparada à variação do comprimento dos cupins da colônia D, entre 4,4 mm a 4,9 mm, apresenta uma nítida sobreposição.

Portanto, mesmo que esta colônia não tenha sido ensaiada, os resultados obtidos na colônia A poderiam ser extrapolados para esta, tendo em vista a sobreposição dos comprimentos. Observa-se ainda, que o maior comprimento medido

na colônia D, de 4,9 mm, é apenas 2% acima do que o maior comprimento medido na colônia A, de 4,8 mm.

4.2 Comparação entre os comprimentos de *C. gestroi* e *C. formosanus*

As médias dos comprimentos dos corpos de *C. gestroi* foram comparadas às de *C. formosanus* descritas por Su et al. (1991).

Para o *C. formosanus*, as médias dos corpos dos operários, de quatro colônias de cupins submetidas a ensaios de penetração em areia, foram 3,9 mm, 4,2 mm, 4,1 mm, e 5,7 mm, resultando em uma média geral de 4,5 mm.

A Figura 1 mostra o gráfico comparativo entre as médias gerais dos comprimentos dos operários de *C. gestroi* obtidas nesta pesquisa e de *C. formosanus*. (SU et al., 1991).

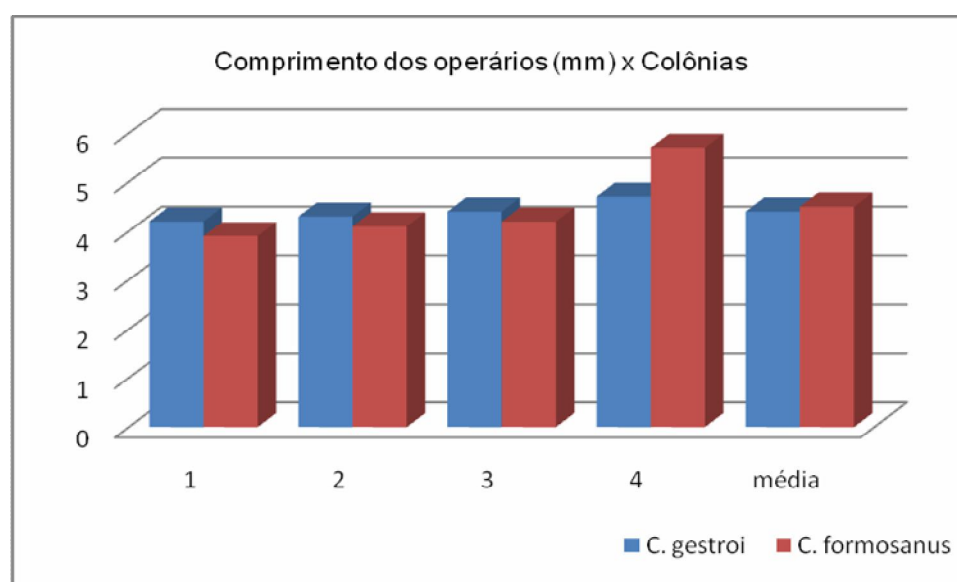


Figura 1 – Comparação entre as médias gerais dos comprimentos dos corpos de operários de quatro colônias das espécies, *Copetotermes gestroi* e *Coptotermes formosanus*.

Fonte: Su et al. (1991); elaboração da autora.

As médias gerais dos comprimentos dos operários de *C. gestroi* e *C. formosanus* são bem próximas, 4,4 mm e 4,5 mm respectivamente, porém o intervalo de variação é menor na espécie *C. gestroi*. Para *C. formosanus*, as médias do comprimento dos operários nas colônias analisadas variaram entre 3,90 mm e 5,70 mm, enquanto para o *C. gestroi* esta variação foi de 4,20 mm a 4,70 mm.

Para a espécie *C. formosanus*, a maior variação do comprimento dos operários pode sugerir a utilização de um intervalo granulométrico menor, uma vez que os operários menores poderão ter mais facilidade para se deslocar, ou atravessar, barreiras com partículas de tamanho imediatamente superior ao do intervalo eficiente (1,70 mm a 2,40 mm). Por outro lado, operários maiores poderão ser capazes de movimentar grãos imediatamente menores do que aqueles do intervalo eficiente.

Desta maneira, pode-se considerar uma possível ampliação no intervalo granulométrico referido, indicado na literatura como eficiente na prevenção da passagem de *C. formosanus*, que poderá ser utilizado com eficiência também no caso de *C. gestroi*.

4.3 Composição granulométricas das areias

A composição granulométrica aproximada das areias comercializadas atualmente no município de São Paulo, encontra-se na Tabela 4.

Tabela 4 - Composição granulométrica aproximada de areias comerciais no município de São Paulo.

Fração da Areia	Tamanho das partículas (mm)	Composição granulométrica (%)
Refugo da areia 100	0,25 - 0,35	32,0
	0,17 - 0,25	2,4
	0,08 - 0,17	65,6
Areia 100	0,25 - 0,35	15,2
	0,17 - 0,25	48,0
	0,08 - 0,17	36,8
Areia 30	0,68 - 1,00	48,0
	0,50 - 0,68	52,0
Areia 16	2,00 - 2,38	11,0
	1,68 - 2,00	25,0
	1,41 - 1,68	20,0
	1,00 - 1,41	44,0
Pedrisco	> 2,83	48,0
	2,38 - 2,83	40,0
	2,00 - 2,38	10,0
	1,68 - 2,00	1,0
	< 1,68	1,0
Areia Fina	0,50 - 0,71	1,6
	0,35 - 0,50	5,6
	0,25 - 0,35	16,0
	0,17 - 0,25	38,4
	0,08 - 0,17	38,4
Areia Média	> 1,68	2,0
	1,68 - 1,41	6,0
	1,00 - 1,41	6,0
	0,71 - 1,00	12,0
	0,50 - 0,71	20,0
	0,35 - 0,50	22,0
	0,25 - 0,35	12,0
	0,17 - 0,25	8,0
	0,08 - 0,17	12,0

Fonte: Elaborado pela autora

Das sete frações de areia analisadas, as areias fina e média encontradas em estabelecimentos que comercializam materiais de construção, e as areias 100 e seu

refugo, do LMCC, possuem os grãos de menor dimensão: a areia fina, com grãos variando entre 0,08 mm a 0,71 mm, a areia média com grãos entre variando 0,08 mm a 2,00 mm, e as areias 100 e seu refugo, com grãos variando entre 0,08 mm a 0,35 mm, em proporções diferentes.

A areia 30 é composta por grãos que variam entre 0,50 mm a 1,00 mm, a areia 16, pelo intervalo entre 1,00 mm a 2,38 mm, e o pedrisco, por uma pequena porcentagem de grãos entre 1,41 mm a 2,38 mm e 88% de grãos maiores que 2,38 mm.

O refugo da areia 100, uma porcentagem da areia 16 e uma porcentagem do pedrisco, foram utilizados para compor as amostras 1, 2, 3, 4 e 5 ensaiadas em laboratório. As porcentagens que foram utilizadas da areia 16 e do pedrisco para compor os intervalos granulométricos desejados para realização do ensaio estão indicados na Tabela 3. As demais frações de areia não foram utilizadas.

Os intervalos granulométricos testados, assim como os códigos recebidos para a realização do ensaio, encontram-se na Tabela 5.

Tabela 5 – Distribuição granulométrica das amostras ensaiadas.

Código recebido	Intervalo granulométrico
Amostra 1	2,00 mm até 2,38 mm
Amostra 2	1,68 mm até 2,00 mm
Amostra 3	menor que 0,35 mm
Amostra 4	1,41 mm até 1,68 mm
Amostra 5	2,38 mm até 2,83 mm
Testemunha	0,5 mm até 1,0 mm

Fonte: Elaborado pela autora

Para compor a amostra 1, com intervalo granulométrico de 2,00 mm a 2,38 mm, foi utilizada 11% da areia 16 e 10% do pedrisco.

A amostra 2, compreendeu o intervalo granulométrico entre 1,68 mm e 2,00 mm, além de 20% da Areia 16 e 1% do Pedrisco.

Para a obtenção da amostra 3, poderia ser utilizada também a areia 100 (100%). Esta, assim como o seu refugo (100%), atendem ao intervalo para compor aquela amostra, porém como o refugo da areia 100 é descartado pelo Laboratório de Areias do IPT, optou-se pela sua utilização.

A Areia 30 (100%) foi utilizada como testemunha nos dois ensaios codificada respectivamente como T1 no primeiro ensaio e T2 no segundo ensaio.

Na composição da amostra 4 cujo intervalo granulométrico corresponde aos grãos entre 1,40 mm a 1,70 mm, foi utilizada somente 20% da areia 16. Para a amostra 5, cujo intervalo granulométrico corresponde aos grãos entre 2,40 mm a 2,80 mm, foi utilizada somente uma porcentagem do pedrisco (40%).

4.4 Ensaios em laboratório

O acompanhamento dos ensaios foi registrado em planilhas, conforme mostrado nos Quadros 1 e 2, contendo o resultado dos ataques dos cupins nos corpos-de-prova de pinus.

Amostras	Repetições					
	A	B	C	D	E	F
1	N	N	N	N	N	N
2	N	N	N	N	N	N
3	A 01.12.07	A 30.11.07	A 30.11.07	A 30.11.07	A 30.11.07	A 29.11.07
T1	A 11.12.07	A 06.12.07	A 06.12.07	A 08.12.07	A 04.12.07	A 05.12.07

Quadro 1 - Planilha de acompanhamento do primeiro ensaio, instalado em 28.11.2006.

Fonte: Elaborado pela autora

Nota: N – não atacada

A – atacada; data do ataque

No primeiro ensaio, o frasco 3F, cuja composição granulométrica está indicada na Tabela 4, foi o primeiro em que a barreira de areia foi completamente atravessada pelos cupins e a lâmina de pinus ao topo, destruída. Isto foi observado um dia após a montagem do ensaio.

No segundo dia, os cupins conseguiram atravessar as barreiras dos frascos: 3B, 3C, 3D e 3E. A barreira do frasco 3A foi a seguinte a ser atravessada, tendo sido observado o ataque ao corpo de prova no terceiro dia após a montagem do ensaio. No quinto dia após a montagem do ensaio, o frasco testemunha T1E teve a barreira atravessada; seguida da barreira do frasco T1F no sexto dia; T1B e T1C, ambas no sétimo dia; T1D no nono dia; e T1A no décimo dia.

As barreiras dos frascos com as amostras 1 e 2 não foram atravessadas, não tendo sido observado ataque de cupins nos corpos de prova de pinus. Porém todas as fitas-crepe foram destruídas, indicando que os cupins forragearam por toda a área onde se encontravam os frascos.

O fato dos cupins terem atravessado inicialmente, as barreiras dos frascos da amostra 3, antes da testemunha, pode estar relacionado com a utilização da areia de granulometria semelhante àquela colocada no fundo da caixa de vidro, composta por grãos menores em relação à testemunha e, conseqüentemente, mais leves e fáceis de serem movimentados pelos cupins.

As barreiras dos frascos da amostra 3 foram compostas por uma porcentagem do refugo da Areia 100. Poderiam ter sido realizados testes com areias de granulometrias inferiores a esta da amostra 3, na tentativa de se obter uma granulometria tão pequena que os cupins não teriam condições de atravessar. No entanto, este aspecto não é considerado comercialmente importante no que se refere a este material, uma vez que o refugo daquela areia é composto por areia de grãos mais finos encontrados comercialmente e mesmo assim não foram eficientes na prevenção da passagem dos cupins.

Após a análise dos resultados do primeiro ensaio, cujas barreiras de areia com intervalos granulométricos entre 1,70 mm a 2,40 mm não foram atravessadas, montou-

se o segundo ensaio na tentativa da ampliação deste intervalo. Os resultados desses ensaios são apresentados no Quadro 2.

Amostras	Repetições					
	A	B	C	D	E	F
4	N	N	N	N	N	N
5	A 28.01.08	A 15.01.08	A 17.01.08	A 21.01.08	A 14.01.08	A 14.01.08
T2	A 14.01.08	A 14.01.08	A 14.01.08	A 14.01.08	A 14.01.08	A 14.01.08

Quadro 2 - Planilha de acompanhamento do segundo ensaio, instalado em 11.01.2008.

Fonte: Elaborado pela autora

Três dias após a montagem do segundo ensaio de laboratório, todas as barreiras dos frascos da testemunha T2 já haviam sido atravessadas, assim aquelas dos frascos em duas repetições da amostra 5, quais sejam, 5E e 5F. No quarto dia após a montagem, a barreira do frasco 5B foi atravessada, seguida pela do frasco 5C no sexto dia, 5D no décimo dia e 5A no décimo sétimo dia.

Ao final do período de trinta dias o ensaio foi finalizado, sem que as barreiras dos frascos da amostra 4 tivessem sido atravessadas; somente a fita-crepe foi destruída pelos cupins.

A escassez de alimento e a alternância do local onde este foi colocado podem ter sido os fatores que auxiliaram os cupins a encontrar todos os frascos rapidamente.

O fato dos cupins terem gasto mais tempo para conseguir atacar o corpo de prova da última repetição da amostra 5, pode estar relacionado com o grau de dificuldade encontrado pelos insetos em atravessar a barreira.

Foi possível observar que os cupins da colônia B conseguiram passar entre os grãos de areia da amostra 5, porém, não conseguiram movimentá-los. A passagem dos insetos se deu nos espaços formados entre os grãos.

É importante considerar que, quanto maior o tamanho dos grãos da areia, maior a probabilidade da formação de espaços maiores. Como a barreira da amostra 5 continha grãos maiores, isto, provavelmente, proporcionou espaço suficiente para a passagem dos insetos.

A dificuldade encontrada pelos cupins em atravessar a barreira de areia de cada repetição da amostra 5 pode estar relacionada com a compactação da areia em cada repetição. Apesar dos cuidados tomados durante a montagem do ensaio, pode ter ocorrido pequenas variações na compactação que aumentou o grau de dificuldade para que os cupins pudessem atravessar as barreiras.

Na barreira preparada para a amostra 5, os grãos apresentavam dimensões entre 2,38 mm a 2,83 mm, que possibilitou a formação de espaços de tamanho suficiente para a passagem dos cupins da espécie *C. gestroi*. Portanto, o intervalo granulométrico da barreira dessa amostra mostrou-se inadequado na prevenção do ataque de cupins. No entanto, pode-se considerar aquele intervalo, desde que utilizado com maior compactação, e assegurando a sua não movimentação quando utilizado. Alternativamente, pode ser usado em conjunto com outro intervalo granulométrico menor, em proporções que tenham sido previamente estudadas para esta espécie.

As barreiras das amostras 1, 2 e 4, que não foram atravessadas, foram preparadas da mesma maneira que aquelas da amostra 5 e das demais amostras e testemunhas ensaiadas, isto é, sem compactação, exceto, pela chamada “compactação natural”. Pode-se inferir então, que o grau de compactação “natural” das barreiras dessas amostras tenha sido tal que não permitiu formação de espaços que possibilitassem a passagem dos cupins.

A Tabela 5 mostra a extensão dos sinais de túneis observados nos frascos onde os cupins não conseguiram atravessar a barreira e, conseqüentemente não ocorreu ataque às lâminas de madeira. Essas profundidades estariam associadas às tentativas em atravessar a barreira.

Tabela 6 - Profundidade alcançada pela colônia de cupins nos frascos ensaiados onde a barreira de areia não foi completamente atravessada (cm).

Repetições	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 4
A	1,3	0,8	0,9
B	0,5	0,9	0,5
C	0,9	0,6	0,6
D	0,9	0,5	1,0
E	0,6	1,2	0,5
F	1,2	0,7	0,8
Média	0,9	0,8	0,7

Fonte: Elaborado pela autora

A menor profundidade de alcançada pelos cupins foi de 0,5 cm e a maior, 1,3 cm. A média das profundidades na amostra 1 foi 0,9 cm; para a amostra 2, foi 0,8 cm e para a amostra 4, foi 0,7 cm. Os valores encontrados para as colônias de *C. formosanus* testadas por Su et al. (1991), com os mesmos intervalos granulométricos de areia, foram 0,1 cm a 0,8 cm.

Deve-se considerar, no presente estudo, que pode ter ocorrido o deslocamento de terra, abaixo dos frascos, provocados pelos próprios indivíduos da colônia, que pode ter facilitado a entrada dos cupins nos frascos. Isto pode significar que as profundidades alcançadas nos frascos pelos insetos da colônia de *C. gestroi*, se refiram à movimentação da camada inferior de terra, deslocando, conseqüentemente, uma parte da areia, o que permitiu a entrada dos cupins nos frascos e não, o deslocamento direto da areia pelos insetos.

5 CONCLUSÕES

Os ensaios laboratoriais realizados demonstraram que determinadas porcentagens da Areia 16 (56%) e do Pedrisco (11%), que representam parte das areias processadas no Laboratório de Materiais de Construção Civil do IPT, podem ser utilizadas na prevenção da passagem de cupins subterrâneos, da espécie *Coptotermes gestroi*.

As médias dos comprimentos dos corpos dos operários calculadas para as quatro colônias de *C. gestroi* apresentaram menor variação do que as médias das quatro colônias de *Coptotermes formosanus* descritas por Su et al.(1991).

Assim, o intervalo granulométrico eficiente para a formação da barreira para prevenir a passagem de *C. formosanus*, que foi de 1,70 mm - 2,40 mm, mostrou-se também eficiente para *C. gestroi*.

A ampliação desse intervalo para 1,40 mm - 2,40 mm foi eficiente para a formação de barreiras visando prevenir a passagem dos cupins da espécie *C. gestroi*, durante o período estudado em ensaios de laboratório, com diferentes granulometrias de areia. Conclui-se portanto, que o intervalo granulométrico eficiente na prevenção da passagem do *C. gestroi* é mais amplo do que aquele utilizado para impedir a passagem de *C. formosanus*.

Tendo sido constatado qual o intervalo granulométrico eficiente na prevenção da passagem do *C. gestroi*, recomenda-se então a realização de trabalho de campo para que diferentes formas de aplicação da barreira física de areia possam ser testadas. Além disto, recomenda-se a avaliação da eficácia da barreira em suas interfaces, areia e solo e areia com alvenaria.

Recomenda-se ainda que, futuramente seja feita a determinação do comprimento dos corpos dos insetos, da espécie *C. gestroi*, analisando a variação do seu tamanho, para avaliar o potencial de aplicação da técnica estudada.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. M.; RIBEIRO-COSTA, C. S.; MARINONE, L. **Manual de Coleta, Conservação, Montagem e Identificação de Insetos**. Ribeirão Preto: Holos, 1998.
- AMARAL, R. D. A. M. **Diagnóstico da ocorrência de cupins xilófagos em árvores urbanas do bairro de Higienópolis, na cidade de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- CONSTANTINO, R. **Chave Ilustrada para Identificação dos Gêneros de Cupins (Insecta:Isoptera) que Ocorrem no Brasil**. São Paulo: Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo, 1999.
- CONSTANTINO, R. **Introdução ao Estudo dos Cupins**. Publicações on-line. Disponível em <<http://www.unb.br/ib/zoo/docente/constant/cupins/cupins.htm>>. Acesso em: 12 jan. 2009.
- COSTA, A. D. C. **Ação de Isolados de Fungos Sobre Cupins Xilófagos Nasutitermes globiceps (Holmgren)**. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeira) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- COSTA-LEONARDO, A.M. **Cupins-Praga: morfologia, biologia e controle**. Rio Claro, UNESP, 2002.
- CREFFIELD, J. W. **Wood-destroying Insects: Wood Borers and Termites**. 2. ed. Australia: CSIRO Publishing, 1996.
- EBERLING, W.; PENCE, R.J. Relation of particle size of the penetration of subterranean termites through barriers of sand or cinders. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.50, p.690-692, 1957.
- FOREST AND WOOD PRODUCTS RESEARCH AND DEVELOPMENT CORPORATION. **Termit Risk Management**. Australia: Australian Government, 2005.
- FRENCH, J. R. J. Combining Physical Barriers, Bait and Dust Toxicans in Future Strategies for Subterranean Termite Control (isoptera). **Sociobiology**, Chico, v.24, n.1, p.77- 91, 1994.
- GEROZISIS, J.; HADLINGTON, P. **Urban pest management in Australia**. Australia: UNSW Press, 1995
- HICKIN, Norman E. **Termites: a world problem**. London: Hutchinson of London, 1971. 232p.

LELIS, A. T.; BRAZOLIN, S.; FERNANDES, J. L. G.; LOPEZ, G. A. C.; MONTEIRO, M. B. B.; ZENID, G. **Biodeterioração de madeiras em Edificações**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 2001. (IPT nº 2686)

LENZ, M.; RUNKO, S. Protection of buildings, other structures and materials in ground contact from attack by subterranean termites (Isoptera) with a physical barrier - a fine mesh of high grade stainless steel. **Sociobiology**, Chico, v.24 n.1, p.1-16, 1994.

LEWIS, V. R. **Alternative Control Strategies for Termites**. Berkeley, California: University of California, 1999. (Ref. 94720)

MARTIUS, C. Perspectivas do Controle Biológico de Cupins (Insecta, Isoptera). **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v.41, n.2-4, p.179-194, 1998.

PALLASKE, M.; IGARASHI, A. **Glass splinters as physical barriers**: optimized material properties in use with and without insecticidal pretreatment minimizes environmental contamination. Japan: International Research Group on Wood Preservation, 1991. 14p. (IRGWP/1476)

PEARCE, M. J. **Termites**: biology and pest management. London, UK: CAB International, 2000.

ROMAGNANO, L. F. T. **Instrumentos de gestão ambiental integrada**: diretrizes para o controle de cupins subterrâneos em ambientes construídos. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2004.

SU, N. Y.; SCHEFFRAHN, R.H.; BAN, P.M. Uniform size particle barrier: A Physical exclusion device against subterranean termites (Isoptera, Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.84, n.3, p.912-916, 1991.

SU, N. Y.; SCHEFFRAHN, R. H. Penetration of sized-particle barriers by field population of subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.85, n.6, p.2275-2278, 1992.

TAMASHIRO M.; SU, N. Y. Biology and control of the formosan subterranean termite. In: INTERNACIONAL SYMPOSIUM ON THE FORMOSAN SUBTERRANEAN TERMITE MEETING OF THE PACIFIC BRANCH ENTOMOLOGICAL SOCIETY OF AMERICA, 67., 1985, Honolulu, Hawaii. **Proceedings...** Honolulu: Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human Resources, 1986.

ZORZENON, F. J.; POTENZA, M. R. **Cupins**: pragas em áreas urbanas. São Paulo: Instituto Biológico, 1998. (IB. Boletim Técnico, 10).

ANEXO

Certificado de Material de Referência N° 1 557-103 – Areia Normal para ensaio
de cimento – NBR 7214/82