

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

***Cornitermes cumulans* KOLLAR, 1832 (ISOPTERA: TERMITIDAE):
PREFERÊNCIA A DIFERENTES SUBSTRATOS E AVALIAÇÃO DE
DANOS EM PLANTAS DE EUCALIPTO**

PATRÍCIA DA SILVA LEITÃO-LIMA

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Proteção de Plantas).

BOTUCATU - SP
Novembro – 2005

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
CAMPUS DE BOTUCATU

***Cornitermes cumulans* KOLLAR, 1832 (ISOPTERA: TERMITIDAE):
PREFERÊNCIA A DIFERENTES SUBSTRATOS E AVALIAÇÃO DE
DANOS EM PLANTAS DE EUCALIPTO.**

PATRÍCIA DA SILVA LEITÃO-LIMA

Orientador: Prof. Dr. Carlos Frederico Wilcken

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agronômicas da UNESP - Campus de
Botucatu, para obtenção do título de Doutor
em Agronomia (Proteção de Plantas).

BOTUCATU - SP
Novembro - 2005

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E
TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO
UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Leitão-Lima, Patrícia da Silva, 1973-
L533c Cornitermes cumulans Kollar, 1832 (*Isoptera:termitidae*):
preferência a diferentes substratos e avaliação de danos
em plantas de Eucalipto / Patrícia da Silva Leitão-Lima.-
Botucatu : [s.n.], 2005.
iv, 67 f. : il. color., gráfs, tabs.

Tese (Doutorado)-Universidade Estadual Paulista, Facul-
dade de Ciências Agronômicas, Botucatu, 2005
Orientador: Carlos Frederico Wilcken
Inclui bibliografia

1. Termite. 2. Eucalipto. 3. Animais-Alimentos. 4. Subs-
tratos. 5. Eucalipto - Mudas. I. Wilcken, Carlos Frede-
rico. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de
Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciên-
cias Agronômicas. III. Título.

*Aos meus pais Raimundo e Maria das Graças Leitão, pelo amor,
Em especial ao meu irmão André Leitão.*

OFEREÇO

*Ao meu marido Eduardo do Valle Lima, pelo companheirismo e incentivo em
todos os momentos.*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. Carlos Frederico Wilcken pela orientação tanto no mestrado como no doutorado;
- Ao meu marido Prof. Dr. Eduardo do Valle Lima, pelo apoio emocional e também pela valiosa contribuição profissional como Engenheiro Agrônomo;
- A Bióloga MSc. Daniela Cristina Firmino, pela amizade e pela ajuda na coleta dos dados do experimento;
- Ao amigo Engenheiro Florestal MSc. Cassiano Orlato, pela solicitação, escolha e transporte das mudas de eucalipto;
- Aos amigos Elza Alves, Marcelo Corrêa, Pedro Henrique Corrêa, Juliano Corulli Corrêa, Regina Corulli Corrêa e Livia Gushi Corrêa, pelo carinho;
- Aos meus amigos do Curso de Pós-graduação Fernanda Bueno, Nádia Cristina de Oliveira e Meiry, pelo convívio;
- Aos funcionários do Departamento de Produção Vegetal (setor de Defesa Fitossanitária) José Martins Dias (Seu Zé) e Nivaldo Lúcio da Costa, pela colaboração nas coletas dos ninhos no campo;
- A pesquisadora Pós-doutoranda do Laboratório de Síntese de Produtos Naturais da UFSCar, Luciane Gomes Batista-Pereira, pela realização da Técnica de Eletroantenografia;

- Ao Prof. Dr. Carlos Alberto Matos da UNESP/Itapeva, pela contribuição nas análises estatísticas;
- Ao meu tio Luciano Lima da Silva pela execução das ilustrações para determinação dos danos de cupins em mudas de eucalipto;
- A CAPES pela concessão da bolsa de estudos;
- A empresa florestal Votorantim Celulose e Papel S/A pela doação dos substratos e das mudas de eucalipto;
- A empresa florestal Aracruz Celulose S/A pela doação do substrato para produção de mudas de eucalipto;
- A todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização desta tese.

AGRADECIMENTO ESPECIAL (*In memorian*)

- Ao amigo José Carlos dos Santos (Zé Preto) pelo auxílio na confecção das “arenas” para manutenção dos cupins e incentivo na execução do experimento. Apesar dele não estar presente no momento da defesa de tese, estará sempre nas minhas recordações.

SUMÁRIO

	Página
1 RESUMO.....	01
2 SUMMARY.....	03
3 INTRODUÇÃO.....	05
4 REVISÃO DE LITERATURA.....	08
4.1 Hábitos alimentares de cupins.....	08
4.2 Forrageamento de cupins subterrâneos.....	10
4.3 Danos de cupins subterrâneos em espécies florestais.....	14
4.4 Características do sistema radicular do eucalipto.....	16
5 MATERIAL E MÉTODOS.....	19
5.1 Preferência alimentar de <i>Cornitermes cumulans</i> em condições de laboratório.....	20
5.2. Preferência alimentar de <i>Cornitermes cumulans</i> em condições de semicampo.....	23
5.3. Resposta das antenas de operárias de <i>Cornitermes cumulans</i> pela técnica de eletroantenografia (EAG).....	25
5.4 Determinação dos danos de <i>Cornitermes cumulans</i> em mudas de eucalipto.....	27
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
6.1 Preferência alimentar de <i>C. cumulans</i> em condição de laboratório.....	30
6.2 Preferência alimentar de <i>C. cumulans</i> em condição de semicampo.....	42
6.3 Resposta de operárias de <i>C. cumulans</i> pela técnica de eletroantenografia (EAG).....	48
6.4 Determinação dos danos de <i>C. cumulans</i> em mudas de eucalipto.....	50
7 CONCLUSÕES.....	57
8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

1. RESUMO

A preferência de *Cornitermes cumulans* a diferentes substratos foi avaliada em condições de laboratório e em túnel plástico. No laboratório, foram preparados ninhos artificiais, com estrutura de plástico, contendo 300 operários, 50 ninfas e 50 soldados. Cada ninho foi colocado em uma arena, na qual foram oferecidos aleatoriamente os materiais testados, acondicionados em tubos de vidro. Os substratos foram oferecidos por período de 30 dias e, ao final, foi medido o volume carregado. Os tratamentos dos sete experimentos foram: 1 (bagaço de cana, serragem de *Pinus*, papelão ondulado, Multiplant, folhas secas de *Brachiaria brizantha*, feno de *Cynodon* sp. e vermiculita); 2 (esfagno, Plantmax estaca, Plantmax sementes, VCP 60%, Multiplant e vermiculita); 3 (esfagno, VCP 60%, VCP 20%, casca de arroz carbonizada e vermiculita); 4 (bagaço de cana, esfagno, VCP 60%, VCP 20%, Plantmax estaca, feno e vermiculita); 5 (esfagno, casca de arroz, vermiculita, VCP 60% e raízes do clone de eucalipto); 6 (Aracruz, Multiplant, Plantmax estaca, VCP 60%, VCP 20% e vermiculita). 7 (bagaço de cana, *Cynodon*, Plantmax estaca, esfagno, raízes de eucalipto, raízes de eucalipto + substrato VCP20% e vermiculita). Em túnel plástico, 10 colônias inteiras foram mantidas em vasos de 30 L, conectadas com as arenas com 20 mL de cada material. Os tratamentos foram os mesmos

realizados no laboratório. O delineamento experimental, nas duas condições, foi o de blocos ao acaso com 10 repetições com 7 tratamentos nos experimentos 1, 4 e 7; 6 nos experimentos 2 e 6; 5 nos experimentos 3 e 5. A determinação dos danos de cupins, foi com a utilização de 10 colônias de cupins, cada colônia mantida em vasos de 30 L foi conectada a 4 mudas de eucalipto, outras 4 mudas não foram conectadas às colônias de cupins (testemunhas). As avaliações dos danos foram aos 15, 30, 60 e 90 dias após o transplante, se determinou a matéria seca da parte aérea e da raiz, altura, área foliar, bem como comprimento, superfície, volume e diâmetro das raízes de eucalipto. O delineamento foi inteiramente casualizado em parcelas subdivididas, com dez repetições. Pela técnica de eletroantenografia (EAG), testou-se os materiais: VCP 60%, esfagno, casca de arroz, vermiculita, e raízes de eucalipto. Fez-se a aeração de cada material separadamente e também a dessorção com os solventes hexano e depois éter. Efetuou-se também a aeração do recipiente vazio usada como testemunha. Os resultados foram submetidos à análise de variância, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). O bagaço de cana-de-açúcar, feno de *Cynodon* sp. e raiz foram os materiais mais preferidos e a casca de arroz o menos atrativo aos cupins no laboratório e a semicampo. Pela EAG, constatou-se maior estímulo dos operários aos extratos de raízes de eucalipto e ao substrato VCP 60 %. Operários de *C. cumulans* foram atraídos pelas raízes vivas de eucalipto. O ataque desses insetos, ao longo do tempo, ocasionou a redução do desenvolvimento das plantas.

PALAVRAS-CHAVE: cupim, eucalipto, hábitos alimentares, substratos florestais, mudas florestais

Cornitermes cumulans KOLLAR, 1832 (ISOPTERA: TERMITIDAE): PREFERENCE TO DIFFERENT SUBSTRATES AND DAMAGE ASSESSMENT IN EUCALYPTUS PLANTS. Botucatu, 2005. 67 p. Thesis (Doutorado em Agronomia / Proteção de Plantas) - Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: PATRÍCIA DA SILVA LEITÃO-LIMA

Adviser: CARLOS FREDERICO WILCKEN

2. SUMMARY

The preference of *Cornitermes cumulans* was evaluated in the laboratory and in a plastic tunnel in Botucatu, SP, Brazil. In laboratory, 300 workers, 50 nymphs, and 50 soldiers were maintained in arenas containing holes to fit glass vials filled with 7 mL of each treatment. The final volume was measured after 30 days. The treatments in the seven experiments consisted of: 1 (sugarcane bagasse, *Pinus* sawdust, corrugated cardboard, Multiplant, dry *Brachiaria brizantha* and *Cynodon* leaves, and vermiculite). 2 (sphagnum, Plantmax cuttings, Plantmax seeds, VCP 60%, Multiplant, and vermiculite). 3 (sphagnum, VCP 60%, VCP 20%, carbonized rice hulls, and vermiculite). 4 (sugarcane bagasse, sphagnum, VCP 60%, VCP 20%, Plantmax cutting, *Cynodon*, and vermiculite). 5 (sphagnum, rice hulls, vermiculite, VCP 60%, and roots of the VR 3748 clone). 6 (Aracruz, Multiplant, Plantmax cutting, VCP 60%, VCP 20%, and vermiculite). 7 (sugarcane bagasse, *Cynodon*, Plantmax cutting, sphagnum, eucalyptus roots, eucalyptus roots + VCP20% substrate, and vermiculite). In a plastic tunnel, 10 whole colonies were maintained in 30 L pots, connected with arenas containing 20 mL of each material. Treatments were the same as used in the laboratory. In both conditions, a random block experimental design was used, with 10 replicates, and 7 treatments in experiments 1, 4, and 7; 6 treatments in experiments 2 and 6; and 5 treatments in experiments 3 and 5. Termite damage was determined by using ten termite colonies; each colony, maintained in 30 L pots, was connected to four eucalyptus seedlings; another four seedlings were not connected to the termite colonies (control). Damage evaluations

were done at 15, 30, 60, and 90 days after transplanting, with determinations for epigeal and root dry matter, height, leaf area, as well as eucalyptus root length, surface, volume, and diameter. The experimental design was completely randomized, with split plots and ten replicates. The following materials were tested, using the electroantennography technique (EAG): VCP 60%, sphagnum, rice hulls, vermiculite, and eucalyptus roots. Each material was aerated separately and submitted to desorption with solvents (hexane and then ether). The empty containers used as controls were aerated as well. The results were submitted to analysis of variance and the means were compared by Tukey test ($P < 0.05$). The sugarcane bagasse, *Cynodon*, and root were the most preferred materials, while rice hulls were the least attractive to termites in the laboratory and under semifield conditions. From the EAG, greater stimulation of workers to the eucalyptus root and VCP 60 % substrate extracts were verified. *Cornitermes cumulans* is attracted to live eucalyptus roots. Attack by these insects with time causes a reduction in plant development.

KEYWORDS: termite, eucalyptus, feeding habits, forest substrates, forest seedlings

3. INTRODUÇÃO

No setor florestal, há escassez de literatura científica a respeito dos danos causados pelos térmitas às espécies florestais, sendo o conhecimento desta informação imprescindível para respaldar uma possível medida de controle. Neste contexto, é importante ressaltar que a maioria dos novos plantios de eucalipto é feita em áreas onde anteriormente existiam pastagens em processo de degradação, havendo ocorrência predominante das espécies *Heterotermes tenuis* (Isoptera: Rhinotermitidae) e *Cornitermes cumulans* (Isoptera: Termitidae). Entretanto, a distribuição de cupins geralmente ocorre de forma agregada e provavelmente nem todas as áreas necessitam de controle, o qual é feito atualmente em área total (WILCKEN et al., 2002). Portanto, técnicas de monitoramento são importantes para localização e quantificação dos focos de cupins, evitando-se assim, aplicações desnecessárias em área total, reduzindo o uso indiscriminado de inseticidas químicos. A técnica mais utilizada é a distribuição sistemática de iscas de papelão ondulado na área a ser plantada (WILCKEN et al., 2001).

O interesse em estudar a preferência alimentar de cupins surgiu de observações feitas no campo em plantios de eucalipto e nos monitoramentos de cupins realizados com iscas de papelão ondulado, onde se constata com frequência os danos causados por *C. cumulans* nas mudas, mas, esse inseto é proporcionalmente pouco capturado nas iscas em relação

à *H. tenuis*. Dessa forma, verificou-se a necessidade do conhecimento dos materiais mais atrativos a *Cornitermes* sp. para desenvolver iscas mais efetivas nos monitoramentos desses cupins no campo.

Os insetos da Ordem Isoptera, vulgarmente conhecidos como térmitas ou cupins, têm grande importância na ciclagem de nutrientes (MAULDIN, 1986). O estudo dos cupins é voltado principalmente aos danos que eles causam, em produtos de madeira seca, tais como móveis, materiais de construção e papéis. Todavia, há diferentes espécies que utilizam tecidos vegetais vivos consumindo, partes vitais das plantas, como brotações, sementes e o sistema radicular (SANTOS et al., 1996).

Em florestas naturais, as árvores são geralmente tolerantes ao ataque dos cupins, em função da maior diversidade vegetal disponível neste ecossistema. Entretanto, em florestas plantadas, onde há o plantio de uma única espécie florestal em extensas áreas, o ataque de cupins pode ocorrer da muda recém-plantada até árvores adultas, ocasionando destruição do sistema radicular, morte das mudas ou perda da qualidade da madeira, sendo um fator limitante ao estabelecimento de reflorestamentos em diversas regiões (BERTI FILHO, 1993). Considera-se que o custo de controle de cupins com cupinídeos químicos em plantios de eucalipto atinja 5% do custo total de implantação da floresta (ANJOS, 2004).

Os cupins são considerados pragas florestais tanto nos viveiros florestais quanto nos plantios comerciais, sendo o eucalipto a espécie florestal mais atacada por esses insetos no Brasil. O dano principal causado em mudas é a destruição do sistema radicular, chamado de descorticamento do “pião”, ou anelamento da muda na região do colo, o que geralmente leva as mudas à morte (WILCKEN & RAETANO, 1995).

Os hábitos alimentares e danos provocados por *C. cumulans* (Isoptera: Termitidae) em viveiros florestais ou em mudas no campo são pouco conhecidos, apesar de serem citados nos levantamentos de pragas em diversas culturas como, por exemplo, atacando plantações de cana-de-açúcar, milho, arroz, café, amendoim, eucalipto e em pastagem (CANCELLO, 1989).

O período de maior suscetibilidade de mudas de *Eucalyptus grandis* ao descorticamento de raízes pelo cupim *Cornitermes* sp. ocorreu entre os 34 e 76 dias após o plantio. Aos 15 dias foi encontrado um número pequeno de plantas mortas devido ao ataque dos

cupins (1,84%). No entanto, aos 34 dias a infestação pelos cupins teve um aumento expressivo (10,52% de plantas mortas), ocorrendo dano máximo aos 76 dias, com 17,92% de plantas mortas (WILCKEN, 1992).

Um outro questionamento a ser respondido se refere aos diferentes materiais utilizados na composição de substratos para produção de mudas, os quais poderiam potencializar o ataque de cupins às raízes de eucalipto.

Diante do exposto, o presente trabalho teve como objetivos avaliar a preferência de *C. cumulans* a diferentes materiais por meio de testes de múltipla escolha e da resposta olfativa dos operários pela técnica de eletroantenografia e quantificar os danos dessa espécie em mudas de eucalipto.

4. REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Hábitos alimentares de cupins

Em florestas naturais, muitas espécies de cupins podem se alimentar de casca de diversas espécies arbóreas nativas, mas as árvores são tolerantes a esta alimentação. Porém, quando a área for convertida em plantio, a nova cultura plantada provavelmente se tornará objeto de vários tipos de atividades termíticas, pois durante o preparo do solo, a vegetação é retirada e queimada, o que elimina a cobertura vegetal da superfície do solo (serapilheira). Os cupins que atacam madeira não dependem das árvores de um plantio como sua única fonte de alimento, pois sua associação com árvores vivas é um tanto sazonal, embora possa resultar em considerável mortalidade de árvores (BERTI FILHO, 1995).

O alimento coletado pelos operários, tanto para o seu uso, como para as castas dependentes, é a energia básica da colônia, consistindo de material vegetal e de outros materiais vivos ou mortos, parcial ou totalmente decompostos. A natureza e a subsequente decomposição do alimento têm grande importância na relação dos cupins do solo, pois suas atividades alimentares, transformando o alimento para a digestão, afetam o ciclo da matéria orgânica e dos nutrientes do solo. A concentração de alimento e de produtos residuais da

digestão na colônia influencia a disponibilidade de matéria orgânica e de nutrientes no ecossistema (BERTI FILHO, 1993).

A alimentação dos cupins pode ser influenciada pelos simbiossiontes intestinais, uma vez que diferentes espécies e, até mesmo, diferentes colônias apresentam bactérias e protozoários distintos (COSTA-LEONARDO, 1997). Quando o alimento é desfavorável, os protozoários simbiossiontes podem ser perdidos, levando os cupins à inanição (Mauldin et al., 1981).

A escassez de pesquisas sobre os hábitos alimentares dos cupins de montículo da Família Termitidae, gênero *Cornitermes* gera questionamentos a respeito da preferência ou não destes cupins as raízes das mudas de eucalipto, pois, segundo Silveira Neto (1976) os cupins de montículo danificam diretamente as raízes das plantas. Para Macedo (1995) estes insetos alimentam-se basicamente de material vegetal morto que forrageiam por meio de galerias subterrâneas, pois raramente são encontrados atacando tecidos vivos da planta.

C. cumulans é uma espécie humívora, pois concentra grandes quantidades de matéria orgânica em suas câmaras de celulose (Nogueira, 1981). Canello (1989) afirma que estes cupins alimentam-se de capins e ervas vivas ou mortas. Os capins são cortados em pequenos pedaços e levados para o ninho. Em testes de laboratório sobre a preferência alimentar desta espécie, observou-se que os operários coletaram mais capim morto do que vivo e quando foram oferecidas apenas raízes ou folhas mortas, elas preferiram as últimas (NOGUEIRA, 1981).

Em testes de preferência de *C. cumulans* em laboratório verificou-se que os alimentos preferidos para esta espécie foram: toletes de cana-de-açúcar, sementes de *Brachiaria* sp., sementes de milho secas ou germinadas e folhas secas de grama (FERNANDES & ALVES, 1992). Fernandes et al. (1998) conduziram testes em laboratório para determinar a preferência alimentar de *C. cumulans* e *C. snyderi*, onde foram testados 25 tipos de materiais, utilizando-se seis colônias de cada espécie. Os materiais mais preferidos foram àqueles mais ricos em celulose. O bagacilho seco de cana-de-açúcar foi o material preferido por ambas às espécies.

Colônias de *C. cumulans* e *C. snyderi* foram mantidas em baldes plásticos de 20 L sob condições ambientais de laboratório, ligados à arena de testes de múltipla escolha, contendo pedaços de colmos de sete variedades de cana-de-açúcar. *C. cumulans* apresentou preferência pelas variedades RB76-5418, SP71-6163 e SP79-1011, enquanto que a variedade RB72-454 foi a menos preferida. A espécie *C. snyderi* apresentou menor preferência pelas

variedades RB72-454 e SP71-6163, enquanto NA56-79 e RB76-5418 foram as mais preferidas (SANTOS et al., 1996).

Fragmentos de colônias de *C. cumulans* mantidas em laboratório, utilizando-se também arena para testes de múltipla escolha, no período de 30 dias, a vermiculita foi o material mais preferido em relação ao esfagno e substrato da empresa Votorantim Celulose e Papel (VCP) (LEITÃO-LIMA & WILCKEN, 2003).

Em teste de atratividade de *H. tenuis* a diferentes materiais em condições de laboratório, no período de sete dias, utilizou um dispositivo plástico composto de uma placa central de 6 cm de diâmetro e quatro ramificações. Essas ramificações eram compostas de potes plásticos de 6 cm de diâmetro com tampa telada ligadas à placa central por tubos de 8 cm de comprimento e 1 cm de diâmetro. Foram testados os seguintes materiais: papelão ondulado, papel sulfite, papel jornal, papel higiênico, colmo de milho e colmo de cana maduro. *H. tenuis* foi mais atraído pelo papelão ondulado do que pelos demais materiais (ALMEIDA, 1994).

4. 2 Forrageamento de cupins subterrâneos

Os cupins subterrâneos forrageiam abaixo e, algumas vezes, acima do solo para buscar o alimento, material celulósico (JONES, 1988). O forrageamento ou procura de alimento por esses cupins é influenciado por fatores endógenos e exógenos (DELAPLANE et al., 1991) e, às vezes, por interações entre esses fatores (WALLER, 1991).

Os fatores endógenos estão associados com a própria colônia de cupim como: tamanho e idade da colônia, status reprodutor, proporção de castas e pela alimentação prévia dos cupins (COSTA-LEONARDO, 1997). Colônias maduras podem dispendir mais energia e dispor de forrageadores para longas viagens ao encontro do alimento. Isso não acontece em colônias incipientes com pequeno número de operários (WALLER, 1991). Para Waller et al. (1987) as colônias parecem ter consumo alimentar maior durante os ciclos de produção de alados.

As taxas alimentares são afetadas pelas proporções de castas, uma vez que os soldados dependem dos operários para alimentá-los. Os autores estudaram, em condições de

laboratório, a manutenção do número de soldados de uma colônia de *Coptotermes formosanus* (Isoptera: Rhinotermitidae), e verificaram que, em períodos de falta de alimento, os soldados que estavam junto dos operários, também sem alimento, foram devorados para manutenção da colônia (SU & LA FAGE, 1987).

Os fatores exógenos ou ambientais influenciam a escolha do alimento pelos cupins subterrâneos e podem ser bióticos e abióticos Costa-Leonardo (1997). Entre os fatores bióticos se destaca a presença de competidores, que parece ser responsável pela abundância na dispersão dos ninhos em montículos (POMEROY, 1989). A presença de predadores é outro fator, pois a maioria dos predadores é oportunista e predam alados (WOOD, 1978).

As espécies subterrâneas de cupins respondem positivamente aos teores de umidade do solo e geralmente são mais ativas no forrageamento durante os períodos úmidos. A temperatura influencia o consumo de alimento, a sobrevivência e a longevidade dos forrageadores. Os cupins do gênero *Reticulitermes* consomem mais madeira a 30 °C do que a 25 °C, embora, na temperatura de 30 °C, as taxas de fixação de nitrogênio e de sobrevivência sejam menores (WALLER, 1991). Variações estacionais no forrageamento foram observadas por Jones et al. (1987) que constataram maior atividade de operários de *Heterotermes* nos meses de verão.

A atividade dos cupins é sazonal, para os cupins da espécie *Heterotermes indicola* a umidade relativa exerce uma grande influencia sobre estes insetos, demonstrando que nos meses onde a temperatura é mais elevada, com maior média de precipitação pluviométrica, a atividade desses insetos também se tornou mais elevada (AHMAD et al., 1982). Durante o período em que a precipitação pluviométrica é maior, o número de *H. tenuis* que visitam as iscas aumenta, em decorrência da maior quantidade de indivíduos que estão forrageando mais próximo da superfície, na época seca, a população de *H. tenuis* permanece no ninho no subsolo, buscando alimento nas raízes de plantas vivas, por causa da umidade ou em matéria orgânica úmida, mantida nessa região do solo (ALMEIDA, 1998).

As características do solo, como proporção de areia, argila e sedimentos também influenciam o comportamento de forrageamento, a capacidade dos cupins em construir galerias e a própria estabilidade das construções. A distribuição das espécies que fazem ninhos na forma de montículos é mais afetada pelo tipo de solo do que as espécies subterrâneas, que são menos influenciadas por apresentarem um sistema de galerias mais

desenvolvido em solos mais bem estruturados do que em solos compactados, com alto teor de argila (LEE & WOOD, 1971).

Existe maior frequência de espécies subterrâneas prejudiciais à agricultura em solo arenoso (FORTI & ANDRADE, 1995). Greaves & Florence (1966) afirmam que em solos arenosos, não compactados, os cupins não fazem galerias e ficam confinados nas proximidades das raízes das árvores. Harris (1966) não encontrou cupins subterrâneos em solos totalmente arenosos do Congo, mas encontrou o cupim *Psamotermes hybostoma* em regiões arenosas do Saara.

Foi demonstrado forrageamento aleatório em *Heterotermes aureus* (JONES et al., 1987) e em *C. formosanus*, com igual probabilidade de os dois cupins invadirem regiões novas e regiões já usadas previamente pela colônia. No entanto, Su (1991) observou que *C. formosanus* tende a concentrar sua atividade de forrageamento em um determinado alvo particular, resultando em intenso dano ao objeto escolhido. Por outro lado, *Reticulitermes* sp. tende a distribuir seu ataque a muitos alvos com menor intensidade.

Os cupins pertencentes ao gênero *Syntermes* forrageiam a céu aberto, na superfície do solo. Dos olheiros, momentaneamente desobstruídos e bem vigiados pelos soldados, saem colunas de operários. Gramíneas vivas ou mortas, folheto e até mesmo pequenas plantas são cortadas em fragmentos e transportadas pelos operários para o ninho, onde serão armazenadas e posteriormente consumidas. Ao contrário do comportamento de forrageamento de *Syntermes*, *Cornitermes* não forrageiam a céu aberto, mas em sistema de túneis subterrâneos conectados à base do montículo e à proporção hipógea do ninho. É comum encontrar cupins à profundidade de poucos centímetros, em meio ao raizame e rizomas das pastagens (FONTES, 1998).

Os fatores expostos acima podem causar diferenças no forrageamento das diversas espécies e, até mesmos, entre as diferentes colônias de cupins subterrâneos, ficando muitas perguntas sem resposta devido à dificuldade de se estudar o forrageamento dos cupins (COSTA-LEONARDO, 1997).

Para o desenvolvimento de uma estratégia de controle, é importante de estudar, além da biologia e comportamento, a ecologia dos cupins, verificando a sazonalidade e comportamento de ataque à cultura (ALMEIDA, 1998). Almeida & Alves (1995) desenvolveram um tipo de isca artificial registrada como Termitrap® (rolo de papelão ondulado). Esta isca vem

sendo utilizada em monitoramentos, substituindo os levantamentos convencionais de arranquio de soqueiras ou plantio de mudas de cana-de-açúcar como iscas, em estudos comportamentais (distribuição e dimensionamento de colônias no campo) e no controle de cupins (por meio de produtos microbianos e químicos).

Para determinação da área de forrageamento do cupim *H. tenuis* utilizando-se a isca Termitrap® marcada com radioisótopo ^{32}P numa área de cana-de-açúcar, em Piracicaba, SP verificou-se a presença de cupins em apenas 20 % das iscas de monitoramento e 11,3 % estavam marcadas com o radioisótopo. Constatou-se que ocorrem diversas colônias forrageando numa mesma área. O cupim não se orienta numa direção pré-determinada na busca por alimento e a área de forrageamento de *H. tenuis* em cana-de-açúcar pode variar de 3 a 1.250 m², sendo 32 iscas/ha suficientes para estudos dessa espécie em cana-de-açúcar (ALMEIDA et al., 1999).

Campos (1997), ao estudar a atratividade de *H. tenuis* a rolão de milho, fezes frescas e secas de bovino, bagaço de cana-de-açúcar *in natura*, folha de celulose associados às iscas de papelão ondulado (Termitrap ®), em condições de campo, verificou que a isca de papelão ondulado mais os produtos, além de aumentar a atratividade, proporcionou abrigo e proteção aos cupins, uma vez que, uma semana após, parte da colônia estava vivendo nas iscas. Os produtos mais atrativos em ordem decrescente foram: fezes frescas e secas de bovino, rolão de milho, bagaço de cana-de-açúcar *in natura*; bagaço decomposto + papelão picado, bagaço de cana + açúcar refinado, papelão picado e celulose picada (CAMPOS et al., 1998).

Iscas de papelão não têm a mesma eficiência que se verifica nas áreas agrícolas, porque nos solos de reflorestamento ocorrem raízes, cascas, restos de madeira, etc, que são mais atrativos para os cupins (JUNQUEIRA, 1999). Florencio et al. (2001) compararam variações de uma técnica de amostragem de cupins subterrâneos, em três estações do ano, em uma floresta de *Eucalyptus pilularis*, com 11 anos de idade em Anhembi, SP. As iscas foram enterradas a 15 cm e a 50 cm de profundidade, no inverno, na primavera e no verão (200 iscas/estação) e retiradas após 30 e 60 dias. As iscas Termitrap® quando enterradas a 15 cm de profundidade por 60 dias no inverno ou 30 dias na primavera e no verão forneceram uma boa indicação da ocorrência desses insetos e de sua abundância.

4.3. Danos de cupins subterrâneos em espécies florestais

Foram registradas no mundo 19 espécies de eucalipto hospedeiras de diferentes espécies de cupins, com predominância daquelas suscetíveis aos cupins que danificam as raízes de mudas novas (WILCKEN & RAETANO, 1995). Berti Filho (1993) considerou as espécies florestais arbóreas *Eucalyptus citriodora*, *E. grandis*, *E. robusta* e *E. tereticornis* mais suscetíveis ao ataque dos cupins no Brasil. Peres Filho (2002) também considera as espécies citadas anteriormente, como as mais atacadas por cupins, verificando ainda no Mato Grosso, que a espécie *E. camaldulensis* é bastante atacada por esses insetos.

O dano de cupins em florestas plantadas pode ser muito variável, os eucaliptos podem ser afetados desde as mudas plantadas no campo até árvores adultas e maduras, de diferentes maneiras (BERTI FILHO, 1995).

Wilcken et al. (2002) propõem a seguinte divisão de grupos de cupins-praga de florestas implantadas: 1) cupins que atacam mudas desde o plantio até a idade de um ano, conhecidos como cupins das mudas, cupins das raízes ou cupins do colo (Ex: *Syntermes molestus*, *S. insidians*, *C. cumulans*, etc) e 2) Cupins que atacam árvores formadas (com mais de 2 anos), destruindo o interior da árvore, chamados de cupins do cerne (Ex.: *Coptotermes testaceus*, *H. tenuis*) ou da casca. O cupim do cerne penetra pelas raízes das árvores e constrói galerias pelo interior do tronco, destruindo o cerne e deixando as árvores ocas.

As espécies de cupins que danificam o cerne das árvores são um problema sério em alguns países, como Brasil (NOGUEIRA & SOUZA, 1987) e Austrália (NKUNIKA, 1988), sem solução prática em curto prazo. Na região de Uberlândia (MG), foi verificada mortalidade expressiva de árvores de *E. grandis* com 2 anos de idade, em decorrência de ataque de *H. tenuis* associado ao cancro do eucalipto, causado pelo fungo *Cryphonectria cubensis* (RAETANO et al., 1997). Neste caso, os cupins estavam danificando a casca das árvores na região da base do tronco, deixando uma porta de entrada para o fungo. A associação entre cupim e cancro mostrou-se altamente prejudicial para o povoamento de eucalipto.

O ataque primário de cupins é comum em plantios de eucalipto de até um ano de idade, especialmente nos primeiros meses após o plantio, com a raiz apical atacada e descorticada. O ataque secundário pode ocorrer em raízes de mudas mortas por outros agentes, e que ainda permanecem no local do plantio. A seca é uma das causas primárias da morte,

principalmente em solos rasos e pedregosos. Fungos patogênicos às raízes podem ser outra causa primária de morte de plantas jovens que são, em seguida, atacadas pelos cupins (NAIR & VARMA, 1985).

As raízes de mudas de *Eucalyptus* spp. são atacadas por *Anoplotermes pacificus*, *Anoplotermes* spp., *Armitermes euamignathus*, *Armitermes* spp., *Cornitermes cumulans*, *Cornitermes* spp., *Neocapritermes opacus*, *Procornitermes araujoi*, *P. striatus*, *P. triacifer*, *Syntermes insidians* e *S. molestus* (SILVA et al, 1968; HARRIS, 1971; MARICONI, 1981). Dietrich (1989) observou no campo, na região de São Simão, SP, que as espécies dos gêneros *Armitermes*, *Anoplotermes*, *Cornitermes*, *Cylindrotermes*, *Embiratermes*, *Obtusitermes*, *Rhynchotermes* e *Subulitermes* descorticando as mudas de eucalipto.

Os cupins que atacam mudas são as principais pragas que afetam o desenvolvimento inicial do eucalipto nas regiões tropicais e subtropicais (NAIR & VARMA, 1985). Wilcken (1992) encontrou cupins do gênero *Cornitermes* sp. danificando as mudas de eucalipto, no município de Luiz Antônio, SP. Este mesmo gênero foi citado por Dietrich (1989) e Fowler & Forti (1990) como prejudicial às mudas de eucalipto.

Nas mudas que resistem ao ataque pode haver formação de calos que darão origem a novo sistema radicular, logo acima daquele que foi destruído, ou à uma nova parte aérea pela emissão de brotos, nos casos de anelamento na região do colo. Essa capacidade das mudas reagirem ou tolerarem o ataque dos cupins pode não ser considerada satisfatória do ponto de vista econômico, pois as árvores que se originarão terão um sistema radicular superficial, não dando sustentação adequada, ocorrência de tombamentos, ou serão árvores dominadas, devido ao atraso no desenvolvimento inicial (WILCKEN & RAETANO, 1995).

Os poucos registros sobre espécies de cupins presentes em sistemas florestais no Brasil deve-se, em parte, à escassez de metodologias de amostragem de térmitas, daí a importância da adequação de técnicas de amostragem, que permitirá o manejo desses insetos-praga com maior eficiência e menor impacto ambiental (FLORENCIO et al., 2001).

Junqueira (1999) realizou um levantamento de espécies de cupins em quatro áreas de cultivo de *Eucalyptus* em Anhembi, SP, área 1 (*E. saligna*), área 2 (*E. urophylla* x *E. grandis*), área 3 (*E. pilularis*) e área 4 (*E. urophylla*), utilizando iscas de papelão (Termitrap®) para cupins subterrâneos. Na área 3, foram amostrados manualmente indivíduos dos ninhos de

montículos sob a casca das árvores. Na área 1, com 11,08 % de mudas mortas e 4,29 % de iscas com cupins, foram coletados *Embiratermes* sp., *Cornitermes* sp. e *Heterotermes* sp. Na área 2, 9,15 % das mudas morreram e 2,09% das iscas apresentaram cupins, sendo coletados indivíduos da subfamília Apicotermittinae, *C. cumulans* e *H. tenuis*. Na área 3, foram coletados manualmente *C. bequaerti*, *C. cumulans*, *Diversitermes diversimilis* e *H. tenuis* e, nas iscas, *Araujotermes* sp., *D. diversimilis* e *H. tenuis*. A área 4, com tratamento químico das mudas (deltametrina), não apresentou mudas mortas, porém registrou-se a ocorrência de 3,11 % de cupins nas iscas, sendo coletados *C. cumulans*, e *H. tenuis*.

4.4. Características do sistema radicular do eucalipto

Pelo fato do ataque de cupins ser mais expressivo em mudas de eucalipto, nota-se que o estudo de raízes é muito importante para a compreensão dos diversos fenômenos de crescimento e desenvolvimento da parte aérea, mas exige procedimentos extremamente criteriosos, pois, além de ser trabalhoso, o resultado é influenciado pela variabilidade físico-química do solo (VASCONCELOS et al., 2003). A caracterização da distribuição do sistema radicular no perfil do solo é importante para a definição e a tomada de decisões a respeito de importantes práticas de manejo florestal (MELLO, 1997).

O conhecimento das características do sistema radicular das árvores (quantidade, distribuição em profundidade e interação com o solo) principalmente o das raízes finas, é fundamental para a definição e a tomada de decisões sobre práticas de preparo do solo e fertilização (local e época de aplicação). Ao lado destas aplicações práticas, o conhecimento da configuração do sistema radicular é imprescindível como fonte de subsídios para explicar processos ecofisiológicos básicos, principalmente aqueles relacionados com a nutrição mineral e balanço hídrico das árvores (GONÇALVES & MELLO, 2000).

O padrão e a extensão do crescimento do sistema radicular são reflexos do controle genético e das características ambientais, com acentuadas influências das condições edáficas. No entanto, o grau de ramificação, o crescimento e o padrão morfológico dos sistemas radiculares de absorção e sustentação possuem variações inter e intra-específicas

(WITSCHORECK et al., 2003). Essas variações, conforme Caldwell (1979), podem ocorrer em um mesmo ambiente, o que indica forte influência do código genético da árvore.

Para Gonçalves & Mello (2000) a forma e desenvolvimento de cada sistema radicular é único, podendo ser caracterizado quanto ao hábito de enraizamento (direção, distribuição e número de raízes de sustentação) e à intensidade de raízes (forma, distribuição e número de raízes finas, que cumprem funções de absorção). O desenvolvimento inicial, aparentemente, ocorre sob forte controle genético, embora possa ser modificado pelas características do solo, como, densidade, umidade, temperatura, etc., e por condições relacionadas às circunstâncias em que a árvore se encontra: competição entre raízes, disponibilidade de fotoassimilados, densidade de árvores, etc.

As espécies de *Eucalyptus*, quanto ao hábito de crescimento, apresentam sistema radicular do tipo pivotante, cujas características são: raiz central bem definida e desenvolvida, que penetra verticalmente no solo, suas ramificações se distribuem obliquamente em relação à raiz principal. Este tipo de sistema radicular é o mais comum entre as árvores, apresentando grande capacidade de aprofundamento no solo. Solos permeáveis e profundos facilitam a penetração e o aprofundamento deste tipo radicular (GONÇALVES & MELLO, 2000).

Nambiar et al. (1982) sugerem que as características do sistema radicular das mudas podem ser trabalhadas geneticamente no sentido de produzir sistemas radiculares mais tolerantes às adversidades ambientais durante a fase de implantação florestal, aumentando, com isso, as taxas de sobrevivência das mudas.

Segundo Malinovski (1996), a densidade do solo influencia diretamente o crescimento do sistema radicular. Merten & Mielniczuc (1991) afirmam que a melhor distribuição do sistema radicular em solo não compactado está relacionada a maior porosidade e menor impedimento mecânico ao desenvolvimento radicular. Borges (1986), estudando o sistema radicular de *Eucalyptus* spp. em vasos, constatou que a presença de uma camada compactada levou as plantas a acumularem maior quantidade de raízes na camada superficial. Observaram, ainda, que o crescimento de raízes foi menor onde as densidades do solo eram elevadas. Outra explicação para as raízes terem se desenvolvido melhor nas linhas é o fato de a adubação ter sido realizada no sulco de plantio, favorecendo o crescimento radicular nesse local.

O aumento da compactação do solo nos vasos e conseqüente redução do tamanho dos poros, a ponto de impedir a passagem da raiz principal, leva a compensar esse efeito pela expansão de raízes laterais com diâmetros menores, que se proliferam e formam um sistema radicular muito denso e raso (CAMARGO & ALLEONI, 1997). A produção de raízes longas e finas são características desejáveis para aumentar a eficiência de nutrientes de baixa mobilidade no solo (BARBER, 1995).

Os parâmetros mais comumente utilizados para expressar o crescimento e a distribuição de raízes no perfil do solo são: número, peso, área superficial, volume, diâmetro e comprimento. Para a interpretação dos dados de raízes é desejável medir vários parâmetros, correlacionados ou não entre si, pois eles são afetados distintamente pelas características físicas e químicas do solo, complementando-se entre si (GONÇALVES & MELLO, 2000). Segundo esses mesmos autores o peso de raízes é o parâmetro mais usado quando se quer estudar o efeito das condições ambientais sobre o crescimento das raízes. O mais comum é determinar o peso seco de raízes a 60-70 °C até peso constante.

Devido à extrema complexidade da estrutura geométrica de um sistema radicular, aliada à sua plasticidade (habilidade de mudar sua configuração em reação ao ambiente físico, químico e biológico do solo), as ferramentas analíticas e quantitativas para caracterização e interpretação deste sistema são ainda insatisfatórias (ROBINSON, 1996; LYNCH, 1995), fazendo com que novas idéias e abordagens criativas sejam mais importantes que avanços tecnológicos que permitam a obtenção mais detalhada de atributos do sistema radicular (ROBINSON, 1991).

Uma metodologia de análise promissora para a quantificação e interpretação de sistemas radiculares é a análise baseada na topologia radicular (FITTER, 1985, 1987; FITTER et al., 1991). A topologia radicular se refere à maneira na qual segmentos gerados por processos de ramificação estão conectados uns aos outros dentro do sistema radicular. Ao contrário da arquitetura radicular, que se refere ao posicionamento no espaço tridimensional de cada segmento radicular individual, a topologia é estável à deformação ou rotação dos segmentos e pode, portanto, ser medida em sistemas radiculares retirados do solo por escavação (LYNCH, 1995).

5. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado no setor de Defesa Fitossanitária do Departamento de Produção Vegetal da FCA/UNESP, Campus de Botucatu, SP e no Laboratório de Síntese de Produtos Naturais do Departamento de Química da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar).

Nos testes de preferência alimentar, determinação de danos em mudas de eucalipto e respostas de operários a diferentes materiais utilizou-se colônias de *C. cumulans* coletadas aleatoriamente em áreas de pastagens, localizadas nas proximidades do Campus de Botucatu.

A identificação dos soldados de *C. cumulans* foi feita por comparação de espécimes depositados no Museu Entomológico do Departamento de Produção Vegetal - FCA/UNESP.

5.1. Preferência de *Cornitermes cumulans* em condição de laboratório

A escolha da proporção de insetos foi baseada em estudos realizados por Almeida (1994) com *H. tenuis* em laboratório, onde o referido autor utilizou operários e soldados na proporção de 5:1, sendo que os cupins permaneceram vivos durante 10 dias para a realização experimentos com fungos entomopatogênicos.

Procurando simular as mesmas condições de uma colônia no campo, decidiu-se pela inclusão das ninfas, em número de 50. Essa inclusão não foi constatada anteriormente em outros trabalhos de criação de cupins em laboratório. Portanto, para os experimentos de preferência, em laboratório, utilizou-se, por repetição, 300 operários, 50 soldados e 50 ninfas (6:1:1), por período de 30 dias.

Os cupins coletados e separados na proporção preestabelecida foram acondicionados por período de 24 h (para diminuição do estresse), em recipientes plásticos de 9,5 cm de diâmetro e 5 cm de altura de coloração vermelha transparente, contendo no seu interior fragmentos do cupinzeiro, sendo o conjunto cupins + fragmentos do cupinzeiro + recipiente plástico denominado de ninho artificial.

No dia seguinte, o ninho artificial (com aberturas nas bordas para entrada e saída dos insetos) foi colocado, de modo invertido, no centro do sistema de manutenção dos cupins, chamado de arena para teste de múltipla escolha, com gesso no fundo e sobre uma camada fina de solo esterilizado (Figura 1).

Cada arena foi constituída por potes plásticos de 26 cm de diâmetro e 12 cm de altura com furos para o encaixe dos tubos de vidro, de 2 cm de diâmetro e 8 cm de comprimento. No interior de cada tubo de vidro foram colocados os materiais, testados em sete experimentos. Foi padronizado o oferecimento de volume conhecido (7 mL) dos materiais oferecidos. Não foi utilizado peso, pois como eram materiais de composições e texturas muito variadas, a quantidade a ser oferecida aos cupins poderia variar muito, além de dificultar a avaliação do consumo, pois se teria que trabalhar com recipientes de tamanhos diferentes.

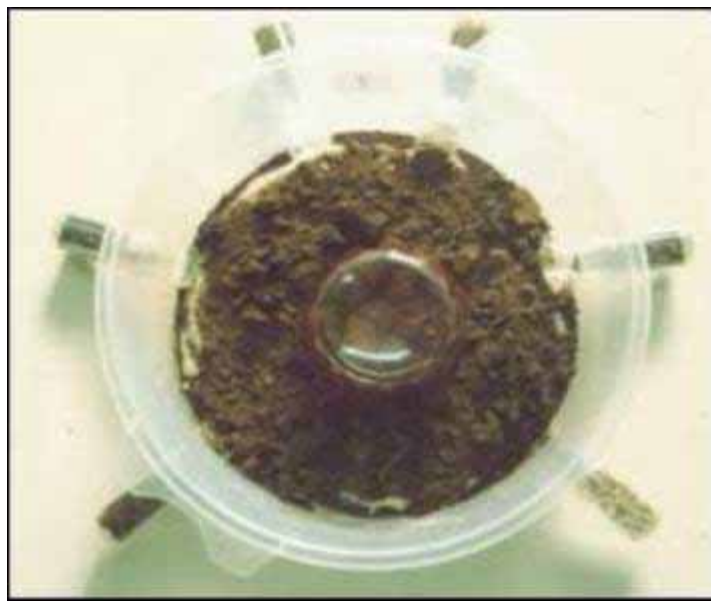


Figura 1. Sistema utilizado para manutenção de *C. cumulans* em condição artificial no laboratório.

Experimento 1: 1) bagaço de cana-de-açúcar; 2) serragem de *Pinus*; 3) papelão ondulado cortado (0,25 x 0,25 cm); 4) substrato comercial para mudas de eucalipto marca Multiplant (60% casca de *Pinus*, 15% vermiculita e 25% húmus e terra vegetal); 5) folhas secas de *Brachiaria brizantha* cortadas; 6) feno de *Cynodon* sp. (cultivar Coastcross) e 7) vermiculita.

Experimento 2: 1) esfagno comercial (marca "sunshine"); 2) substrato comercial marca Plantmax estaca (cascas processadas e enriquecidas, vermiculita expandida, carvão granulado, turfa processada e enriquecida); 3) substrato comercial marca Plantmax sementes (cascas processadas e enriquecidas, vermiculita expandida); 4) substrato usado pela Votorantim Celulose e Papel- VCP 60% (60 % esfagno, 20% casca de arroz carbonizada e 20 % vermiculita); 5) substrato comercial marca Multiplant e 6) vermiculita.

Experimento 3: 1) esfagno; 2) Substrato VCP 60%; 3) Substrato VCP 20% (20% esfagno, 60% casca de arroz carbonizada e 20 % vermiculita); 4) casca de arroz carbonizada e 5) vermiculita.

Experimento 4: 1) bagaço de cana-de-açúcar; 2) esfagno; 3) Substrato VCP 60%; 4) Substrato VCP 20%; 5) Plantmax estaca; 6) Feno de *Cynodon* sp. e 7) vermiculita.

Experimento 5: 1) esfagno; 2) casca de arroz carbonizada; 3) vermiculita; 4) Substrato VCP 60% e 5) raízes frescas de mudas do clone *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* (VR 3748).

Experimento 6: 1) Substrato usado pela Aracruz Celulose (mistura de composto de casca de eucalipto (70%) + vermiculita (30%) + adubo mineral de liberação lenta à base de NPK); 2) Substrato marca Multiplant; 3) Substrato marca Plantmax estaca; 4) Substrato VCP 60%, 5) Substrato VCP 20% e 6) vermiculita.

Experimento 7: 1) bagaço de cana-de-açúcar; 2) Feno de *Cynodon* sp.; 3) Substrato marca Plantmax estaca; 4) esfagno; 5) raízes frescas de mudas clone *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* (VR 3748); 6) raízes de eucalipto (VR 3748) + substrato VCP20% e 7) vermiculita.

As arenas foram colocadas em estantes de aço cobertas por cortinas plásticas de coloração preta, com o objetivo de evitar a entrada de luz, mantidas sob condição de temperatura ambiente (25 ± 2 °C).

No experimento 1, por se tratar do primeiro teste realizado, decidiu-se por materiais mais atrativos à *C. cumulans* citados na literatura, como é o caso do bagaço de cana-de-açúcar e folhas secas de braquiária (FERNANDES & ALVES, 1992; CAMPOS, 1997; CAMPOS et al., 1998; FONTES, 1998; FERNANDES et al., 1998).

O substrato comercial marca Multiplant foi escolhido por ser usado no viveiro florestal da FCA/UNESP. No caso do papelão ondulado, é de conhecimento prático e científico da sua atratividade à espécie *H. tenuis* (ALMEIDA, 1994; ALMEIDA & ALVES, 1995), mas pouco se sabe da preferência ou não desse material por *C. cumulans*, apesar de seu uso no monitoramento dessa espécie de cupim (WILCKEN et al., 2001). A vermiculita foi testada por ser o componente presente em todos os substratos comerciais e de empresas para produção de mudas florestais.

Nos experimentos 2 e 6 foram testados os substratos comerciais e de empresas florestais e seus componentes separadamente. No experimento 4 foram utilizados os

materiais mais preferidos nos experimentos 1, 2 e 3. Os substratos da empresa Votorantim Celulose e Papel (VCP) e seus componentes isolados foram avaliados nos experimentos 3 e 5. No último experimento (experimento 7), avaliou-se os materiais mais preferidos em testes anteriormente realizados.

Nos tratamentos nos quais utilizaram-se raízes de eucalipto, essas foram separadas da parte aérea, lavadas em água corrente e, em seguida, em água destilada, retirando-se todas as partículas de solo e substrato. Logo após foram colocadas em papel toalha para retirar o excesso de água, e imediatamente oferecidas aos cupins.

Salienta-se que, na condição de laboratório, foram utilizados insetos provenientes de colônias e épocas do ano distintas para cada experimento. A duração de cada experimento foi de 30 dias, com observação diária do forrageamento e comportamento de *C. cumulans*, sendo considerado preferido o material mais forrageado ou mais carregado do interior dos tubos de vidro.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com dez repetições e sete tratamentos nos experimentos 1, 4 e 7; seis tratamentos nos experimentos 2 e 6 e cinco tratamentos nos experimentos 3 e 5.

5.2. Preferência de *Cornitermes cumulans* em condição de semicampo

Em áreas de pastagem, no dia 29/04/2003, foram realizados os procedimentos para coleta de dez colônias inteiras de *C. cumulans*, com aproximadamente 20 cm de diâmetro e 30 cm de altura. Para tal, efetuou-se a escavação manual, com enxada, em volta dos ninhos, para facilitar a retirada sem a fragmentação dos mesmos. Posteriormente, cada colônia foi colocada em vasos plásticos de 30 L, com solo esterilizado em autoclave, mantendo-se o conjunto, sob túnel plástico, coberto com tela para sombreamento a 50 %, sendo esta condição chamada de semicampo.

Em cada vaso fez-se um furo, no nível do solo, para encaixe de uma mangueira plástica transparente de 2 cm de diâmetro e 30 cm de comprimento que ligava a

colônia até a arena, onde havia os furos para o encaixe dos tubos de vidro contendo os tratamentos (Figura 2).



Figura 2. Sistema utilizado para manutenção de cupins em túnel plástico, na condição de semicampo: 1- colônia de *C. cumulans*, 2- vaso de 30 L, 3- mangueira plástica e 4 - areia.

Devido à utilização de colônias inteiras, e por essas apresentarem população bem maior que a dos testes em laboratório, o volume de cada material testado a semicampo foi padronizado em 20 mL.

Na condição de semicampo foram utilizados os mesmos tratamentos referentes aos sete experimentos realizados no laboratório (experimentos 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7). O experimento 1 foi iniciado em 30/04/2003, com a duração do teste variando em função da atividade de cada colônia. Cada experimento foi encerrado no momento em que um dos materiais dentro dos tubos de vidro fosse totalmente carregado pelos cupins. Ao término de cada experimento se iniciava imediatamente o subsequente, sendo que a duração total dos sete experimentos foi de três meses (abril a julho). Diferentemente da condição de laboratório, em semicampo, as colônias utilizadas foram às mesmas nos sete experimentos efetuados.

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com dez repetições e sete tratamentos nos experimentos 1, 4 e 7; seis tratamentos nos experimentos 2 e 6 e cinco tratamentos nos experimentos 3 e 5.

5.3 Resposta das antenas de operários de *Cornitermes cumulans* a diferentes materiais pela técnica de eletroantenografia (EAG)

A técnica de eletroantenografia (EAG) foi utilizada com a finalidade de verificar se os materiais mais forrageados e consumidos pelos cupins, tanto nos testes realizados no laboratório como a semicampo, causariam resposta sensorial à *C. cumulans*. Para isso, operários provenientes de ninhos da mesma área de pastagem onde se fez as coletas para os testes de preferência foram acondicionados em potes plásticos contendo fundo de gesso e solo umedecidos. Este conjunto, com os insetos vivos, foi enviado ao Laboratório de Síntese de Produtos Naturais da UFSCar, para a realização do EAG, onde foi avaliada a resposta dos operários por meio da despolarização das antenas, aos extratos dos materiais testados, de acordo com a metodologia descrita por Batista-Pereira et al. (2004) para a espécie *H. tenuis*.

Os materiais testados foram os mesmos empregados no experimento 5 (substrato da VCP60%, esfagno, casca de arroz carbonizada, vermiculita e raízes frescas de eucalipto), ou seja, utilizou-se um substrato composto específico de uma empresa florestal, os materiais fracionados que o compõe e as raízes das mudas do clone híbrido de eucalipto VR 3748.

Para a realização do teste com as antenas (EAG) foi utilizado um eletroantenógrafo marca Syntech. Este aparelho é formado por uma fonte de estímulo, um mecanismo de circulação de ar (com umidificador), um controlador de durabilidade do estímulo e um par de eletrodos de platina, ligados a um amplificador, que transfere as informações recebidas pelo Data Acquisition International Board Type IADC - 02, desenvolvido pela Syntech Laboratories e analisado em software EAG for Windows.

Para a obtenção das respostas eletroantenográficas foram usadas 20 antenas de indivíduos diferentes, sendo recém-retiradas dos insetos para que ainda possuíssem a capacidade de identificar e transformar estímulos químicos em impulsos elétricos. As antenas foram extraídas com pinça e os antenômeros distais e proximais seccionados. A antena foi

colocada entre dois eletrodos, contendo um gel eletrocondutor Spectra 360[®], para melhorar a condutividade elétrica, sendo que a parte apical, ou seja, o antenômero distal, ficou conectado ao eletrodo registrador e o escape ou antenômero proximal no eletrodo neutro. A antena conectada aos eletrodos fecha o circuito, gerando uma diferença de potencial elétrica necessária para a obtenção das respostas eletroantenográficas.

Nesse experimento foram adicionados 10 µL de cada extrato em pequenas tiras de papel filtro e papel impregnado com 10 µL de hexano como controle. Cada papel impregnado com o extrato foi colocado na extremidade de maior diâmetro de uma pipeta Pasteur. A ponta da pipeta foi colocada no orifício presente em um tubo que passa um fluxo constante de ar umidificado, em direção à antena. A outra extremidade da pipeta foi acoplada a uma mangueira de material inerte, conectada a um controlador de fluxo de ar. Esse controlador, quando acionado, permite a emissão de uma corrente de ar com tempo e velocidade controlados. O ar passa pela mangueira, entra na pipeta e transporta o odor até o tubo que conduz, por meio de um fluxo constante de ar, o odor até a antena. Cada estímulo foi apresentado na mesma ordem, com intervalos de 30 segundos.

Cada fonte de odor foi introduzida individualmente em uma câmara de vidro hermeticamente fechada. Na entrada do sistema foi adaptada uma coluna contendo carvão ativado. Esse fluxo de ar, produzido por uma bomba a vácuo, arrastava os voláteis emitidos pela fonte de odor até a extremidade oposta. Os voláteis foram adsorvidos em polímero (Porapak Q). Após um tempo adequado, a linha de vácuo era interrompida e a coluna contendo os voláteis adsorvidos era desconectada do sistema. A dessorção das substâncias coletadas foi feita por meio da extração com hexano e depois com éter. Para o controle foi feita a aeração do recipiente vazio, isto é, sem nenhuma substância extraída, havendo somente a dessorção dos solventes hexano e éter. Cada extrato foi concentrado e armazenado a - 20° C para posterior avaliação.

Os resultados obtidos por eletroantenografia (EAG) foram submetidos à análise de variância, sendo as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

5.4. Determinação dos danos de *Cornitermes cumulans* em mudas de eucalipto

A determinação dos danos de cupins em mudas de eucalipto foi realizada em túnel plástico, coberto com tela para sombreamento a 50 % (condição de semicampo). Em agosto de 2003, foram coletadas dez novas colônias inteiras de *C. cumulans*. Para esta avaliação específica, as colônias foram mantidas em vasos plásticos de 30 L com solo esterilizado em autoclave.

Cada vaso, contendo as colônias, apresentava em sua borda superior, no nível do solo, quatro furos, para o encaixe de quatro mangueiras plásticas de 30 cm de comprimento e 2,5 cm de diâmetro para a conexão com os tubos de PVC, com 30 cm de altura e 20 cm de diâmetro (Figura 3). Para cada tubo de PVC, anterior a implantação desse experimento, transferiu-se aproximadamente 10 L de solo peneirado, classificado como latossolo vermelho distrófico típico, textura média (EMBRAPA, 1999), sendo realizada adubação de 100 ppm de N (uréia), 150 ppm de P (Superfosfato Simples) e 150 ppm de K (Cloreto de Potássio) onde posteriormente foi feito o transplântio de mudas de eucalipto. A base de cada tubo ficou apoiada sobre pratos plásticos que continham pedra britada, para facilitar a drenagem da água.

Em 17/09/2003 foi efetuado o transplântio de uma muda de eucalipto para cada tubo de PVC. O material genético utilizado foi o clone híbrido *Eucalyptus grandis* x *E. urophylla* (VR 3748), obtidas da empresa Votorantim Celulose e Papel, produzidas em substrato contendo 20% esfagno, 60% casca de arroz carbonizada e 20 % vermiculita. Após um período de aproximadamente 15 dias para emissão de novas raízes e adaptação das mudas nos tubos de PVC, efetuou-se a conexão com as mangueiras da base para a superfície do vaso contendo a colônia de *C. cumulans*, como está apresentado na Figura 3.



Figura 3. Vaso plástico com uma colônia inteira de *C. cumulans* conectada às mudas de eucalipto, por meio de mangueiras plásticas, para determinação dos danos aos 15, 30, 60 e 90 dias.

Foram utilizadas dez colônias de *C. cumulans*, sendo cada colônia conectada a 4 tubos de PVC com mudas de eucalipto, totalizando 40 mudas. A testemunha foi composta de outros 4 tubos com muda e que não foram conectados às colônias, totalizando também 40 mudas.

Para as mudas conectadas, em cada colônia, as avaliações dos danos foram realizadas aos 15, 30, 60 e 90 dias após o transplântio, com a retirada da mangueira de conexão a cada tempo estipulado, sendo que, para cada muda de eucalipto analisada quanto aos danos de *C. cumulans*, uma muda da testemunha também foi avaliada. Por exemplo, na primeira avaliação aos 15 dias, em cada colônia, foi desfeita uma conexão com uma muda de eucalipto e permanecendo três conexões referentes aos demais períodos de avaliação.

As determinações efetuadas a cada tempo foram: altura das mudas, considerando a região do colo da planta até a inserção do último par de folhas, peso seco da parte aérea, área foliar e avaliação do sistema radicular.

Para o procedimento de coleta da maior parte possível do sistema radicular, o solo dos tubos de PVC foi colocado sobre peneira de malha fina e lavada em água corrente.

Posteriormente, as raízes foram coletadas de forma manual e, com auxílio de pinça, sofreram enxágüe final com água destilada.

Para cada tratamento, o total de raízes coletadas, por período, foi dividido em duas amostras iguais, ficando metade acondicionada em sacos de papel e a outra em frascos contendo álcool a 30 %, onde foram armazenadas sob refrigeração.

No laboratório, as folhas das plantas de eucalipto foram retiradas dos ramos e colocadas em um digitalizador de imagem (“scanner”). Essas imagens foram processadas no software Image Tool 3.0 (Wilcox et al., 1997), para a determinação da área foliar. Após essas análises, as folhas foram colocadas junto às amostras de parte aérea em sacos de papel. Assim, este material foi seco em estufa a 60 °C, com ventilação forçada, até peso constante para determinação da matéria seca (MS).

Quanto às raízes mantidas sob refrigeração, essas foram secas em papel toalha para determinação do comprimento total (cm.cm^{-3}), da superfície ($\text{cm}^2.\text{cm}^{-3}$), do volume total ($\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$) e do diâmetro médio (cm.cm^{-3}), por meio da digitalização de imagem, utilizando-se um scanner, desenvolvido para esse fim, acoplado a um computador dotado do software WinRhizo, que utiliza como princípio a metodologia proposta por Tennant (1975). Após as análises, as amostras do sistema radicular foram somadas com a metade restante e secas em estufa para determinação da matéria seca (MS), assim como foi feito para a parte aérea.

Para a determinação dos parâmetros altura, MS da parte aérea, MS da raiz, área foliar, comprimento, superfície, volume, diâmetro radiculares foram realizadas análises de variância, seguindo o modelo inteiramente casualizado em parcela subdividida, com dez repetições, sendo as médias comparadas pelo Teste de Tukey ($P < 0,05$). Nas parcelas, foram aplicados quatro tempos de avaliação, aos 15, 30, 60 e 90 dias após o transplante das mudas. As subparcelas foram mudas submetidas e não-submetidas ao ataque de *C. cumulans*.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1. Preferência de *Cornitermes cumulans* a diferentes materiais em condição de laboratório

No experimento 1, o bagaço de cana-de-açúcar foi significativamente o material mais forrageado, ou seja, mais carregado do interior dos tubos de vidro pelos cupins em relação aos demais tratamentos (Tabela 1). No entanto, nos sete primeiros dias de avaliação o bagaço foi pouco visitado pelos cupins, sendo apenas a partir do oitavo dia que aumentou a visitação no interior dos tubos de vidro (Figura 4). Fernandes & Alves (1992), ao avaliar a preferência em três testes de múltipla escolha e três testes de danos às plantas de milho, arroz e cana-de-açúcar, em laboratório, verificaram que toletes de cana-de-açúcar foram bastante danificados por *C. cumulans*.

O tratamento com folhas secas de *B. brizantha* apresentou pouca atratividade aos cupins. É sabido que *C. cumulans*, em ambiente natural, alimenta-se de capim e de ervas vivas ou mortas (CANCELLO,1989). Corroborando a esta afirmação, Fernandes & Alves (1992), avaliando a preferência e os danos dessa espécie de cupins a diferentes materiais, verificaram elevada atratividade por grama seca (folhas) e sementes de *Brachiaria* sp., onde os

operários cortaram as folhas secas em partículas pequenas e utilizaram em mistura com solo nas galerias na própria arena.

O papelão ondulado, no laboratório, foi o material menos visitado por *C. cumulans*, discordando de Almeida & Alves (1995) que testaram diferentes tipos de materiais celulósicos e constataram que o papelão ondulado foi o mais atrativo para os cupins dos gêneros *Cornitermes*, *Syntermes*, *Procornitermes*, *Coptotermes* e *Nasutitermes*. É interessante salientar, que nos monitoramentos de cupins em áreas recém-plantadas com eucalipto, a utilização de iscas de papelão é rotineira e eficaz (WILCKEN et al., 2001), sendo constatada maior presença de *H. tenuis* durante os períodos úmidos, enquanto que em períodos secos praticamente não se verifica a sua ocorrência no interior das iscas. Portanto, relacionando a situação de campo anterior às condições do presente experimento, constatou-se que no laboratório o papelão ondulado foi mantido seco.

Tabela 1- Volume final de diferentes materiais forrageados pelos operários de *C. cumulans* em condição de laboratório. Botucatu, SP, 31/10 a 29/11/2002. (Experimento 1)

Materiais	Volume Final (mL)*
Bagaço de cana-de-açúcar	5,4 b
Serragem de <i>Pinus</i>	6,4 a
Papelão ondulado cortado	6,9 a
Substrato Multiplant	6,6 a
Folhas secas de <i>Brachiaria brizantha</i>	6,9 a
Feno de <i>Cynodon</i> sp.	6,5 a
Vermiculita	6,9 a
C.V.	8,5%

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

* volume inicial: 7 mL

O substrato comercial Multiplant, assim como alguns de seus componentes testados de forma isolada, como no caso da serragem de *Pinus* e da vermiculita, foram pouco carregados pelos cupins, sendo um composto empregado em larga escala para produção de

mudas de espécies florestais. Entretanto, o substrato Multiplant foi o material mais visitado pelos cupins no período do 7º ao 11º dia. Esta maior procura pode ser explicada pelo fato do Multiplant, em relação a todos os materiais testados no experimento 1, possuir maiores teores de umidade e matéria orgânica, fatores estes importantes para a sobrevivência e atividade de cupins. Com a diminuição na procura pelo substrato Multiplant a partir do 12º dia, notou-se aumento no número de indivíduos nos tratamentos serragem de *Pinus* e vermiculita (Figura 4).

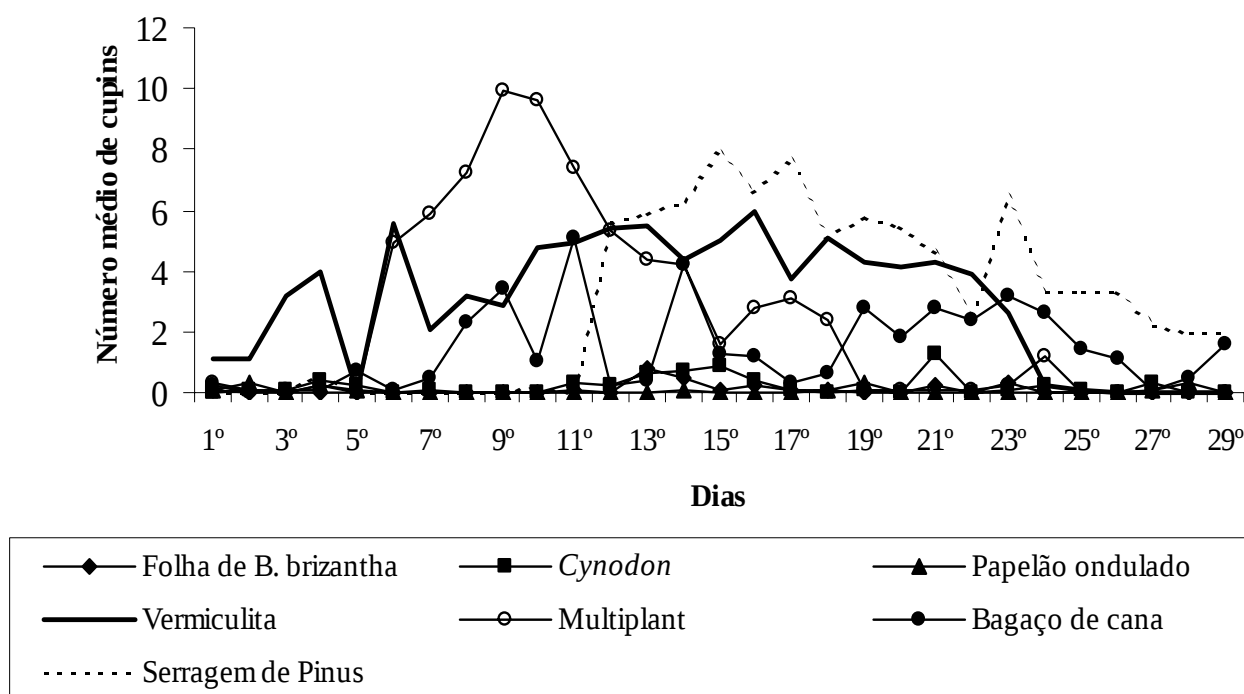


Figura 4- Visitação diária de *Cornitermes cumulans* a diferentes materiais no laboratório. Botucatu-SP, 31/10 a 29/11/2002. (Experimento 1)

Com relação aos substratos e alguns de seus componentes avaliados no experimento 2, a vermiculita e o substrato Plantmax estaca foram significativamente os materiais mais preferidos (Tabela 2). Quanto à visitação, a vermiculita, principalmente a partir do 10º dia, foi o tratamento mais encontrado dentro dos tubos de vidro (Figura 5). Deve-se informar que a vermiculita se constitui como um dos componentes dos substratos Plantmax estaca, Plantmax semente, VCP 60% e Multiplant. Destes, exceto Plantmax estaca, foram estatisticamente pouco preferidos pelos operários de *C. cumulans* quando comparados à vermiculita.

Tabela 2- Volume final de diferentes substratos para mudas de eucalipto forrageados por operários de *C. cumulans* em condição de laboratório. Botucatu, SP, 19/03 a 27/04/2003. (Experimento 2)

Materiais	Volume Final (mL)*
Esfagno	6,7 a
Substrato Plantmax estaca	5,2 b
Substrato Plantmax semente	6,6 a
Substrato VCP 60%	6,7 a
Substrato Multiplant	6,9 a
Vermiculita	4,5 b
C.V.	14,7%

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

* volume inicial: 7 mL

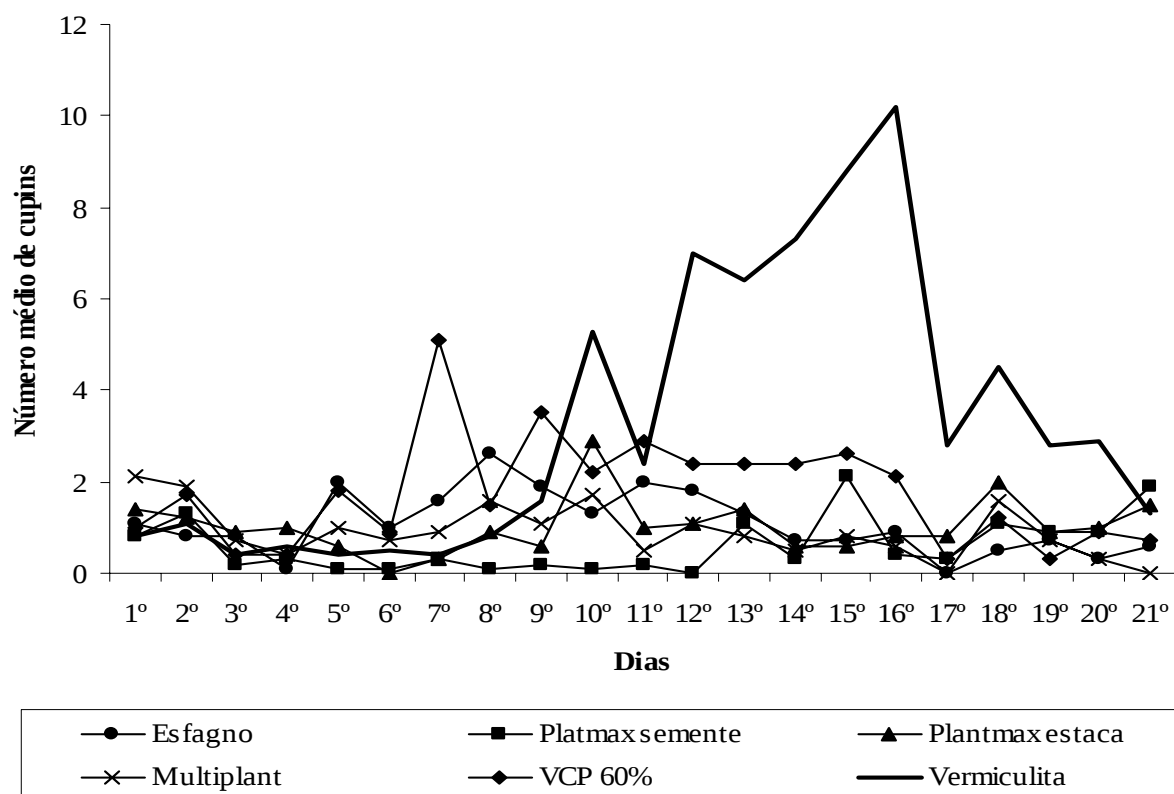


Figura 5- Visitação diária de *Cornitermes cumulans* a diferentes substratos para mudas de eucalipto no laboratório. Botucatu, SP, 19/03 a 27/04/2003. (Experimento 2)

Observou-se que os substratos comerciais Plantmax apresentaram uma atratividade diferenciada, sendo maior estatisticamente o Plantmax estaca em comparação ao Plantmax semente. Essa preferência, provavelmente, se deva à presença de turfa na composição do Plantmax estaca que, de acordo com Resh (1995) e Gonçalves (1995), consiste em vegetação aquática e pantanosa, parcialmente decomposta, com cerca de 70 a 85 % de matéria orgânica e elevada capacidade de retenção de água.

Avaliando o experimento 3 (Tabela 3), em relação aos substratos da empresa VCP e a seus componentes de forma isolada, verificou-se que a vermiculita foi o material mais atrativo aos cupins, diferindo estatisticamente do esfagno, substratos VCP 60%, VCP 20% e casca de arroz carbonizada.

Tabela 3- Volume final de diferentes substratos para mudas de eucalipto forrageados por operários de *C. cumulans* em condição de laboratório. Botucatu, SP, 14/08 a 12/09/2003. (Experimento 3)

Materiais	Volume Final (mL)*
Esfagno	5,6 b
Substrato VCP 60%	6,4 ab
Substrato VCP 20%	5,7 b
Casca de arroz carbonizada	6,9 a
Vermiculita	4,5 c
C.V.	13,9 %

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de teste de Tukey ($P < 0,05$).

* volume inicial: 7 mL

Apesar do substrato VCP20% ter sido mais encontrado nos tubos de vidro que o VCP60%, não se detectou diferença estatística entre os tratamentos, na situação de laboratório. Supôs-se que a diminuição na proporção do componente esfagno e o aumento da proporção da casca de arroz pudesse reduzir a atratividade de *C. cumulans* ao substrato VCP20%, porque a casca de arroz se apresentou como um dos componentes de menor preferência. Mas, o que se verificou foi alta preferência de *C. cumulans* por esse substrato em relação ao VCP 60%. O substrato VCP 20% foi, até o segundo dia, o tratamento mais

procurado, diminuindo a sua visitação e aumentando a procura pela vermiculita a partir do 3º dia (Figura 6).

A vermiculita, além de ter sido o material mais retirado do interior dos tubos de vidro, foi também o mais visitado pelos cupins principalmente do 5º ao 25º dia. A casca de arroz carbonizada isolada foi mais visitada pelos cupins do que o substrato VCP 60%, que possui na sua composição 20% de casca de arroz. O esfagno teve maior visitação nos três primeiros dias do experimento a partir do 4º dia a visitação foi diminuindo (figura 6).

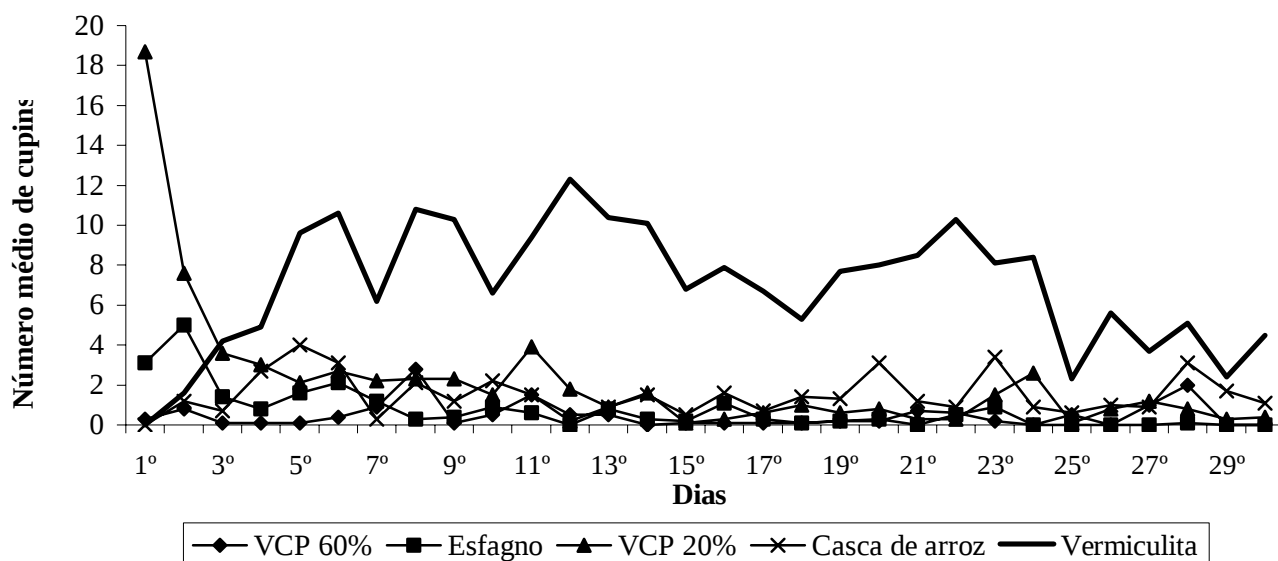


Figura 6- Visitação diária de *Cornitermes cumulans* aos substratos VCP e seus componentes isolados no laboratório. Botucatu, SP, 14/08 a 12/09/2003. (Experimento 3)

No experimento 4, os materiais mais preferidos nos três experimentos anteriores foram oferecidos aos cupins. Verificou-se que os tratamentos testados não diferiram entre si, ocorrendo uniformidade na escolha dos materiais (Tabela 4). Isto pode ser devido, provavelmente, à oferta simultânea de materiais muito atrativos à *C. cumulans*. Foi verificada ainda, baixa atividade na visitação dos operários aos materiais testados em comparação com os resultados dos demais experimentos (Figura 7). Aparentemente não houve concentração na atividade dos operários a um só tipo de fonte alimentar, como ocorreu nos experimentos 1, 2 e 3, onde se observou alta atratividade de bagaço de cana-de-açúcar, Plantmax estaca e vermiculita.

Tabela 4- Volume final de diferentes materiais mais preferidos por operários de *C. cumulans* em condição de laboratório. Botucatu, SP, 20/09 a 13/10/2003. (Experimento 4)

Materiais	Volume Final (mL)*
Bagaço de cana-de-açúcar	6,8 a
Esfagno	6,0 a
Substrato VCP 60%	6,6 a
Substrato VCP 20%	6,3 a
Plantmax estaca	6,0 a
<i>Cynodon</i>	6,2 a
Vermiculita	6,7 a
C.V.	10,8%

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

* volume inicial: 7 mL

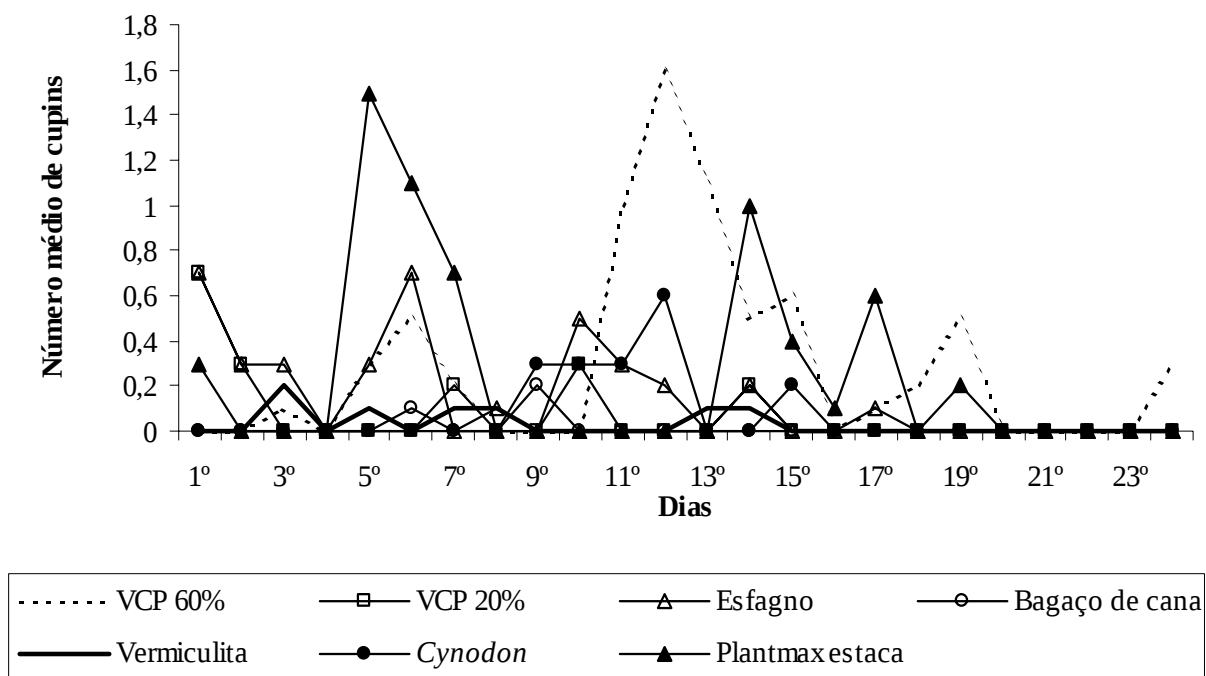


Figura 7- Visitação diária de *Cornitermes cumulans* a diferentes materiais. Botucatu, SP, 20/09 a 13/10/2003. (Experimento 4)

No experimento 5, a raiz de eucalipto, oferecida pela primeira vez aos cupins, apresentou elevada atratividade, diferindo estatisticamente dos tratamentos VCP 60% e de seus componentes de forma isolada (Tabela 5). É importante esclarecer que a raiz oferecida aos cupins, após lavagem em água corrente para retirada de resíduos foi seca em papel toalha e logo colocada nos tubos, ou seja, não se trabalhou com tecido vegetal vivo nos testes de preferência.

A preferência de *C. cumulans* obedeceu a seguinte ordem decrescente na preferência de cupins: raiz de eucalipto > vermiculita > esfagno > substrato VCP 60% > casca de arroz carbonizada.

Dos componentes fracionados do substrato da empresa VCP, a vermiculita foi o mais atrativo, diferindo estatisticamente da casca de arroz carbonizada. No entanto, não diferiu estatisticamente dos tratamentos esfagno e VCP 60%. Os substratos comerciais e de empresas têm em média de 15 a 20% de vermiculita na sua composição e, somando-se o volume de raízes de eucalipto se tem material altamente atrativo para os cupins.

Tabela 5- Volume final de diferentes componentes e substratos para mudas de eucalipto forrageados por operários de *C. cumulans* em condição de laboratório. Botucatu, SP, 29/11 a 28/12/2003. (Experimento 5)

Materiais	Volume Final (mL)*
Substrato VCP 60%	6,7 ab
Esfagno	6,3 ab
Casca de arroz carbonizada	6,8 a
Vermiculita	5,8 b
Raiz de eucalipto	4,0 c
C.V.	12,3%

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

* volume inicial: 7 mL

Quanto à visitação pelos operários de *C. cumulans* observou-se que a raiz foi mais visitada até o 5º dia, e do 6º ao 7º dias, a vermiculita foi o tratamento mais procurado.

Todavia, no 8º dia aumentou a procura pelo componente esfagno. Do 15º dia em diante a raiz voltou a ser o material mais visitado no interior dos tubos de vidro (figura 8).

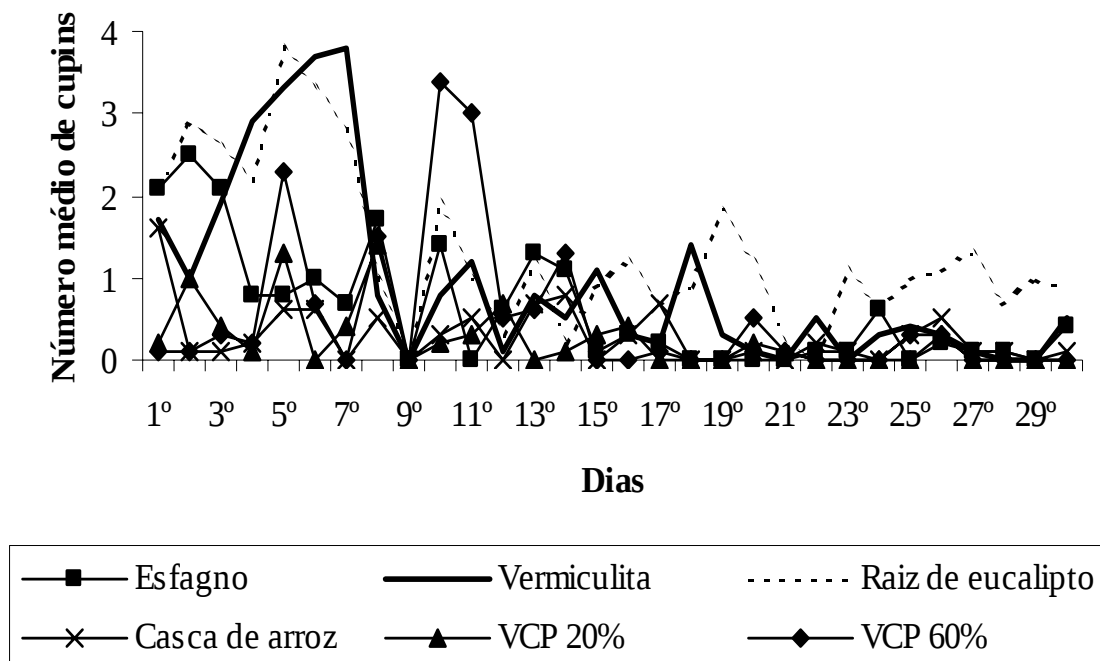


Figura 8- Visitação diária de *Cornitermes cumulans* a diferentes componentes e substratos para mudas de eucalipto. Botucatu, SP, 29/11 a 28/12/2003. (Experimento 5)

A vermiculita, no experimento 6, apresentou-se novamente altamente atrativa aos cupins, diferindo estatisticamente dos substratos para produção de mudas de eucalipto comerciais e de empresas florestais (Tabela 6), onde nos experimentos 2 e 3, estes foram muito atrativos, mesmo sendo confrontados com a vermiculita. Como os testes não foram realizados ao mesmo tempo, provavelmente ao longo do ano as colônias de *C. cumulans* tenham necessidades diferentes, podendo preferir alimento de melhor qualidade em determinadas épocas ou preferir materiais para expansão ou manutenção dos ninhos.

Além de ter sido o tratamento mais retirado dos tubos de vidro, a vermiculita foi também mais procurada pelos cupins, com maior visitação observada do 8º dia em diante, apresentando maior quantidade de indivíduos no 24º dia (Figura 9).

Tabela 6- Volume final de diferentes substratos para mudas de eucalipto forrageados por operários de *C. cumulans* em condição de laboratório. Botucatu, SP 19/02 a 19/03/2004. (Experimento 6)

Materiais	Volume Final (mL)*
Substrato Aracruz	6,2 a
Substrato Multiplant	6,4 a
Plantmax estaca	6,2 a
Substrato VCP 60%	6,9 a
Substrato VCP 20%	6,2 a
Vermiculita	5,1 b
C.V.	11,6%

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

* volume inicial: 7 mL

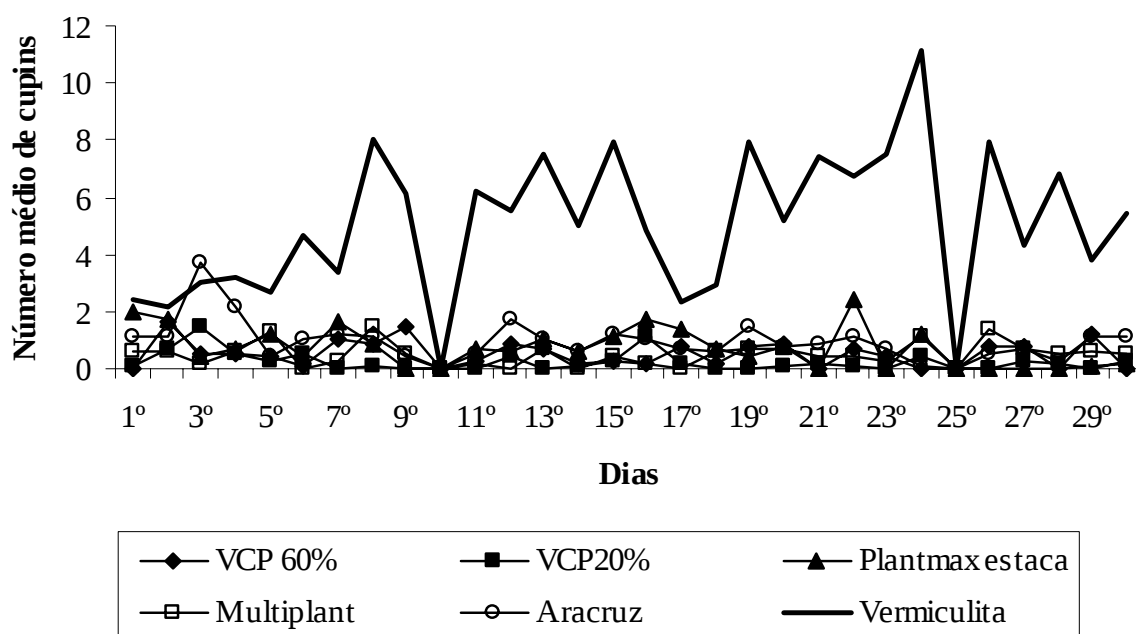


Figura 9- Visitação diária de *Cornitermes cumulans* a diferentes substratos comerciais e de empresas florestais. Botucatu-SP, de 19/02 a 19/03/2004. (Experimento 6)

O substrato da empresa Aracruz teve preferência intermediária no laboratório, mesmo tendo em sua composição 30 % de vermiculita. Este substrato foi o mais visitado por *C. cumulans* no terceiro dia de avaliação.

No experimento 7, assim como ocorreu no experimento 1, o bagaço de cana-de-açúcar foi significativamente o material mais preferido (Tabela 7). Deve-se ressaltar que o bagaço, no atual experimento, foi confrontado com raiz de eucalipto e vermiculita que se mostraram altamente atrativos nos experimentos anteriores. Neste caso, os cupins preferiram mais o bagaço de cana-de-açúcar a raiz de eucalipto, ou seja, preferiram tecido vegetal morto à raiz “in natura”, concordando com Macedo (1995), que afirmou que os cupins de montículo preferem material morto. É importante esclarecer que, neste experimento bem como no experimento 5, não se trabalhou com tecido vivo, as raízes foram separadas da parte aérea, lavadas, secas em papel toalha e oferecidas aos cupins de montículo.

Os tratamentos raiz de eucalipto e raiz de eucalipto + VCP 20% apresentaram preferência intermediária, assim como o tratamento *Cynodon*. Plantmax estaca foi o tratamento menos preferido. A vermiculita foi pouco preferida pelos cupins, embora tenha sido o material mais observado dentro dos tubos (Figura 10).

Tabela 7- Volume final de diferentes materiais mais preferidos por operários de *C. cumulans* em condição de laboratório. Botucatu, SP, 08/04 a 07/05/2004. (Experimento 7)

Materiais	Volume Final (mL)*
Bagaço de cana-de-açúcar	0,6 d
<i>Cynodon</i>	3,7 c
Plantmax estaca	6,7 a
Esfagno	6,6 a
Raiz de eucalipto	3,7 c
Raiz de eucalipto+substrato VCP20%	4,7 bc
Vermiculita	6,1 ab
C.V.	27,4%

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

* volume inicial: 7 mL

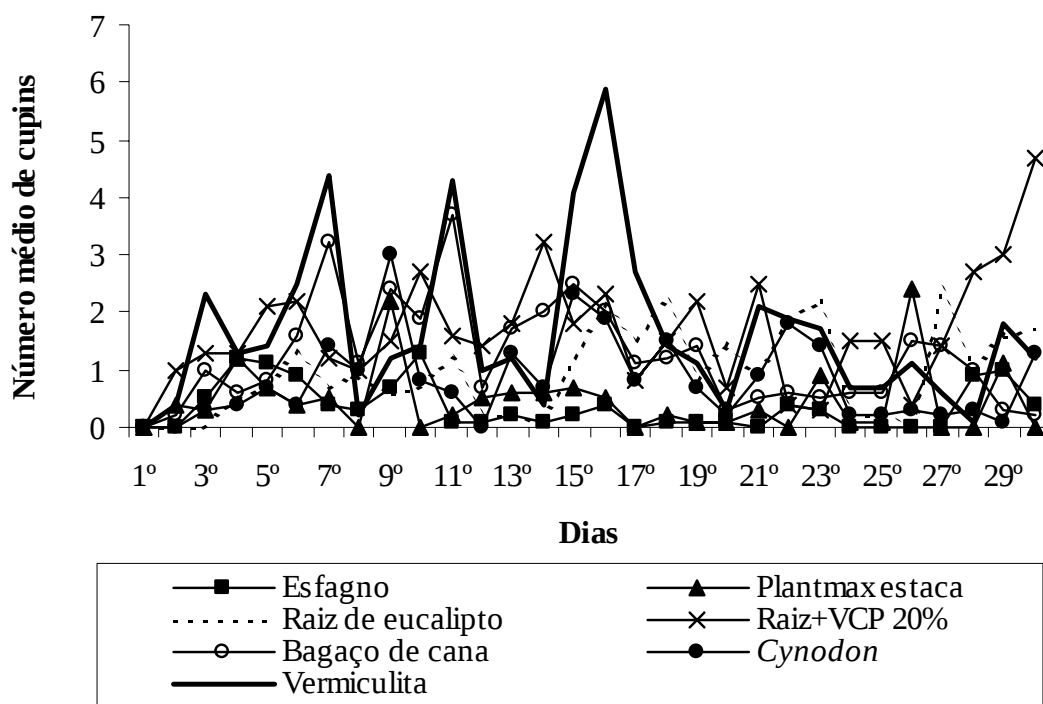


Figura 10- Visitação diária de *Cornitermes cumulans* a diferentes materiais. Botucatu, SP, 08/04 a 07/05/2004. (Experimento 7)

6.2 Preferência de *Cornitermes cumulans* na condição de semicampo

Feno de *Cynodon* sp. e bagaço de cana-de-açúcar foram os mais preferidos na condição de semicampo no experimento 1, com a serragem de *Pinus* não diferindo do bagaço de cana-de-açúcar e folhas de *B. brizantha*. O papelão ondulado e substrato Multiplant foram os tratamentos com menor preferência, não diferindo estatisticamente das folhas de *B. brizantha* e vermiculita (Tabela 8).

Tabela 8 - Volume final de diferentes materiais forrageados pelos operários de *C. cumulans* em condição de semicampo. Botucatu, 2003. (Experimento 1)

Materiais	Volume Final (mL)*
Bagaço de cana-de-açúcar	2,8 cd
Serragem de <i>Pinus</i>	8,6 bc
Papelão ondulado cortado	17,4 a
Substrato Multiplant	16,5 a
Folhas secas de <i>Brachiaria brizantha</i>	12,1 ab
Feno de <i>Cynodon</i> sp.	0,4 d
Vermiculita	12,7 ab
C.V.	29,3%

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

* volume inicial: 20 mL

No experimento 2, a vermiculita foi significativamente mais preferida em relação aos substratos Plantmax semente, VCP 60% e Multiplant. Os tratamentos esfagno e Plantmax estaca, não diferiram estatisticamente da vermiculita (Tabela 9). Constatou-se, nas duas condições estudadas para o experimento 2, elevada atratividade do componente vermiculita e pouca atratividade ao substrato Multiplant.

Tabela 9- Volume final de diferentes substratos para mudas de eucalipto forrageado por operários de *C. cumulans* em condição de semicampo. Botucatu, 2003. (Experimento 2)

Materiais	Volume Final (mL)*
Esfagno	11,5 ab
Substrato Plantmax estaca	11,1 ab
Substrato Plantmax semente	16,3 a
Substrato VCP 60%	15,7 a
Substrato Multiplant	17,8 a
Vermiculita	7,3 b
C.V.	21,5%

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

* volume inicial: 20 mL

Com relação aos componentes e substratos usados na empresa VCP (experimento 3), o material mais preferido por *C. cumulans* foi a vermiculita, não diferindo dos demais tratamentos (Tabela 10). Comparando-se as duas condições, no laboratório, a vermiculita foi proporcionalmente mais retirada dos tubos de vidro do que a semicampo.

Tabela 10- Volume final de diferentes substratos para mudas de eucalipto forrageado por operários de *C. cumulans* em condição de semicampo. Botucatu, 2003. (Experimento 3)

Materiais	Volume Final (mL)*
Esfagno	16,4 a
Substrato VCP 60%	17,8 a
Substrato VCP 20%	16,2 a
Casca de arroz carbonizada	15,9 a
Vermiculita	5,3 b
C.V.	14,6%

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de teste de Tukey ($P < 0,05$).

* volume inicial: 20 mL

Preferência foi o termo empregado para definir quais os materiais foram mais retirados do interior dos tubos de vidro. Todavia, não se pode afirmar que estes materiais retirados foram consumidos por *C. cumulans*.

Portanto, considerando a composição de substratos para mudas de eucalipto, a vermiculita foi o principal fator de atratividade aos operários de *C. cumulans*, podendo explicar, em parte, os expressivos ataques às mudas de eucalipto em áreas infestadas com essa espécie de cupim. A natureza da atratividade da vermiculita ao *C. cumulans* necessita de estudos específicos, pois sendo material considerado inerte na composição dos substratos, foi inesperado esse resultado e, talvez, a vermiculita seja utilizada para a estrutura dos ninhos.

Assim como, no experimento 1, feno de *Cynodon* sp. e bagaço de cana-de-açúcar foram os mais preferidos no experimento 4. Ao contrário do que ocorreu em laboratório, onde não houve diferença estatística entre os tratamentos avaliados, na condição de semicampo,

com feno e bagaço de cana-de-açúcar diferiram estatisticamente do esfagno, substratos VCP 60%, VCP 20%, Plantmax estaca e vermiculita (Tabela 11). O tratamento vermiculita foi pouco atrativo quando, simultaneamente, foram oferecidos materiais notadamente muito preferidos por *C. cumulans*. Dessa forma, materiais à base de celulose são mais atrativos aos operários, pois foram, provavelmente, utilizados como alimento. Entretanto, na ausência desses, a vermiculita passa a ser mais atrativa.

Tabela 11- Volume final de diferentes materiais forrageados por operários de *C. cumulans* em condição de semicampo. Botucatu, 2003. (Experimento 4)

Materiais	Volume Final (mL)*
Bagaço de cana-de-açúcar	3,5 b
Esfagno	18,3 a
Substrato VCP 60%	19,5 a
Substrato VCP 20%	17,8 a
Plantmax estaca	15,3 a
Feno de <i>Cynodon</i> sp.	1,4 b
Vermiculita	15,8 a
C.V.	15,4%

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

* volume inicial: 20 mL

Ao comparar o substrato com os componentes isolados e a raiz de eucalipto, constatou-se elevada preferência dos cupins às raízes de eucalipto. O substrato VCP 60% não diferiu estatisticamente dos componentes esfagno e casca de arroz carbonizada (Tabela 12), este mesmo comportamento também foi observado no laboratório. Portanto, não só a vermiculita teve papel importante para explicar a atratividade dos cupins, mas as raízes frescas de eucalipto foram, na verdade, o material mais atrativo aos operários de *C. cumulans*, tanto em condições controladas, com pequeno número de indivíduos na colônia, como com colônias inteiras. Há citações que operárias de cupins de montículo, dentre eles *C. cumulans*, se alimentam de material celulósico não-vivo, como folhas e raízes secas de capim, esterco e sementes de gramíneas

(MACEDO, 1995), sendo até considerado como praga estéticas às pastagens (FERNANDES et al., 1998). Esses resultados contradizem essas afirmações, demonstrando que os hábitos de forrageamento dos cupins de montículo precisam de mais estudos.

Tabela 12- Volume final de diferentes componentes e substratos para mudas de eucalipto forrageados por operários de *C. cumulans* em condição de semicampo. Botucatu, 2003. (Experimento 5)

Materiais	Volume Final (mL)*
Substrato VCP 60%	18,0 a
Esfagno	17,2 a
Casca de arroz carbonizada	19,1 a
Vermiculita	10,3 b
Raiz de eucalipto	1,4 c
C.V.	14,0%

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

* volume inicial: 20 mL

A vermiculita e o substrato Plantmax estaca, no experimento 6, foram os materiais que apresentaram maior preferência e o menos preferido foi o substrato Multiplant. Não houve diferença entre Plantmax estaca e os substratos Aracruz e VCP 20% (Tabela 13). Novamente, a vermiculita foi a mais forrageada, quando houve ausência de material celulósico oferecido.

Tabela 13- Volume final de diferentes substratos para mudas de eucalipto forrageados por operários de *C. cumulans* em condição de semicampo. Botucatu, 2004. (Experimento 6)

Materiais	Volume Final (mL)*
Substrato Aracruz	15,6 ab
Substrato Multiplant	18,4 a
Plantmax estaca	11,3 bc
Substrato VCP 60%	18,3 a
Substrato VCP 20%	15,4 ab
Vermiculita	10,1 c
C.V.	16,4%

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

* volume inicial: 20 mL

No último experimento, novamente, constatou-se grande atratividade dos cupins ao feno de *Cynodon* sp., bagaço de cana-de-açúcar e a raiz de eucalipto (Tabela 14). O esfagno foi um dos materiais menos atrativos, porém, este componente não tinha sido confrontado antes com o bagaço de cana-de-açúcar e o feno. Independente da condição estudada, a gramínea do gênero *Cynodon* foi muito preferida pelos cupins. Na literatura, não há relatos de ataque de *C. cumulans* a esta planta forrageira que é utilizada tanto para feno como para pastejo.

Tabela 14- Volume final de diferentes materiais mais preferidos por operários de *C. cumulans* em condição de semicampo. Botucatu, 2003/2004. (Experimento 7)

Materiais	Volume Final (mL)*
Bagaço de cana-de-açúcar	5,4 bc
<i>Cynodon</i>	1,4 c
Plantmax estaca	15,1 a
Esfagno	17,7 a
Raiz de eucalipto	5,5 b
Raiz de eucalipto+substrato VCP20%	12,6 a
Vermiculita	17,0 a
C.V.	19,6

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

* volume inicial: 20 mL

Ao se testar simultaneamente, bagaço de cana-de-açúcar, feno de *Cynodon* sp. e vermiculita, observou-se baixa atratividade dos cupins a vermiculita (Tabela 15). Entretanto, na ausência destes tratamentos muito preferidos, a vermiculita passou a ser muito preferida, exceto no experimento 5, onde a raiz foi muito atrativa, tanto no laboratório como a semicampo, e a vermiculita apresentou boa preferência (Tabela 16).

Tabela 15- Preferência de *Cornitermes cumulans* sob condições de laboratório (1) e semicampo (2). Botucatu-SP.

Materiais	Experimento 1		Experimento 4		Experimento 7	
	1	2	1	2	1	2
Bagaço	muito boa	muito boa	mediana	muito boa	muito boa	muito boa
<i>Cynodon</i>	mediana	muito boa	mediana	muito boa	boa	boa
Raiz	-	-	-	-	boa	boa
Vermiculita	mediana	mediana	mediana	mediana	ruim	ruim

Tabela 16- Preferência de *Cornitermes cumulans* sob condições de laboratório (1) e semicampo (2). Botucatu—SP.

Materiais	Experimento 2		Experimento 3		Experimento 5		Experimento 6	
	1	2	1	2	1	2	1	2
Casca de arroz	-	-	ruim	ruim	ruim	ruim	-	-
Esfagno	mediana	muito boa	mediana	ruim	boa	ruim	-	-
Raiz	-	-	-	-	muito boa	muito boa	-	-
Vermiculita	muito boa	muito boa	muito boa	muito boa	boa	boa	muito boa	muito boa

6.3 Resposta de operários de *Cornitermes cumulans* pela técnica de eletroantenografia (EAG)

Pelo eletroantenograma, o substrato VCP60% e a raiz de eucalipto foram os materiais que apresentaram maior estímulo aos operários de *C. cumulans*, diferindo estatisticamente do controle e dos tratamentos como esfagno, vermiculita e casca de arroz carbonizada, materiais esses presentes na composição do substrato em questão (Figura 11).

Comprovou-se alta despolarização das antenas, ou seja, alta sensibilidade dos receptores antenais dos operários de *C. cumulans* aos voláteis presentes nas raízes de eucalipto. Essa seletividade dos cupins às raízes frescas de eucalipto, verificada nesta técnica, vem confirmar os resultados de preferência obtidos no laboratório e em túnel plástico, na condição de semicampo, demonstrados no presente trabalho.

O esfagno foi o terceiro componente que ocasionou maior despolarização antenal, não diferindo estatisticamente da vermiculita. O esfagno que é a estrutura seca de plantas pertencentes ao gênero *Sphagnum*, que tem como principais características: leveza, pH ácido, alta capacidade de retenção de água (BONETTI, 1992), baixa drenagem, fácil manuseio, estéril (GONÇALVES, 1992) e de alto custo, por ser importado.

A vermiculita, que também apresentou pequena despolarização nas antenas dos cupins, está presente na maioria dos substratos encontrados no mercado, é um material de origem mineral que possui características, como ser não combustível, resistente à decomposição, atóxica, ter alta aeração e alta capacidade de retenção de água.

A casca de arroz carbonizada foi o componente que causou menor despolarização nas antenas dos cupins, não diferindo estatisticamente do controle. Isso pode ser justificado pela baixa retenção de água que esse material apresenta, pois, segundo Bellé (1990), a casca de arroz carbonizada pode ser utilizada como condicionador em misturas com materiais de maior retenção de água, possui alto espaço de aeração e porosidade total, melhorando as relações de volume ar: água.

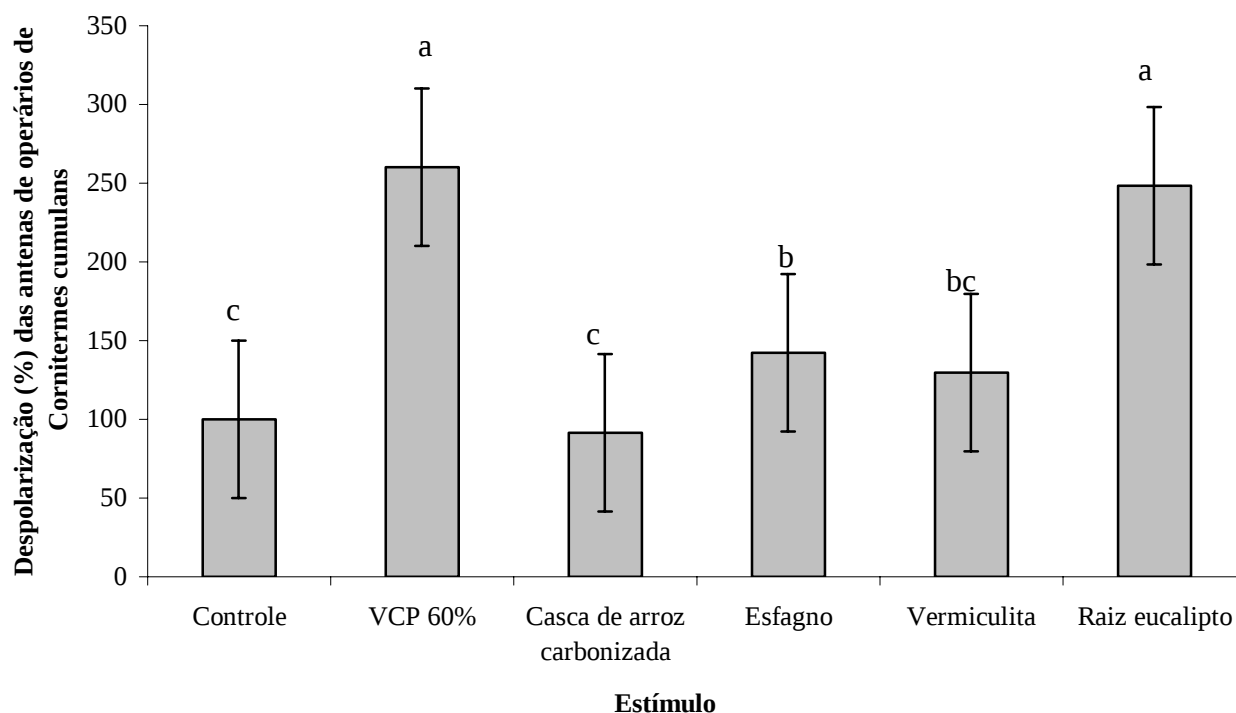


Figura 5 – Resposta de operários de *C. cumulans* à diferentes materiais pela técnica da eletroantenografia (EAG). (n = 20 antenas). São Carlos-SP, 2003.

As características físicas e químicas da casca de arroz carbonizada são: densidade seca de 150g/L, capacidade de retenção de água de 53,9%, capacidade de troca de cátions de 5,5 meq/dL, pH em água de 7,4, teor de sais solúveis de 0,7 g/L, 0,7% de N, 0,2% de P e 0,32% de K. As cascas de arroz têm baixa densidade e peso específico, além de lenta biodegradação, permanecendo em sua forma original por longos períodos de tempo. Apresentam um alto poder energético, já que contêm quase 80% de seu peso em carbono. Suas cinzas são compostas basicamente de sílica e, portanto, bastante alcalinas (SOUZA, 1993).

A pouca preferência à casca de arroz carbonizada pode ser explicada pelo fato desse componente não ter valor alimentício para os cupins, pois altos teores de K e sílica podem ter efeito negativo para os cupins e, provavelmente, não utilizam a casca de arroz para outros fins, como parece ocorrer com a vermiculita que pode ser utilizada pelos cupins para a expansão dos ninhos.

As respostas olfativas de operários de *C. cumulans*, verificados por EAG, vêm a corroborar com os resultados observados tanto no laboratório como a semicampo, ou seja, com a elevada preferência dos cupins pelos substratos e raízes de eucalipto os quais apresentam materiais orgânicos. Com relação à vermiculita, essa técnica demonstrou que a atratividade dos cupins à esse componente não foi de origem de substâncias químicas voláteis.

Nesse experimento foi considerada apenas a resposta eletroantenográfica dos operários a compostos dissolvidos em solventes orgânicos. Necessitaria-se de mais estudos, considerando soluções aquosas desses materiais, que também poderiam ter papel importante na atratividade dos cupins.

6.3 Determinação dos danos de *Cornitermes cumulans* em mudas de eucalipto

Nos vasos, contendo as mudas de eucalipto, conectadas com as colônias de *C. cumulans*, foi possível observar intensa atividade desses insetos próximo à superfície do solo. Também, no momento da retirada das mudas dos vasos para separação das raízes, constatou-se a presença de operários de *C. cumulans* sobre as raízes de eucalipto, consumindo as mesmas, ou seja, atacando tecido vegetal vivo. Segundo Silveira Neto (1976) os cupins de montículo danificam diretamente as raízes das plantas, discordando assim, de Macedo (1995), que afirmou que esses insetos raramente são encontrados atacando tecidos vivos da planta.

As Tabelas 17 e 19 mostram os efeitos dos tratamentos sem ataque e com ataque de cupins, nos diferentes períodos de desenvolvimento das mudas de eucalipto.

Nos parâmetros MS da raiz, MS da parte aérea e área foliar, houve efeito significativo entre a interação período x cupim, desprezando-se então, os efeitos isolados dos fatores. Com o desdobramento das interações desses parâmetros (Tabela 18), verificou-se que o aumento na produção de MS raiz foi proporcional ao desenvolvimento das mudas. O forrageamento dos cupins sobre as raízes de eucalipto influenciou na produção de MS da raiz,

pois, as médias de MS da raiz foram menores em relação à testemunha, com diferença estatística observada somente aos 90 dias de avaliação. Essa menor produção, verificada nas raízes atacadas por cupins, pode ser atribuída ao consumo das mesmas, com senescência das raízes. Para Gonçalves & Mello (2000) a senescência de raízes finas pode ocorrer em função das condições estressantes, como variações estacionais e injúrias.

Tabela 17 – Matéria seca da raiz, matéria seca da parte aérea, área foliar e altura de mudas de eucalipto em função dos períodos de desenvolvimento e do ataque de *C. cumulans*. Botucatu-SP, 2004.

Fatores	MS raiz (g)	MS Parte aérea (g)	Área Foliar (cm ²)	Altura (cm)
Período (P)				
15 dias	9,41	3,00	373,16	37,29 d
30 dias	10,91	5,16	808,88	43,79 c
60 dias	19,97	13,97	1829,30	56,81 b
90 dias	40,35	34,84	4352,21	76,70 a
Cupim (C)				
Sem ataque	21,41 a	15,13 a	1836,28 a	55,72 b
Com ataque	18,91 b	13,35 b	1845,55 a	51,58 a
Valor de F				
(P)	55,85 **	123 **	300,20 **	204,09 **
(C)	10,02 **	4,56 *	0,01 ns	8,41 **
(P) x (C)	5,71 **	6,10 **	3,71 *	1,02 ns
CV				
(P)	42,27%	41,00%	24,98%	10,14%
(C)	17,48%	26,08%	20,82%	11,90%

Compararam-se letras na vertical. Médias seguidas por letras iguais e sem letras dentro de cada fator não diferem entre si pelo teste de Tukey a ($P < 0,05$). * e ** a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente, e ns- não significativo.

Assim como foi verificado nos resultados de MS da raiz, de acordo com o desdobramento da interação, a produção de MS da parte aérea, aos 90 dias, foi significativamente maior nos tratamentos sem ataque (Tabela 18). A relação entre as taxas de crescimento da produção de MS da raiz e da parte aérea também foi verificado por Gonçalves & Mello (2000), onde os referidos autores afirmaram que as relações entre o sistema radicular e a parte aérea não consistem simplesmente de uma troca de água e nutrientes inorgânicos e orgânicos, pois o crescimento de raízes pode ocorrer independente ou não da parte aérea.

Tabela 18 – Desdobramento da interação período de desenvolvimento das mudas de eucalipto x ataque de *C. cumulans* para MS raiz, MS parte aérea e área foliar. Botucatu, SP, 2004.

Período	Cupim	
	Sem ataque	Com ataque
-----MS raiz (g)-----		
15 dias	10,72 cA	8,11 cA
30 dias	10,72 cA	11,10 cA
60 dias	19,95 bA	19,98 bA
90 dias	44,24 aA	36,46 aB
-----MS Parte aérea (g)-----		
15 dias	2,61 cA	3,39 cA
30 dias	4,72 cA	5,60 cA
60 dias	14,45 bA	13,48 bA
90 dias	38,74 aA	30,94 aB
-----Área Foliar (cm ²)-----		
15 dias	283,06 cA	463,27 cA
30 dias	772,15 cA	845,61 cA
60 dias	1701,09 bA	1957,68 bA
90 dias	4588,44 aA	4115,65 aB

Médias seguidas das mesmas letras (minúsculas na coluna e maiúscula na linha) não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

Os tratamentos sem ataque de cupins tiveram, aos 90 dias, maior crescimento da área foliar, diferindo estatisticamente dos tratamentos com ataque (Tabela 18). Notou-se comportamento semelhante dos parâmetros MS raiz, MS parte aérea e área foliar, nos tratamentos sem e com ataque de cupins, ou seja, com o ataque, as taxas de produção destes parâmetros foram menores em relação à testemunha, Gonçalves & Mello (2000) afirmaram que os padrões de resposta de crescimento das raízes pode ser comparável às das folhas e, são semelhantes diante dos fatores ambientais.

Com relação ao parâmetro altura, não houve efeito significativo na interação entre os fatores período x cupim (Tabela 17). Independente do efeito do período, a altura das mudas de eucalipto foi significativamente maior nos tratamentos sem ataque em comparação às mudas submetidas ao ataque de *C. cumulans*.

Com relação aos parâmetros comprimento, superfície, diâmetro e volume radiculares houve efeito significativo na interação dos fatores período x cupim (tabela 19). Analisando os desdobramentos das interações, o comprimento das raízes, com o desenvolvimento das mudas, ao longo dos 90 dias de avaliação aumentou (Tabela 20). No entanto, só aos 60 dias, este aumento foi significativo, onde o comprimento radicular foi maior nos tratamentos sem ataque. Para Mello et al. (1998), o comprimento de raízes finas de eucalipto é estreitamente relacionado à capacidade de adaptação às condições de estresse ambiental. Witschoreck et al. (2003), verificou que o parâmetro comprimento de raiz varia em função da época de coleta.

A superfície radicular, aos 15 dias de avaliação foi estatisticamente superior nas mudas atacadas por *C. cumulans*. Entretanto, aos 60 e 90 dias, ocorreu o inverso, as raízes sem ataque apresentaram superfície radicular maior do que as observadas nos tratamentos com ataque (Tabela 20).

Com o desenvolvimento das mudas, o diâmetro radicular foi diminuindo ao longo do tempo. Aos 30 dias foi significativamente maior nas mudas atacadas e, aos 60 dias, as mudas sem ataque apresentaram, estatisticamente, diâmetro radicular maior do que as mudas atacadas. Aos 90 dias não houve diferença estatística entre mudas sem ataque e as mudas atacadas por cupins (Tabela 20). A redução no diâmetro, das raízes de eucalipto, com o decorrer do tempo foi mais acentuada nas raízes submetidas ao ataque de *C. cumulans*, provavelmente, com o

consumo destas pelos cupins a planta passou a emitir novas raízes, mais finas e com menor diâmetro.

Tabela 19- Comprimento, superfície, diâmetro e volume radiculares em função dos períodos de avaliação função dos períodos de desenvolvimento e do ataque de *C. cumulans*. Botucatu-SP, 2004.

Fatores	Comprimento (cm.cm ⁻³)	Superfície (cm ² .cm ⁻³)	Diâmetro (cm.cm ⁻³)	Volume (cm ³ .cm ⁻³)
Período (P)				
15 dias	114,93	38,31	0,17	3,11
30 dias	159,25	77,47	0,35	5,43
60 dias	189,04	47,13	0,06	0,96
90 dias	223,95	69,94	0,20	1,87
Cupim (C)				
Sem ataque	154,76 b	59,22 a	0,18 a	3,29 a
Com ataque	188,83 a	57,20 a	0,12 b	2,40 b
Valor de F				
(P)	14,51**	24,77**	58,56**	69,09**
(C)	7,97**	0,24 ns	12,63**	13,53**
(P) x (C)	3,36*	18,92**	106,53**	29,94**
CV (%)				
(P)	31,59	28,56	56,46	36,59
(C)	31,41	31,49	56,02	31,41

Compararam-se letras na vertical. Médias seguidas por letras iguais e sem letras dentro de cada fator não diferem entre si pelo teste de Tukey a ($P < 0,05$). * e ** a 5 e 1% pelo teste F, respectivamente, e ns- não significativo.

Normalmente, a estimativa do parâmetro volume radicular só complementa as informações de outros parâmetros radiculares. Todavia, a respeito do comportamento de *C. cumulans* em relação às raízes de eucalipto, notou-se, no primeiro mês de avaliação, aumento significativo do volume das mudas com ataque de cupins (Tabela 20). De maneira geral, os parâmetros diâmetro e volume, apresentaram comportamento semelhante tanto nas situações sem ataque como nas com ataque de cupins nos quatro períodos de avaliação. Além disso, volume é

altamente correlacionado com os parâmetros superfície e diâmetro de raízes (GONÇALVES & MELLO, 2000).

Tabela 20– Desdobramento da interação período de desenvolvimento das mudas de eucalipto x ataque de *C. cumulans* para comprimento, superfície, diâmetros e volume radiculares. Botucatu, SP, 2004.

Período	Cupim	
	Sem ataque	Com ataque
	----- Comprimento (cm.cm ⁻³)-----	
15 dias	120,63 bA	109,22 bA
30 dias	158,96 bA	159,55 abA
60 dias	238,15 aA	139,93 bB
90 dias	237,57 aA	210,33 aA
	----- Superfície (cm ² .cm ⁻³)-----	
15 dias	12,06 cB	64,56 aA
30 dias	76,64 abA	78,30 aA
60 dias	59,75 bA	34,52 bB
90 dias	80,38 aA	59,51 aB
	----- Diâmetro (cm.cm ⁻³)-----	
15 dias	0,30 aA	0,04 bB
30 dias	0,12 bB	0,68 aA
60 dias	0,03 bA	0,12 bB
90 dias	0,03 bA	0,02 bA
	----- Volume (cm ³ .cm ⁻³)-----	
15 dias	2,9 aA	3,23 bA
30 dias	3,1 aB	7,83 aA
60 dias	1,3 bA	0,69 cA
90 dias	2,3 abA	1,41 cA

Médias seguidas das mesmas letras (minúsculas na coluna e maiúscula na linha) não diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05)

Na literatura, existem poucos trabalhos disponíveis comparando dados radiculares de diferentes parâmetros, principalmente, no que se refere ao ataque de cupins a essências florestais. Então, o parâmetro comprimento radicular, segundo Gonçalves & Mello (2000), é o menos sujeito a alterações de peso provocadas por reações a algum elemento tóxico, por esta razão, o comprimento é considerado um parâmetro melhor. Este parâmetro calculado por meio de sistema baseado no processamento e análise de imagens digitais é eficiente, comparado com a técnica de interseção manual de raízes. Com o uso de “scanners” de mesa, o estudo de raízes finas pode se tornar mais freqüente.

Os resultados desse estudo demonstram, pela primeira vez, que os cupins do gênero *Cornitermes* causam redução no crescimento de plantas de eucalipto, pois, até então, considerava-se como único dano do ataque de cupins em plantios de eucalipto a morte de mudas (NAIR & VARMA, 1985; WARDELL, 1987; WILCKEN, 1992, BERTI FILHO, 1995; WILCKEN & RAETANO, 1995, WILCKEN et al. 2002). Esses resultados têm implicação direta nas avaliações de controle de qualidade feitas nas áreas de plantios de eucalipto, pois considera-se como dano dos cupins apenas a mortalidade de mudas. Portanto, caso haja presença de *C. cumulans* nessas áreas em períodos chuvosos, quando a mortalidade de mudas é pequena, a redução no crescimento e desenvolvimento das mudas de eucalipto pode afetar a produtividade, a qual não é avaliada corretamente. O monitoramento das infestações de cupins-praga do eucalipto não é só importante para racionalizar o uso de cupinícidas, conforme citado por Wilcken et al., (2002), mas também para definir as áreas de risco, onde o controle químico, além de evitar a morte das mudas, pode manter o desenvolvimento adequado das mudas de eucalipto.

Para a produção de mudas de eucalipto se faz necessária a redução na proporção usada do componente vermiculita, pois foi altamente atrativo aos cupins, podendo potencializar o ataque desses insetos sobre as plantas. Em contrapartida, a proporção do componente casca de arroz carbonizada, pouco preferida pelos cupins, pode ser maior em relação aos demais componentes para a produção de mudas.

Dentre os materiais mais preferidos por *C. cumulans*, o bagaço de cana-de-açúcar e o feno de *Cynodon* sp. podem melhorar a captura de operários se adicionados às iscas de papelão ondulado, que demonstrou ser de baixa atratividade aos operários dessa espécie de cupim-praga.

7. CONCLUSÕES

- Os materiais bagaço de cana-de-açúcar e feno de *Cynodon* sp. são os mais preferidos pelos operários de *Cornitermes cumulans*.
- Dentre os componentes dos substratos para mudas de eucalipto, a vermiculita é o mais atrativo e carregado por operários de *C. cumulans*.
- *C. cumulans* apresenta maior preferência à raiz *in natura* de eucalipto quando, simultaneamente, são oferecidos substratos para produção de mudas de eucalipto e seus componentes isoladamente.
- *C. cumulans* é atraído e se alimenta de raízes vivas de mudas de eucalipto, ocasionando a redução do desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular das plantas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMAD, M.; AFZAL, M.; SALIHAN, Z. The effects of different relative humidities on survival and moisture loss of workers and soldiers of *Heterotermes indicola* (Wasman) (Isoptera: Rhinotermitidae) under starvation conditions. **Pakistan Journal Zoology**, v.14, n.1, p. 65-70, 1982

ALMEIDA, J.E.M. **Avaliação de fungos entomopatogênicos visando ao controle do cupim subterrâneo *Heterotermes tenuis* (Hagen, 1858) (Isoptera: Rhinotermitidae)**. Piracicaba, 1994. 105p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

ALMEIDA, J.E.M. **Controle de *Heterotermes tenuis* (Isoptera: Rhinotermitidae) com isca associada a inseticidas e/ou *Beauveria bassiana* em cana-de-açúcar**. Piracicaba, 1998. 131p. Tese (Doutorado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

ALMEIDA, J.E.M.; ALVES, S.B. Seleção de armadilhas para *Heterotermes tenuis* em condições de laboratório e campo. **Anais da Sociedade Entomológica Brasileira**, v.24, n.3, p.619-624, 1995.

ALMEIDA, J.E.M.; ALVES, S.B.; WALDER, J.M.M. Tamanho da área de forrageamento do cupim subterrâneo *Heterotermes tenuis* (Isoptera: Rhinotermitidae) em cana-de-açúcar. **Scientia Agricola**, Piracicaba. v.56, n.2, 1999.

ANJOS, N. Cupins-de-raiz (Isoptera) em culturas florestais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 20., 2004, Gramado. **Resumos...** Gramado: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p.110.

BARBER, S.A. **Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach**. New York: John Wiley, 1995. 414p.

BATISTA-PEREIRA, L.G., SANTOS, M.G., CORREA, A.G., FERNANDES, J.B., DIETRICH, C.R.R.C., PEREIRA, D.A., BUENO, O.C., COSTA-LEONARDO, A.M. Electroantennographic Responses of *Heterotermes tenuis* (Isoptera: Rhinotermitidae) to Synthetic (3Z, 6Z,8E)-3,6,8-Dodecatrien-1-ol. **Journal of The Brazilian Chemical Society**. V. 15, N.3, p. 372-377, 2004.

BELLÉ, S. **Uso da turfa “Lagoa dos Patos” (Viamão/RS) como substrato hortícola**. 1990. 143 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BERTI FILHO, E. Cupins ou Térmitas. In: BERTI FILHO, E. (Coord.) **Manual de pragas florestais**, Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais/Sociedade de Investigações Florestais, v. 3. 56p, 1993.

BERTI FILHO, E. Cupins e florestas. In: BERTI FILHO, E.; FONTES, L.R. (Eds.) **Aspectos atuais da biologia e controle de cupins**. Piracicaba: FEALQ, 184p. 1995.

BEULTER, A.N.; CENTURION, J.F. Compactação do solo no desenvolvimento radicular e na produtividade da soja. **Pesq. agropec. bras.** v.9, n.6, p.581-88, 2004.

BONETTI, E.J. **Alguns substratos utilizados na propagação de espécies ornamentais estacas e sementes**. Lavras: ESAL, 1992. 9p. Apostila de graduação.

BORGES, E. N. Resposta de mudas de *Eucalyptus* a camadas compactadas de solo. **Revista Árvore**, v. 10, n. 2, p. 181-195, 1986.

CALDWELL, M.M. Root structure the considerable cost of below-ground function. In: SOLBRIG, O.T.; JAIN, S.; JOHSON, G.B.; RAVEN, P.H. (Eds.) **Tropics in plant population biology**. New York: Columbia University Press, p.219-31, 1979.

CAMARGO, O.A.; ALLEONI, L.R.F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: ESALQ, 1997. 132p.

CAMPOS, M.B.S. **Atratividade de iscas ao cupim subterrâneo *Heterotermes tenuis* (Hagen, 1858) (Isoptera: Rhinotermitidae), em condições de campo**. Piracicaba, 1997. 84p.
Dissertação (Mestrado em Entomologia)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

CAMPOS, M.B.S.; ALVES, S.B.; MACEDO, N. Seleção de iscas celulósicas para o cupim *Heterotermes tenuis* (Isoptera: Rhinotermitidae) em cultura de cana-de-açúcar. **Sci. agric.**v. 55, n. 3. 1998.

CANCELLO, E.M. **Revisão de *Cornitermes* Wasmann (Isoptera: Termitidae, Nasutitermitinae)**. São Paulo, 1989. 136 p. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo.

COSTA-LEONARDO, A.M. O forrageamento dos cupins subterrâneos. **Científica**. São Paulo, 25 (1): 207-220, 1997.

DELAPLANE, K.S.; SAXTON, A.M.; LA FAGE, J.P. Foraging phenology of the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) in Louisiana. **American Midl. Nature**, v.125, p.222-30, 1991.

DIETRICH, C.R.R.C. **Ocorrência de cupins (Insecta: Isoptera) em reflorestamento de *Eucalyptus* spp.** Piracicaba, ESALQ/USP. 1989. 68p. Dissertação (Mestrado)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília, 1999. 412 p.

FERNANDES, P.M.; ALVES, S.B. Preferência de *Cornitermes cumulans* (Kollar, 1832) (Isoptera: Termitidae) às plantas cultivadas, em laboratório. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v.21, n.2, 125-132p. 1992.

FERNANDES, P.M.; CZEPAK, C.; VELOSO, V.R.S. Cupins de montículos em pastagens: prejuízo real ou praga estética? In: FONTES, L.R.; BERTI FILHO, E (Ed.) **Cupins. O desafio do conhecimento.** Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 187-210.

FITTER, A.H. Functional significance of root morphology and root system architecture. In: FITTER, A.H. (Ed.) **Ecological interactions in soil.** Oxford: Blackwell, 1985. p.87-106

FITTER, A.H. An architectural approach to the comparative ecology of plant root systems. **New Phytologist**, v.106, p.61-77, 1987. Supplement.

FITTER, A.H.; STICKLAND, T.R.; HATVEY, M.L.; WILSON, G.W. Architectural analysis of plant root systems: 1. Architectural correlates of exploitation efficiency. **New Phytologist**, v.118, p.375-382, 1991.

FOWLER, H.G.; FORTI, L.C. Situación y expectativas del problema y control de termes en Brasil. In: C.B. PIELLA (coord.) **Termitologia y Patrimonio Historico.** I.C.E. de La Universidad de Córdoba, 233p. 1990.

FLORENCIO, D. F.; JUNQUEIRA, L. K.; DIEHL, E.; BERTI FILHO, E. Amostragem de térmitas subterrâneos em florestas de *Eucalyptus* com iscas Termitrap. In: IX SIICUSP, 2001, Piracicaba. **Resumos...** CD-ROM.

FONTES, L.R. Cupins nas pastagens do Brasil: algumas indicações de controle. In: FONTES, L.R.; BERTI FILHO, E (Ed.) **Cupins. O desafio do conhecimento**. Piracicaba: FEALQ, 1998. p. 211-225.

FORTI, L.C.; ANDRADE, M.L. Populações de cupins. In: BERTI FILHO, E., FONTES, L.R. (Ed.) **Aspectos atuais da biologia e controle de cupins**. Piracicaba: FEALQ, 1995. p.29-51.

GONÇALVES, A.J. Características de substratos. In: CASTRO, C.E.F; ANGELIS, B.L.D.; MOURA, L.P.P. **Manual de Floricultura**. Maringá: SBFPO, 1992. p.44-52.

GONÇALVES, A.J. Substratos para produção de mudas ornamentais. In: MINAMI, K. (Ed.) **Produção de mudas de alta qualidade em horticultura**. São Paulo: Queiroz, 1995. p. 107-115.

GONÇALVES, J.L.M.; MELLO, S.L.M. **O sistema radicular das árvores**. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. (Eds.) **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, p.221-69 2000.

GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro- II: efeito sobre o desenvolvimento radicular e da parte aérea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.46, p.213-18, 2002.

GREAVES, T.; FLORENCE, R.G. Incidence of termites in blackbutt regrowth. **Australian Forestry.**, v.30, p. 153-61, 1966.

HARRIS, W.V. The role of termite in tropical forestry. **Insects Socieaux.**, v.8, p.255-66, 1966.

HARRIS, W.V. **Termites: their recognition and control**, 2 ed. Longman, London, 186p. 1971.

JONES, S.C. Foraging and distributions of subterranean termites. In: NATIONAL CONFERENCE ON URBAN ENTOMOLOGY, 1988, College Park. **Proceedings...** College Park: Forest Service, Department of Agriculture, 1988. p.23-32.

JONES, S.C.; TROSSET, M.W.; NUTTING, W.L. Biotic and abiotic influences on foraging of *Heterotermes aureus* (Snyder) (Isoptera: Rhinotermitidae). **Environmental Entomology**, v.16, p.791-5, 1987.

JUNQUEIRA, L.K. **Cupins (Insecta:Isoptera) em plantios de *Eucalyptus* spp. (Myrtaceae) na estação experimental de Ciências Florestais da Universidade de São Paulo, no município de Anhembi, São Paulo**. Piracicaba, 1999. 57p. Dissertação (Mestrado)- Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

KÄMPF, A. N.; JUNG, M. The use of carbonized rice hulles as horticultural substrate. **Acta Horticulturae**, Wageningen, v. 294, p. 271-283, 1991.

LEE, K.E.; WOOD, T.G. **Termites and soils**. New York: Academic Press, 1971. 251p.

LEITÃO-LIMA, P.S.; WILCKEN, C.F. Preferência alimentar de *Cornitermes cumulans* (Isoptera: Termitidae) a diferentes substratos para a produção de mudas de eucalipto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29. Ribeirão Preto. **Resumos expandidos...** 2003. CD-ROM.

LYNCH, J.P.; BEEBE, S.E. Adaptation of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) to low phosphorus availability. **HortScience**, v.30, p.1165-1171, 1995.

MACEDO, N. Atualização no controle de cupins subterrâneos em cana-de-açúcar. In: BERTI FILHO, E., FONTES, L.R. (Ed.) **Aspectos atuais da biologia e controle de cupins**. Piracicaba: FEALQ, 1995. p.121-126.

MALINOVSKI, J. R. Compactação dos solos usados para fins florestais. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1996, Águas de Lindóia. **Resumos expandidos...** Águas de Lindóia: 1996. CD-Rom.

MARICONI, F.A.M. **Inseticidas e seu emprego no combate às pragas**, 4 ed., v.2. Nobel, São Paulo, 466p. 1981.

MAULDIN, J.K. Economic importance and control of termites in the United States. In: Vinson, S.B. (Ed.) **Economic impact and control of social insects**. New York: Praeger, 1986. p. 130-143.

MAULDIN, J.K.; CARTER, F.L.; RICH, N.M. Protozoan populations of *Reticulitermes flavipes* (Kollar) exposed to heartwood blocks of 21 American species. **Material und Organismen.**, v. 16, p.15-28, 1981

MC MAHAN, E.A. Studies of termites wood-feeding preferences. **Proceedings of Hawaii Entomological Society.**, v.19, p.239-50, 1966.

MELLO, S. L. M. **Características do sistema radicular em povoamentos de eucaliptos propagados por sementes e estacas**. Piracicaba, 1997. 79p. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (Dissertação de mestrado).

MELLO, S. L. M.; GONÇALVES, J.L.M.; OLIVEIRA, L.E.G. Características do sistema radicular em povoamentos de eucaliptos propagados por sementes e estacas. **Scientia Forestalis**, v.54, p. 16-26, 1998.

MERTEN, G.H.; MIELNICZUK, J. Distribuição do sistema radicular e dos nutrientes em Latossolo Roxo sob dois sistemas de preparo do Solo. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v. 15, p.369-374, 1991.

NAIR, K.S.S.; VARMA, R.V. Some ecological aspects of the termite problem in Young eucalypt plantations in Kerala, India. **Forest Ecology and Management** , v.12, p. 287-303, 1985.

NAMBIAR, E.K.S.; COTTERILL, P.P.; BOWEN, G.D. Genetic differences in root regeneration of radiata pine. **Journal of Experimental Botany**, v. 33, p. 170-177, 1982.

NKUNIKA, P.O.Y. Termite species in native eucalypt Forest and exotic pine plantations in South Australia. **Australian Forestry**, v.51, n.2, p. 124-27. 1988.

NOGUEIRA, S.B. **Os cupins**. Viçosa- UFV, 27p. 1981. (Informe técnico, 114).

NOGUEIRA, S.B.; SOUZA, A.J. “Cupim do Cerne”, *Coptotermes testaceus* (Isoptera: Rhinotermitidae), uma praga séria para eucaliptos nos cerrados. **Brasil Florestal**, v.61, p. 27-29p, 1987.

PERES FILHO, O. **Entomologia florestal**. Mato Grosso, 2002, 84p. Universidade Federal de Mato Grosso Apostila (Graduação em Engenharia Florestal).

PIZANO, M.A. **Controle de cupins subterrâneos em cana-de-açúcar**. In: Memória de Reunião de Especialistas em Controle Alternativo de Cupins e Formigas. Brasília, DF. IBAMA, 2:13-4. 1992.

POMEROY, D.E. Studies on a two species population of termites in Kenya (Isoptera). **Sociobiology**, v.15, p. 219-36, 1989.

RAETANO, C.G.; WILCKEN, C.F.; CROCOMO, W.B. Controle de cupins em florestas de eucalipto com o inseticida fipronil (Regent 20 G) aplicado em cobertura. **Revista Árvore**, Viçosa, v.21, n.2, 289-293p. 1997.

RESH, H.M. **Hidroponic food production**. 2.ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1995. 318p.

ROBINSON, D. Roots and resource fluxes in plants and communities. In: ATKINSON, D. (Ed.) **Plant root growth: an ecological perspective**. Oxford: Blackwell, 1991. p.103-130.

ROBINSON, D. Variation, co-ordination and compensation in root systems in relation to soil variability. **Plant and Soil**, v.187, p.57-66, 1996.

SANTOS, M.M.S.; LIMA, S.O; FERNANDES, P.M. Preferência alimentar de *Cornitermes cumulans* e *Cornitermes snyderi* a variedades de cana-de-açúcar em condições de laboratório. **Anais da Escola de Agronomia e Veterinária**, v. 26, n.2, p.65-69, 1996.

SILVA, A.G.A.; GONÇALVES, C.R.; GALVÃO, D.M.; GONÇALVES, A.J.L.; GOMES, J.; SILVA, M.N.; SIMONI, L. **Quarto catálogo dos insetos que vivem nas Plantas do Brasil: seus parasitos e predadores**. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 4 vol. 1968.

SILVEIRA NETO, S. Controle de insetos e outras pragas das pastagens. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE PASTAGENS, 3, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba, Fundação Cargill. 1976. p.137-190.

SOUZA, F.X. Casca de arroz carbonizada: um substrato para a propagação de plantas. **Lavoura Arrozeira**. v.46, n. 406, 11p. 1993

SU, N.-Y. Evaluation of bait-toxicants for suppression of subterranean termite populations. **Sociobiology**, v.19, p.211-20, 1991.

SU, N.-Y.; LAFAGE; J.P. Effects of soldier proportion on the wood-consumption rate of the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). **Sociobiology**, v.13, p.145-51, 1987.

TENNANT, D.A test of a modified line intersect method of estimating root length: **Journal of Ecology**., London, v.63, p. 995-1001. 1975.

VASCONCELOS, A.C.; CASAGRANDE, A.A.; PERECIN, D.; JORGE, L.A.C.; LANDELL, M.G.A. Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. **Revista Brasileira de Ciencia do Solo**, v.27, p.849-858p. 2003.

WALLER, D.A. Feeding by *Reticulitermes* sp. **Sociobiology**, v.19, n.1, p.91-99, 1991.

WALLER, D.A.; LA FAGE, J.P. Nutritional ecology of termites. In: SLANSKY-JR., F. RODRIGUES, J.G. (Ed.) **Nutritional ecology of insects, mites, and spiders**. New York: John Wiley and Sons, 1987. p. 487-532.

WARDELL, D.A. Control of termites in nurseries and young plantations in Africa: established practices and alternative courses of action. **Commonweath Forest Review**, v. 66, n. 1, p. 77-89. 1987.

WILCKEN, C.F. Danos de cupins subterrâneos *Cornitermes* sp. (Isoptera: Termitidae) em plantios de *Eucalyptus grandis* e controle com inseticida no solo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**. v. 21, n. 3, p. 329-338, 1992.

WILCKEN, C.F.; BEZERRA Jr., N.S.; RAETANO, C.G. Técnicas de monitoramento de cupins em florestas. In: Simpósio Latino-Americano sobre Pragas Florestais, 2001, Poços de Caldas. **Resumos...** Poços de Caldas, SIF: 2001, p. 11.

WILCKEN, C.F. & RAETANO, C.G. Controle de cupins em florestas. In: BERTI FILHO, E. & FONTES, L.R. (Eds.) **Alguns aspectos atuais da biologia e controle de cupins**. 141-154, 1995.

WILCKEN C.F.; RAETANO, C.G.; FORTI, L.C. Termite pests in *Eucalyptus* forest of Brazil. **Sociobiology**. v.40, n.1, p.179-190. 2002.

WILCOX, D.; DOVE, B.; McDAVID, D.; GREER, D. **UTHSCSA Image Tool Version 2.0**. University of Texas, health Science Center, p. 51, 1997.

WITSCHORECK, R.; SCHUMACHER, M.V.; CALDEIRA, V.W. Estimativa da biomassa e do comprimento de raízes finas em *Eucalyptus urophylla* ST. Blake no município de Santa Maria-RS. **Revista Árvore**, v.27, n.2, p.177-183, 2003.

WOOD, T.G. Food and feeding habitats of termites. In: BRIAN, M.V. (Ed.) **Production ecology of ants and termites**. London: Cambridge Univ. Press, 1978. p.55-80.