

SÉRIE
E-BOOKS

CUPIM SUBTERRÂNEO ASIÁTICO

Coptotermes gestroi
(Wasmann, 1896)



BOOK 05



Tapinoma

A CIÊNCIA NO CONTROLE
DE PRAGAS

2025

Osmar Malaspina,
Priscila Cintra Socolowski,
Marcos Takeaki Dias Monma,
Itamar Cristina Reiss,
Roberto Rozenblum

2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Cupim-subterrâneo-asiático [livro eletrônico] :
Coptotermes gestroi (Wasmann, 1896) / Osmar
Malaspina...[et al.]. -- Rio Claro, SP :
Tapinoma, 2025. -- (Série tapinoma: a ciência no
controle de pragas)
PDF

Outros autores: Priscila Cintra Socolowski, Marcos
Takeaki Dias Monma, Itamar Cristina Reiss, Roberto
Rozenblum.

Bibliografia.

ISBN 978-65-987070-1-9

1. Animais (Zoologia) 2. Pragas - Controle
3. Pragas e insetos - Controle biológico
I. Malaspina, Osmar. II. Socolowski, Priscila Cintra.
III. Monma, Marcos Takeaki Dias. IV. Reiss, Itamar
Cristina. V. Rozenblum, Roberto. VI. Série.

25-272243

CDD-632.96

Índices para catálogo sistemático:

1. Pragas : Controle integrado 632.96

Eliane de Freitas Leite - Bibliotecária - CRB 8/8415

ISBN: 978-65-987070-1-9



Autores

Osmar Malaspina

Graduado em Ciências Biológicas, possui mestrado (1979) e doutorado (1982) em Ciências Biológicas (Zoologia) pelo Instituto de Biociências de Rio Claro, UNESP, Universidade Estadual Paulista. Atualmente é professor livre docente do Depto de Biologia Geral e Aplicada do Instituto de Biociências da UNESP, Rio Claro, SP. Coordenador do Grupo de Pesquisa em Ecotoxicologia e Conservação de Abelhas (LECA) e do Grupo de Trabalho para o desenvolvimento de métodos para testes de toxicidade em abelhas nativas brasileiras junto a Comissão Internacional para as Relações Planta-Polinizador (ICPPR). Desenvolve projetos de pesquisa e atua na formação de recursos humanos nas áreas de Zoologia Aplicada e em Biologia Celular envolvendo os temas: insetos sociais, biologia, comportamento, controle, toxicidade, interação planta-polinizador, conservação de polinizadores e produtos apícolas. É um dos cofundadores e sócio proprietário da Empresa TAPINOMA Comércio e Indústria de Desinfestantes Ambientais LTDA (2001).

Priscila Cintra Socolowski

Possui graduação em Bacharelado em Ciências Biológicas (1998), mestrado em Ciências Biológicas (Zoologia) (2001) e doutorado em Ciências Biológicas (Zoologia), todos pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2006). Concluiu Pós-Doutorado (2011-2015) na área de Biologia Celular e Molecular também pela UNESP. Tem experiência na área de Zoologia: toxicidade, inseticidas, ecotoxicologia de insetos. Prestou assessoria científica (2010-2022) no HCFMB da UNESP de Botucatu, Hospital Estadual de Botucatu, SARAD, PS Adulto e Infantil (Botucatu- SP), para controle de animais sinantrópicos em ambientes hospitalares. Atuou (2015-2024) como técnica responsável pela operação do Microscópio confocal de varredura a laser, no laboratório de Microscopia Eletrônica da UNESP-CEIS. Atualmente é a Gestora da Qualidade da Empresa TAPINOMA Comércio e Indústria de Desinfestantes Ambientais LTDA, prestando também assessoria científica.

Marcos Takeaki Dias Monma

Graduado em Engenharia Agrônoma pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1996), MBA em Gestão Empresarial pela Fundação Getúlio Vargas (2015). Possui 8 anos de experiência em Toxicologia, Ecotoxicologia e Entomologia, como Diretor de Estudos nas Instituições Bioagri e Ecolyzer. Atuou na área técnica e comercial por 19 anos na Indústria de produtos domissanitários, respectivamente Neogen/Rogama e Insetimax. Desde jan/2024 é o CEO da Empresa TAPINOMA Comércio e Indústria de Desinfestantes Ambientais LTDA.

Itamar Cristina Reiss

Possui Graduação em Ciências Biológicas – Licenciatura pelo Centro Hermínio Ometto, UNIARARAS, Araras -SP; Pós-graduação *latu sensu* em Entomologia Urbana pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, UNESP de Rio Claro-SP e Pós-graduação em Engenharia de Sistemas Avançados de Gestão da Qualidade pela FATEP, Faculdade Tecnológica de Rio Claro, SP. Possui vasta experiência em coletas, identificação, coleção e manutenção de formigas em laboratório, sendo a Responsável Técnica da Empresa TAPINOMA Comércio e Indústria de Desinfestantes Ambientais LTDA, desde jun/2009.

Roberto Rozenblum

Advogado de formação (graduação 1984 Faculdade de Direito da Universidade de São Paulo / Pós Graduação: Faculté de Droit Paris I – Sourbonne / 3 ème cycle: 1987). Iniciou sua atividade da área química em 2004 por ocasião da aquisição de participação acionária da sociedade BEQUISA, tendo assumido a presidência da companhia 2004 – 2005). Desenvolvedor das iscas cupinícidas CupinOut, também desenvolve produtos das áreas domissanitária, agrícola e de biotecnologia.

Sumário

1. Resumo	04
2. Introdução	04
3. Origem da espécie <i>Coptotermes gestroi</i>	07
4. Biologia	10
5. Comportamento	16
6. Reprodução	19
7. Habitat	23
8. Controle	28
9. A empresa Tapinoma	33
10. Artigo especial extraordinário: “<i>Iscas cupinidas: fundamentos, dinâmica social, eficácia e impactos no controle de cupins</i>”	34
11. Referências Bibliográficas	38

1. Resumo

Coptotermes gestroi (Insecta: Blattodea: Rhinotermitidae) é uma das principais espécies de cupins causadores de danos, também conhecida por cupim-subterrâneo-asiático. As colônias contêm três castas primárias: operários, soldados e indivíduos reprodutores (alados). Os operários representam a maioria dos indivíduos no ninho e os reprodutores correspondem ao casal real (rei e rainha), que pode viver meses e até anos. Se ocorrer a morte desses reprodutores primários ou se a colônia crescer muito, podem aparecer reprodutores de substituição, chamados de neotênicos. Através do processo de trofalaxia, os operários trocam alimentos entre indivíduos, por regurgitação, excreção anal ou secreção salivar, que ocorre entre membros de uma mesma colônia. Nessas comunidades, a forma de comunicação se dá principalmente através do uso de moléculas químicas mensageiras conhecidas como “feromônios”. A espécie *C. gestroi* é classificada como cupim subterrâneo, porque esses insetos não dependem do solo para sobreviver, são xilófagos (alimentam-se de madeira) e podem construir seus ninhos fora desta fonte alimentar em locais de difícil localização, como em ocos de árvores ou profundamente no solo. Atividades humanas como o comércio internacional, o transporte de mercadorias e viagens são os principais meios para a introdução e dispersão de cupins. Na América do Sul são encontradas apenas duas espécies do gênero *Coptotermes*: a introduzida de origem asiática (*C. gestroi*), que não é encontrada em ambientes naturais e *Coptotermes testaceus*, amplamente distribuída. Os cupins exercem um papel importante na reciclagem de nutrientes, porém alguns gêneros de cupins subterrâneos representam a maior parte do custo anual estimado de US\$ 40 bilhões no mundo todo e as espécies do complexo *Coptotermes*-*Reticulitermes*-*Heterotermes* são os principais responsáveis por danos estruturais. Atualmente, métodos de controle utilizando inibidores da síntese de quitina visam eliminar colônias que se alimentam das formulações de isca, com ingredientes ativos da classe das benzoilureias. Operários precisam realizar a muda regularmente e os inibidores interferem nesse processo, permitindo tempo suficiente para a aquisição de uma dose letal para toda a colônia antes da mortalidade generalizada.

2. Introdução

Coptotermes gestroi (Insecta: Blattodea: Rhinotermitidae) é uma das principais espécies de cupins causadores de danos, também conhecida como aleluias, térmitas, sará-saris e cupim-subterrâneo-asiático, pois são pequenos insetos de origem asiática que vivem no subsolo. Constroem colônias onde existe uma rainha e um rei, que são os reprodutores primários e fundaram o ninho na época das revoadas, quando possuem asas (aleluias) e se acasalam. No entanto, a maior parte dos indivíduos que constituem os ninhos de *C. gestroi* são os operários e os soldados, que podem ser de ambos os sexos e são estéreis. São insetos sociais, em que os operários são os mais numerosos e apresentam coloração esbranquiçada, enquanto os soldados possuem cabeças esclerotizadas (endurecidas) de cor amarelada com fortes mandíbulas, para atuar na defesa (Krishna e Weesner, 1970; Costa-Leonardo, 2002) (**Figura 1**).

Figura 1: Colônia inicial de *Coptotermes gestroi*, com a rainha (canto superior esquerdo) e o rei (canto inferior direito), presença de ovos e ninfas (formas jovens), mas nenhum operário ou soldado foi produzido ainda.



Fonte: Chouvinc, 2022.

Os cupins da espécie *C. gestroi* possuem algumas características que potencializam os danos causados como praga. Os ninhos podem ser subterrâneos ou aéreos, e muitas vezes apresentam várias partes distribuídas no ambiente que ficam interligadas entre si (ninhos policólicos), que podem também apresentar um par real reproduzindo. Outra característica que merece destaque é a imensa população de uma colônia madura, que pode chegar a um milhão de indivíduos que buscam alimentos num raio de pelo menos 100 m (Matheus, 2020). Na testa dos soldados há uma abertura, chamada de fontanela, que pode expelir uma secreção defensiva branca, motivo pelo qual são chamados de cupins de leite filipinos na Ásia (Wikipedia, 2025) (Figura 2).

Figura 2: soldados de cupim subterrâneo (*C. gestroi*) com destaque para a fontanela e a substância leitosa produzida pela glândula frontal na cabeça.



Fonte: Matheus, 2020.

Os cupins-subterrâneos alimentam-se basicamente de celulose, mas existem espécies que se alimentam de madeiras em vários estágios de decomposição, raízes, sementes, serapilheira e até mesmo de húmus, material orgânico resultante da decomposição de animais e plantas. Nos ecossistemas tropicais e subtropicais, os cupins desempenham importante função como decompositores, embora sejam mais conhecidos pelos prejuízos causados como inseto praga (Lee e Wood, 1971; Lima e Costa-Leonardo, 2007) (**Figura 3**).

Figura 3: trilha de *C. gestroi* em madeira viva.



Fonte: Biodiversity4all, 2025.

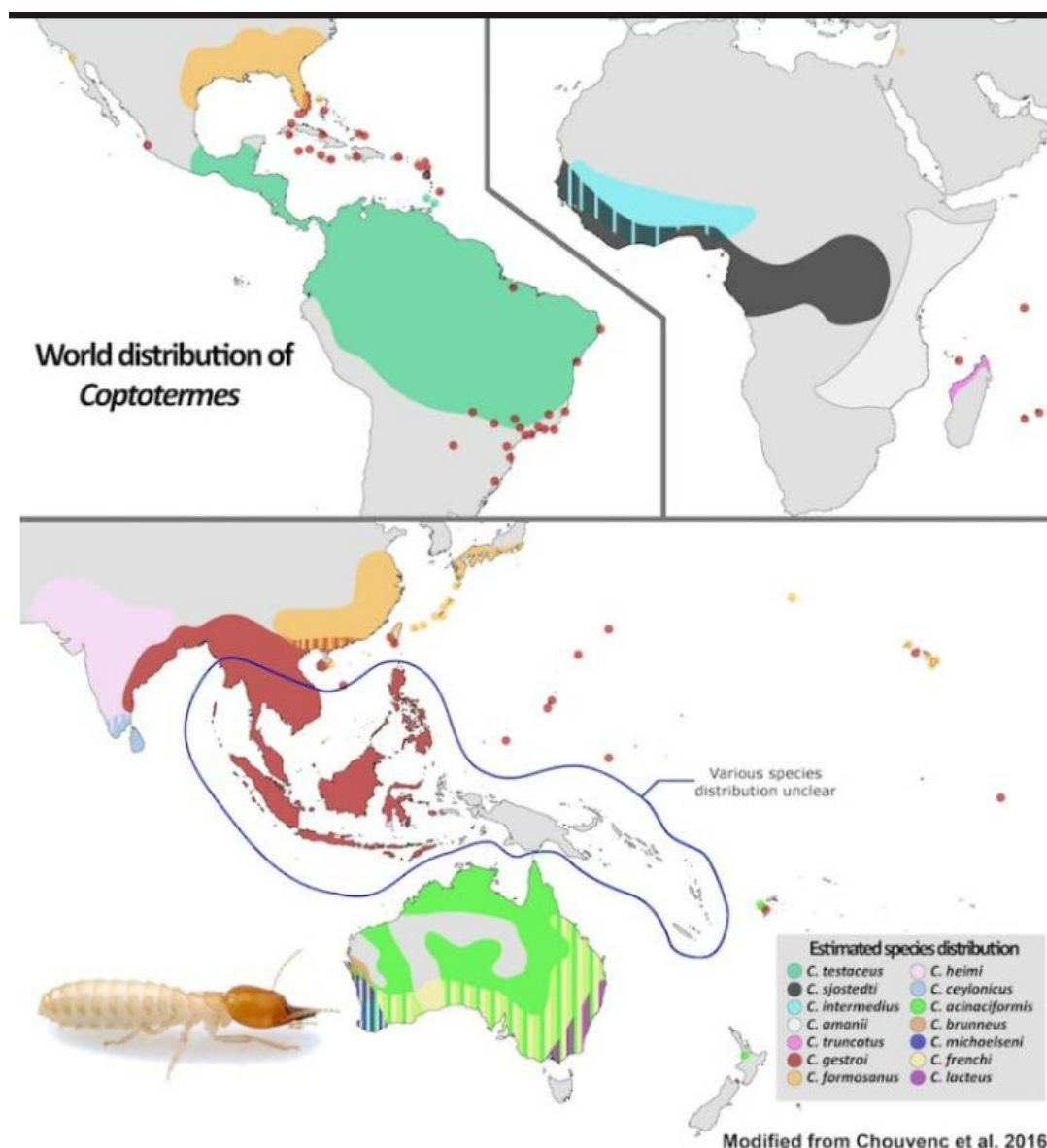
Atividades humanas como o comércio internacional, o transporte de mercadorias e viagens são os principais meios para a introdução de cupins praga, e infestações a bordo são os meios mais prováveis de dispersão de *C. gestroi*. Todos os objetos substanciais contendo celulose e umidade adequada podem manter pequenas colônias durante sua jornada para novas áreas. Isso pode incluir grandes artigos de madeira usados no transporte, como engradados, paletes ou contêineres de transporte, madeira serrada, dormentes ferroviários, postes de madeira e recipientes de plantio contendo solo. Alados são frequentemente encontrados saindo de barcos infestados (Su e Scheffrahn, 1987) como iates, veleiros e embarcações, para colonizar novas áreas úmidas em regiões subtropicais e tropicais. No entanto, o uso crescente de aquecimento central em edifícios pode promover seu estabelecimento em regiões ainda mais frias (Scheffrahn e Su, 2017).

O controle de cupins subterrâneos em edificações da cidade de São Paulo teve seu custo avaliado pelo Instituto de Pesquisa Tecnológico em R\$ 7,9 milhões, considerando-se desde as etapas de inspeção até o tratamento químico (Romagnano e Nahuz, 2006). Alguns gêneros de cupins subterrâneos representam a maior parte do custo anual estimado de US\$ 40 bilhões com cupins no mundo todo (Rust e Su, 2012), e as espécies do complexo *Coptotermes*-*Reticulitermes*-*Heterotermes* são os principais responsáveis por danos estruturais (Chouvenc *et al.*, 2021).

3. Origem da espécie *Coptotermes gestroi*

O gênero *Coptotermes* tem aproximadamente 21 espécies descritas válidas ao redor do mundo e a maioria delas — se não todas — tem *status* de praga em suas respectivas distribuições geográficas. Acredita-se que a distribuição nativa dessas espécies incluam 3 da África, 6 originárias da Austrália, 1 na América Central e do Sul e 11 no Leste Asiático, Sudeste Asiático e Oceania. Apenas duas espécies são realmente conhecidas por terem grandes capacidades invasivas: *C. gestroi* (cupim-subterrâneo-asiático) e *Coptotermes formosanus* (Chouvenc *et al.*, 2016; Chouvenc *et al.*, 2022) (**Figura 4**).

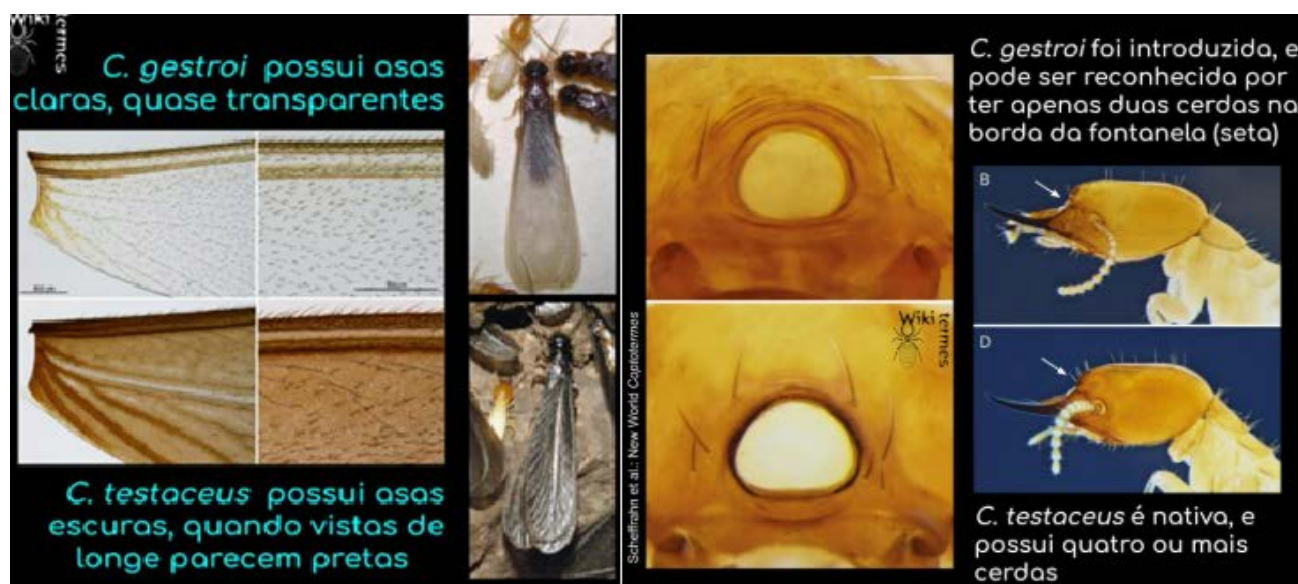
Figura 4: mapa de distribuição das espécies do gênero *Coptotermes* no mundo. *C. gestroi* aparece em vermelho e *C. formosanus* em laranja. No Brasil observa-se ampla distribuição do *C. testaceus*, única espécie nativa da América do Sul.



Fonte: Chouvenc, 2022.

Na América do Sul são encontradas apenas duas espécies do gênero *Coptotermes*: *C. testaceus*, amplamente distribuída, e a espécie introduzida (*C. gestroi*), que não é encontrada em ambientes naturais. Os soldados das duas espécies podem ser diferenciados por uns pelinhos na borda da fontanela e os alados (reprodutores) podem ser diferenciados pela cor das asas. Na espécie nativa (*C. testaceus*) as asas são escuras, e na espécie introduzida (*C. gestroi*) as asas são claras, quase transparentes (Matheus, 2020) (**Figura 5**).

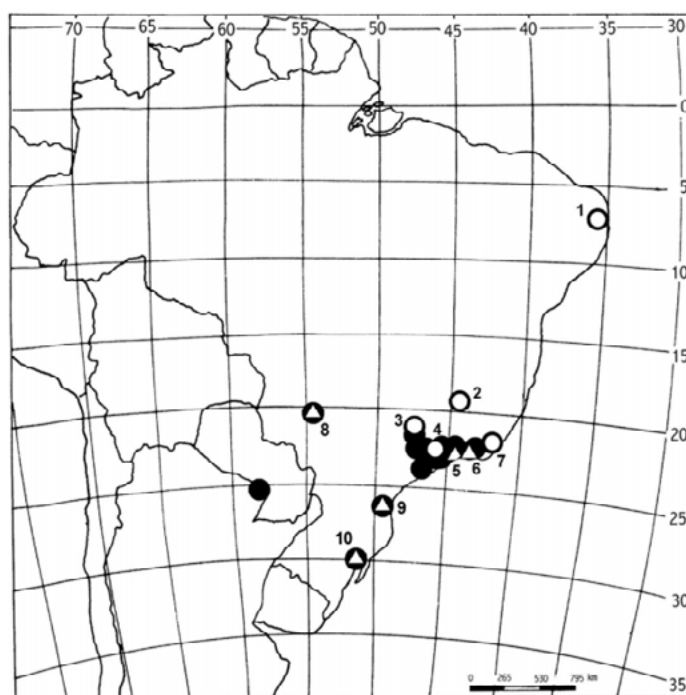
Figura 5: diferenciação entre as duas espécies de cupim presentes na América do Sul: *C. gestroi*, que tem asas claras e 2 cerdas na borda da fontanela do soldado e *C. testaceus* (espécie nativa), que possui asas escuras e 4 ou mais cerdas na fontanela.



Fonte: Matheus, 2020.

O cupim-subterrâneo-asiático é uma espécie originária do nordeste da Índia, que migrou através da Birmânia, Tailândia, Malásia e arquipélago Indonésio, tornando-se uma grande praga introduzida em vários países ao redor do mundo, incluindo o Brasil. A análise filogenética de indivíduos dessa espécie mostrou parentesco entre dois grupos principais: (1) populações de Cleveland (EUA) e da Malásia e (2) populações do Brasil, outras da Malásia, Tailândia, Porto Rico e Key West (EUA). Segundo esses estudos genéticos também foi evidenciada a ampla distribuição de *C. gestroi* no Brasil, com novos registros da espécie em 3 Estados: Campo Grande (MS), Itajaí (SC) e Porto Alegre (RS) (Martins *et al.*, 2010) (**Figura 6**).

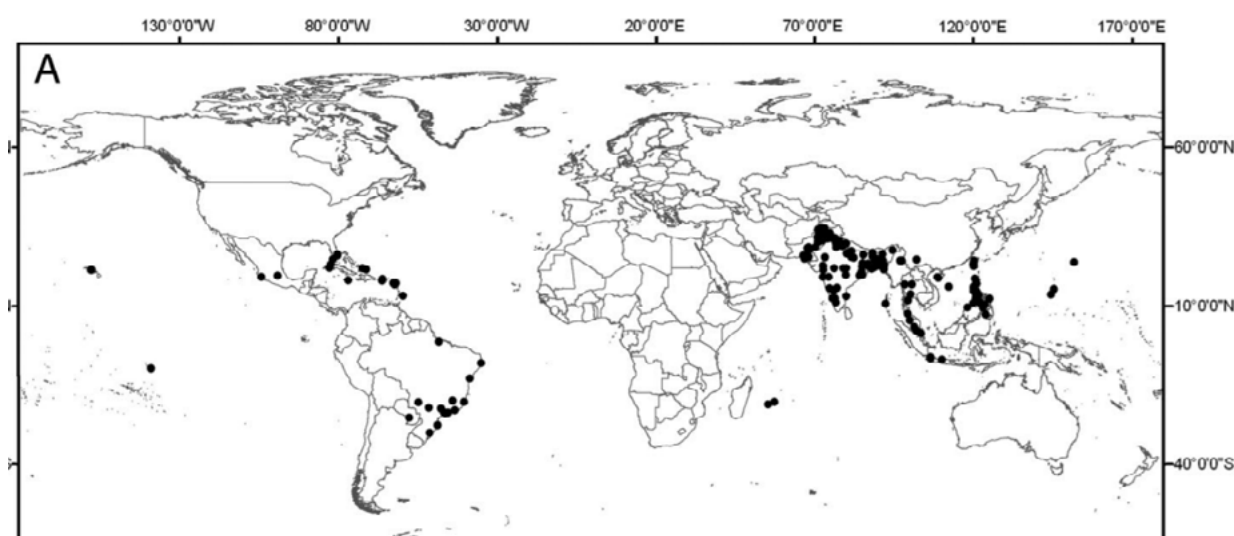
Figura 6: Distribuição de *C. gestroi* na América do Sul. No Brasil: 1- Recife; 2- Belo Horizonte; 3- Rio Claro; 4- São Paulo; 5- São Sebastião; 6- Parati; 7- Rio de Janeiro; 8- Campo Grande; 9- Itajaí; 10- Porto Alegre.



Fonte: Martins *et al.*, 2010.

C. gestroi vem expandindo sua distribuição geográfica no Brasil desde a sua introdução, de forma descontínua e restrita a áreas urbanas, levantando hipóteses sobre o número de introduções independentes que ocorreram de colônias vindas de várias regiões do mundo (**Figura 7**). Foi registrado primeiramente em infestações de prédios no Rio de Janeiro (1923) e em Santos (1934), que têm portos e são pontos de origem de rotas economicamente importantes para o interior do país. Ninhos de cupim-subterrâneo costumavam ficar escondidos em estruturas de madeira dos navios, invadindo o solo por meio de enxames alados dos ninhos maduros ou por meio de colônias jovens/incipientes que se instalavam nas cargas transportadas para o continente. Já durante a segunda metade do século XIX, provavelmente ocorreram as introduções mais distantes, proporcionadas pelo transporte humano de colônias jovens. Nas cidades, a dispersão ocorre principalmente de forma contínua do ponto de introdução original por meio da enxameação das colônias maduras (Fontes e Milano, 2002; Milano e Fontes, 2002).

Figura 7: de acordo com estudos, no total 184 localidades em 24 países foram infestados por *C. gestroi*.

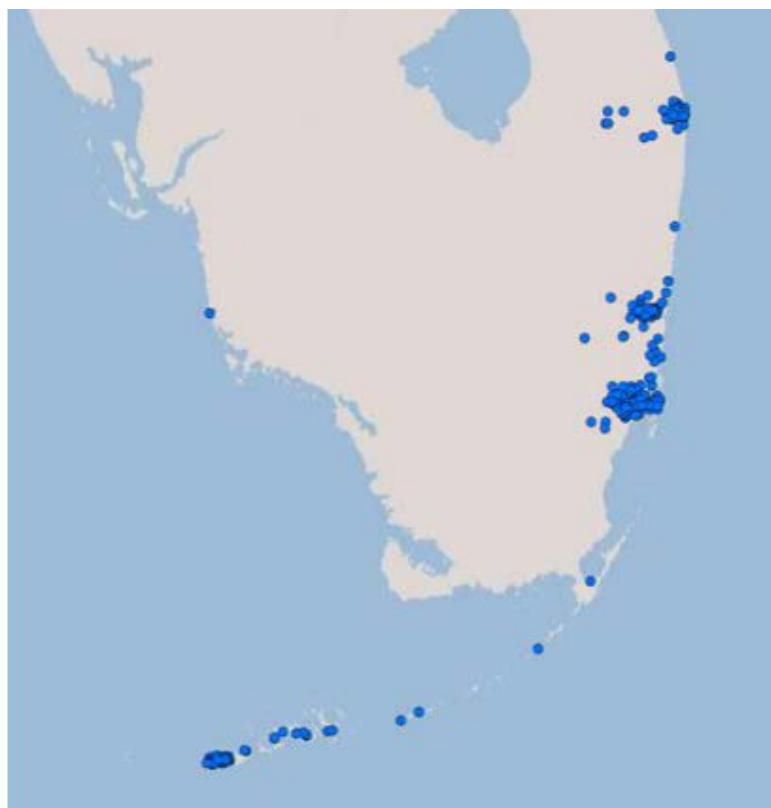


Fonte: Li *et al.*, 2013.

Na região Sudeste do Brasil, os cupins da espécie *C. gestroi* causam danos nas cidades do Rio de Janeiro, Niterói, Cabo Frio, Seropédica, Santos, São Vicente, Guarujá, São Paulo, Campinas, Piracicaba, Rio Claro, Limeira, Porto Ferreira, Ribeirão Preto, Taubaté e Jacareí. Infestações dessa espécie também foram encontrados nos estados de Pernambuco, Para e Bahia, Ceara, Espírito Santo, Minas Gerais, Paraná e Santa Catarina, nunca registrado em áreas rurais. Na cidade de Rio Claro -SP, estão estabelecidos há mais de cinquenta anos, sendo que prejuízos na região central da cidade já eram registrados desde 1970 (Fontes e Veiga, 1998; Ferraz, 2000; Constantino, 2002; Costa-Leonardo, 2002; Fontes e Milano, 2002).

Em 1963 ocorreu o registro de *C. gestroi* numa única casa no Havaí, repetindo-se em 1999 e 2000, na ilha de Oahu. A partir dessas descobertas a espécie tornou-se objeto de estudos num projeto de pesquisa da Universidade do Havaí. Já em 1996, descobriu-se um ninho que infestava uma igreja e uma loja na Flórida, e em 1999 novamente em Key West. Novas descobertas foram feitas em 2002 e 2006, a partir do estabelecimento da espécie em Broward e Dade (EUA). A espécie também foi encontrada em alguns barcos ancorados na costa da Flórida e acredita-se que os cupins possam ter chegado ao estado por esse meio. Os insetos sexualmente maduros nos barcos chegariam ao continente após voos nupciais. Nas Índias Ocidentais, o cupim-subterrâneo-asiático se estabeleceu em alguns habitats de florestas naturais, mas na Flórida parece estar restrito a estruturas feitas pelo homem, às árvores próximas e aos barcos. Nos Estados Unidos, provavelmente permanecerá restrita ao sul da Flórida, porque é uma espécie tropical e só pode se desenvolver com calor suficiente (Su *et al.*, 1997; Scheffran e Su, 2017) (**Figura 8**).

Figura 8: mapa de distribuição do cupim-subterrâneo-asiático, *C. gestroi* na Flórida (EUA).



Fonte: Scheffran e Su, 2017.

4. Biologia

A família Rhinotermitidae, que compreende os cupins do gênero *Coptotermes*, agrupa os cupins subterrâneos, porque seus ninhos são geralmente encontrados sob o solo e tem hábitos crípticos (vivem escondidos) (Costa-Leonardo, 2002). Kirton e Brown (2003) determinaram que “cupim-subterrâneo-de-Haviland”, da espécie *Coptotermes havilandi*, era um sinônimo de *Coptotermes gestroi*. Por convenção taxonômica adequada, se as duas espécies são na verdade uma só, o nome mais antigo -*C. gestroi*- passou a ser utilizado para denominar a espécie. Da mesma forma, esses pesquisadores também propuseram que *C. gestroi* recebesse o nome comum de cupim-subterrâneo-asiático.

Há 28 espécies de cupins consideradas invasoras, que sempre apresentam três características comuns: o tipo de alimentação, o tipo de ninho e uma maior capacidade de produzir reprodutores secundários (Evans *et al.*, 2013). A espécie *C. gestroi* também é muito parecida com *C. formosanus*, mas podem ser diferenciados ao microscópio, com o número de pelos na cabeça do soldado diferindo nas duas espécies (Wikipedia, 2025) (**Figura 9**).

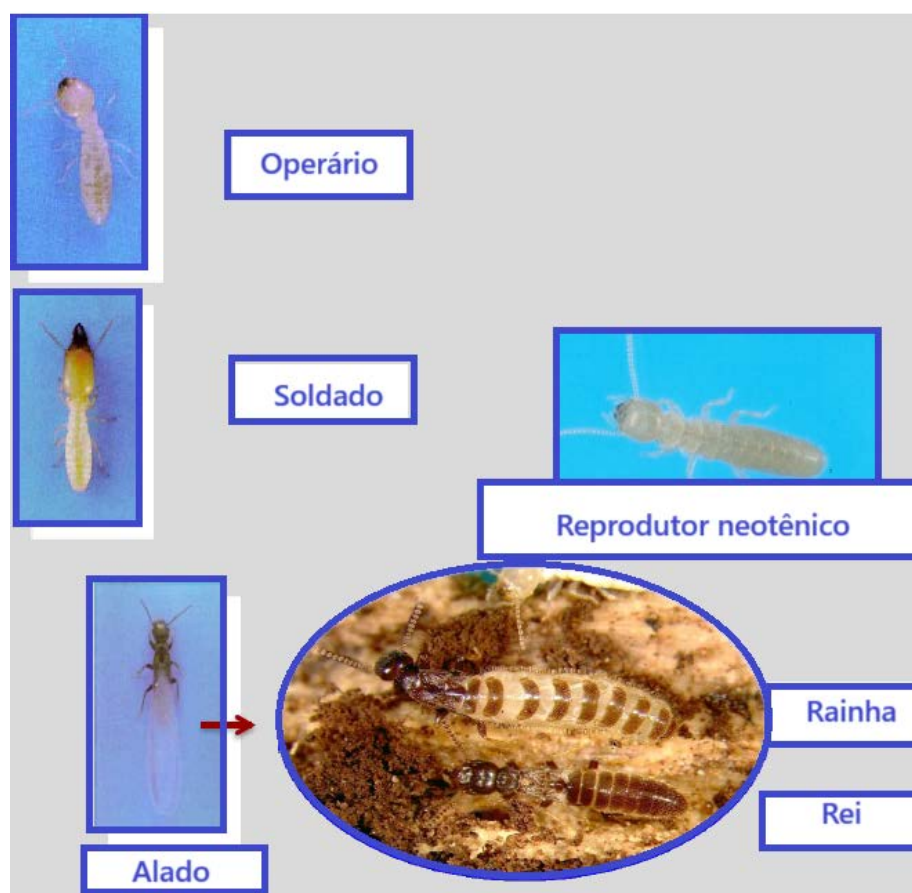
Figura 9: Vista lateral da cabeça do soldado de *C. gestroi* (esquerda) e *C. formosanus* (direita). Antenas removidas para maior clareza.



Fonte: Rudolf H. Scheffrahn, Universidade da Florida.

Uma colônia de *C. gestroi*, assim como nas demais espécies de cupins, contém três castas primárias: operários, soldados e indivíduos reprodutores. Os soldados tem cabeça alongada e oval, de cor amarelo-avermelhada, mandíbulas marrom-avermelhadas, e pernas e abdome claros. A cabeça apresenta algumas cerdas dispersas, sendo que na fontanela há uma cerda de cada lado. As antenas possuem 14 ou 15 segmentos, sendo que os soldados e operários são cegos, uma vez que comunicam-se por feromônios e vivem dentro do interior escuro dos ninhos e túneis de forrageamento (Rojas-Sandoval, 2023).

Já os operários possuem cabeça de coloração amarelo-esbranquiçada a amarela e demais estruturas: antenas, pronoto, pernas e tergitos abdominais são amarelo-claros. A cabeça é circular e oval, com cerdas numerosas, mas não densas, dispersas aleatoriamente. Não possuem olhos compostos e ocelos. Suas antenas apresentam 14 segmentos e nas mandíbulas observam-se dentes, alguns mais longos e outros distintos (Rojas-Sandoval, 2023). Os operários estão incumbidos de diversas funções rotineiras como: obtenção do alimento, construção, reparação, expansão, limpeza do ninho e tuneis associados, eliminação de indivíduos mortos, cuidados com a cria, soldados e reprodutores, incluindo fornecimento de alimento a esses indivíduos, além de atuarem também na defesa do seu território (Costa-Leonardo, 2002). (Figura 10)

Figura 10: Castas de *C. gestroi*.

Fonte: Adaptado de Jones e Eaton, 2018.

Através do processo de trofalaxia, os operários trocam de alimentos entre indivíduos, por regurgitação, excreção anal ou secreção salivar, que ocorre entre membros de uma mesma colônia. Essas substâncias apresentam valor nutritivo, contêm feromônios reguladores do desenvolvimento social da colônia, e microrganismos simbiotes (protozoários), que são essenciais para a digestão da celulose (Fontes e Araújo, 1999).

Os operários de cupins da espécie *Coptotermes formosanus* (mesmo gênero do cupim-subterrâneo-asiático, que aparecem em países de clima temperado) fazem a muda ou ecdise a cada 45 dias e a taxa diária de muda da colônia é de cerca de 1 a 2%. Nessa espécie, os operários param de forragear e perdem sua fauna intestinal, respectivamente, aproximadamente 10 a 5 dias antes da ecdise. Os operários destinados à muda tornam-se lentos e suas cápsulas cefálicas desenvolvem uma textura manchada um dia antes da ecdise. A ecdise geralmente é realizada com a ajuda de outros operários, que também se alimentavam das exúvias ("pele" ou exoesqueleto vazio), que são ricas em nitrogênio. Imediatamente após a muda, as mandíbulas dos operários apresentam coloração rosa claro e se tornam totalmente melanizadas (escuras) em aproximadamente 2 dias. A fauna intestinal é adquirida no quarto dia após a muda, por meio da transferência de microrganismos flagelados provenientes de outros operários, pois alimentam-se da excreção anal (alimentação proctodeal) (Raina *et al.*, 2008; Kakkar *et al.*, 2016; Kakkar *et al.*, 2017; Lee *et al.*, 2021) (**Figura 11**).

Figura 11: exúvia de *Coptotermes gestroi*, exoesqueleto ou tegumento abandonado pelos cupins quando realizam a muda (ecdise). É a “casca” ou a “pele morta” que um animal deixa para trás após a mudança de tamanho ou estado de vida.



Fonte: Entomology today, 2025. Foto de Reina Tong, PhD.

Os reprodutores correspondem ao casal real, formado pelo rei e pela rainha, que permanecem sempre próximos. A fecundação ocorre intermitentemente durante toda a vida desses reprodutores, que pode durar meses e até anos. A rainha é fisogástrica – tem o abdome distendido- e coloca muitos ovos, gerando uma elevada densidade populacional na colônia (Costa-Leonardo e Camargo-Dietrich, 1999). Caso ocorra a morte desses reprodutores primários ou se a colônia crescer muito, podem aparecer reprodutores de substituição ou neotênicos, os quais estão aptos para assumir o papel do par real. Estes reprodutores secundários geralmente são indivíduos que desenvolvem o sistema reprodutivo, mas retêm características juvenis. Existem neotênicos tanto “ninfóides” (quando derivam de ninfas), quanto “ergatóides” (quando derivam de operários) (Costa-Leonardo, 2002) (**Figura 12**).

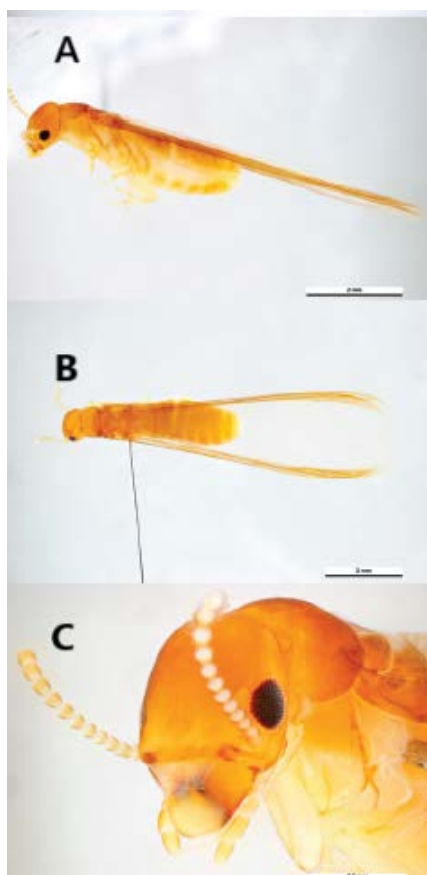
Figura 12: Rainha com primeiros sinais de fisogastia (aumento do abdome) e rei de cupim da espécie *C. gestroi*.



Fonte: Chouvenc, 2021.

Os cupins reprodutores alados são os responsáveis pela reprodução e fundação de novos ninhos. Possuem dois pares de asas membranosas, utilizadas somente no voo de dispersão, que ocorre durante a revoada ou enxameamento, e são eliminadas logo após o pouso dos insetos (Su e Scheffran, 1993; Costa-Leonardo e Camargo-Dietrich, 1999). Ao contrário dos operários, o corpo dos cupins reprodutores é bastante pigmentado e possuem olhos compostos (Barsotti, 2001) (**Figura 13**).

Figura 13: cupins alados, reprodutores de *C. gestroi*: A- vista lateral, B- vista dorsal e C- cabeça do alado.



Fonte: Rojas-Sandoval, 2023.

Os cupins exercem um papel importante na reciclagem de nutrientes e ocupam a posição de consumidores primários (que se alimentam de plantas e detritos) nos ambientes naturais, pois atuam nos processos de trituração, decomposição, humificação e mineralização de uma variedade de materiais celulósicos (Costa- Leonardo, 2002).

A alimentação dos cupins é extremamente diversa, constituída principalmente por materiais de origem celulósica (celulose é um dos materiais que compõem as células das plantas). No entanto, durante a busca pelos alimentos, *C. gestroi* pode danificar uma ampla variedade de materiais, tais como madeira das estruturas, papel, papelão, cabos elétricos e telefônicos, plásticos, reboco, couro, tecidos, isopor, metal, borracha, betume, gesso e árvores vivas (Fontes, 1995; Costa-Leonardo *et al.*, 1999; Costa-Leonardo, 2002) (**Figura 14**). Em ambientes naturais, as fontes principais de alimento são: madeira viva ou morta (em diversos estágios de decomposição), e também gramíneas, raízes, sementes, fezes de herbívoros e húmus (matéria orgânica depositada no solo, resultante da decomposição de animais e plantas mortas, folhas e de seus subprodutos ou produzida por minhocas) (Berti Filho, 1995).

Figura 14: Danos causados por cupins da espécie *C. gestroi* em vão do forro em teto de banheiro de apartamento na cidade de São Paulo – SP.



Fonte: Fontes, 2022.

As madeiras que são mais “moles”, como o *Pinus*, são infestadas mais seriamente por apresentarem menor resistência. No entanto, os cupins-subterrâneos podem ser encontrados consumindo madeiras mais resistentes como a peroba, considerada uma madeira nobre. Podem também infestar árvores vivas em áreas urbanas, consumindo o cerne das árvores, que mantem uma aparência saudável, até serem derrubadas pelos ventos ou pela chuva durante uma tempestade, colocando em perigo a vida das pessoas e causando prejuízos ao tombarem sobre bens materiais, como carros e casas (Costa-Leonardo, 2002).

5.Comportamento

Nos insetos sociais, as comunidades vivem em contato permanente com seus companheiros em colônias ou ninhos, assim como pode ser observado em abelhas, vespas, formigas e nos cupins. Nesses grupos organizados observa-se divisão das tarefas segundo as classes ou castas e cooperação entre os membros. Há mecanismos que permitem aos integrantes das colônias uma ampla troca de informações em contextos visuais, acústicos, táteis, magnéticos ou químicos. Para tanto, o uso de moléculas químicas mensageiras é a forma de comunicação mais difundida entre os insetos sociais e são amplamente conhecidas como “feromônios” (Sillan-Dussès *et al.*, 2011). Os feromônios de trilhas, usados na atividade de forrageamento, têm um importante papel na organização e na manutenção da sociedade dos cupins (Howse, 1984) (**Figura 15**).

Figura 15: cupins da espécie *C. gestroi* forrageando em madeira.



Fonte: Entomology Today, 2024, foto de Thomas Chouvenc.

Nos cupins-subterrâneos-asiáticos o forrageamento (busca por alimento) é um processo coletivo e integra tanto atividades individuais quanto coletivas. Envolve centenas ou até milhares de insetos, acontece acima do solo e no subsolo, é coordenado por substâncias químicas e suas galerias de forrageio e túneis são conectadas entre si e aos ninhos (principal e secundários). *C. gestroi* constrói galerias que garantem o efeito do feromônio (que não se dispersa) e a proteção do alimento contra predadores, além do transporte. As galerias e túneis representam um enorme investimento em tempo e energia na sua construção (feita com solo, saliva e até excrementos), mas protegem os cupins contra a luz e dessecação, porque os corpos destes insetos são muito brancos e de consistência mole e frágil. A distribuição das espécies de cupins, a densidade dos cupins no solo, e o tempo de revoada dos alados são afetados pela umidade e temperatura do ambiente (Nutting, 1969; Haverty *et al.*, 1974, Camargo- Dietrich, 2000) (**Figura 16**).

Figura 16: Reprodutores, soldados e operários (brancos e de corpo pouco esclerotizado), mais frágeis ao processo de dessecação.

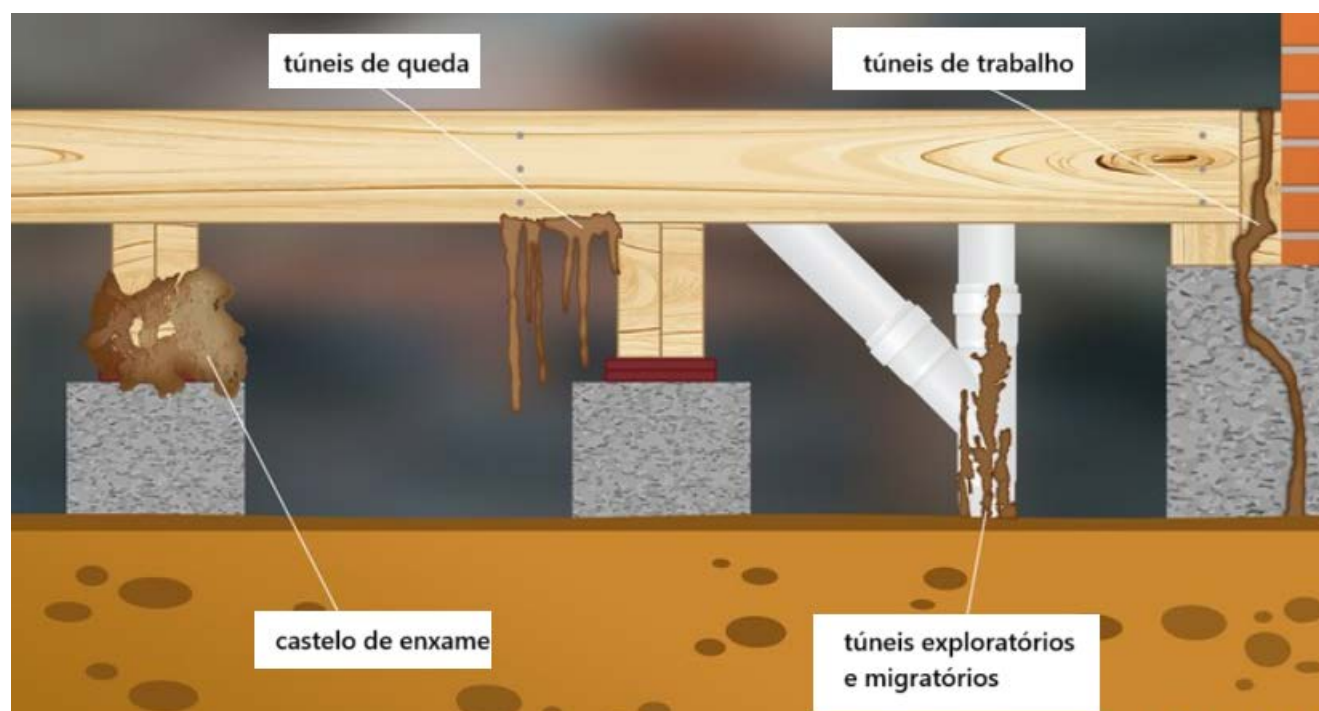


Fonte: Entomology Today, 2016. Foto de Rudolf H. Scheffrahn.

Existem quatro tipos de túneis de barro que são construídos por cupins subterrâneos (Rodriguez, 2024) :

- **castelo de enxame:** são construídos quando cupins do enxame (alados reprodutores) começam a se mover para a posição de voar para longe de sua colônia
- **túneis de queda:** suspensos entre o solo e os membros de madeira da estrutura. São fáceis de identificar porque parecem estalactites em cavernas (crescem do teto para baixo) e sua finalidade é tornar as fontes de alimento mais acessíveis aos trabalhadores de cupins e interligar os túneis.
- **túnel exploratório e/ou migratório:** finos e frágeis, mas facilmente visíveis, pois se ramificam em múltiplas direções. Tem por finalidade procurar por fontes de alimento, se elevam do solo, mas não estão conectados a nenhuma fonte alimentar.
- **túneis de trabalho:** túneis utilitários, são mais resistentes e servem de passagem segura a centenas de milhares de cupins saindo de seus ninhos em direção às fontes de alimentos diariamente (Figura 17).

Figura 17: Esquema ilustrativo dos túneis de barro construídos por cupins subterrâneos.



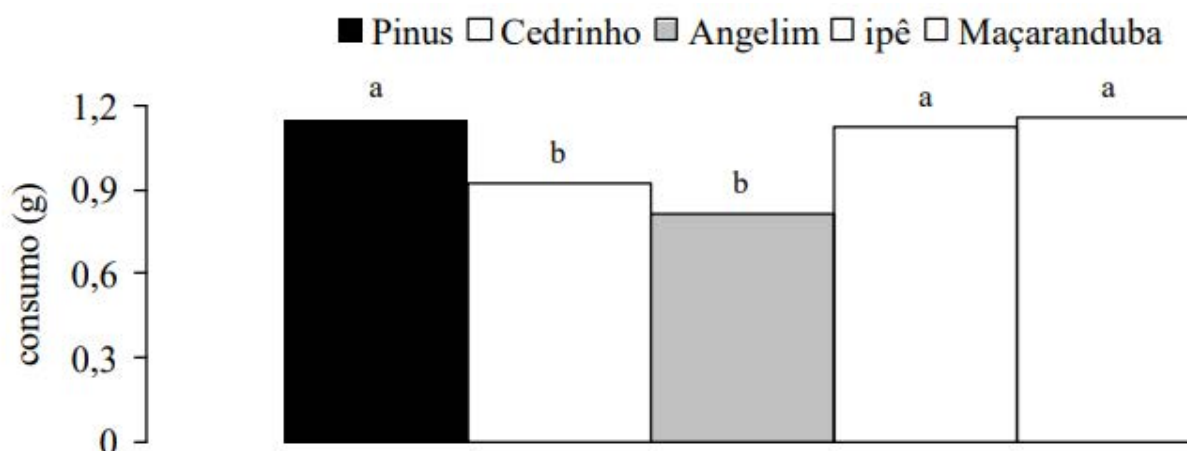
Fonte: Rodriguez, 2024.

Pesquisadores verificaram que a área de forrageamento dos cupins da espécie *C. gestroi* num determinado estudo foi de 972 m² e apresentaram uma distância linear de forrageamento de 33 metros, com a população estimada de quase 730 mil indivíduos (729.918 ± 33.740). Além da temperatura e umidade, o tamanho da população, a sanidade da colônia e a proporção de castas parecem influenciar as atividades de forrageamento (Costa-Leonardo e Camargo-Dietrich, 1999).

O laboratório de Controle Integrado de Manejo de Pragas Urbanas e Rurais (CIMPUR) da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, sob orientação e pesquisa do professor E. B. Menezes, desde 1985 tem estudado o comportamento e o controle dessa praga exótica no município de Seropédica, RJ e constatou que a grande maioria das edificações, dentro e fora do campus, está infestada pelo cupim-subterrâneo-asiático (Brito, 2004).

Brito (2004) verificou a atratividade de quatro essências florestais para cupins da espécie *C. gestroi* e constatou que o odor da madeira exerce papel fundamental para o consumo. Cedrinho foi mais susceptível ao ataque por cupins- subterrâneos, enquanto as madeiras Ipê e Maçaranduba se apresentaram mais resistentes. As madeiras com odor mais acentuado propiciaram maior atratividade dos cupins, principalmente, quando associadas a *Pinus* (menos densa), o que propiciou e estimulou o consumo (**Figura 18**).

Figura 18: Gráfico do consumo (g) total das madeiras contidas dentro de cada tratamento (Pinus + Pinus, Cedrinho + Pinus, Angelim + Pinus, Maçaranduba + Pinus e Ipê + Pinus) por cupins da espécie *C. gestroi*.



Fonte: Brito, 2004.

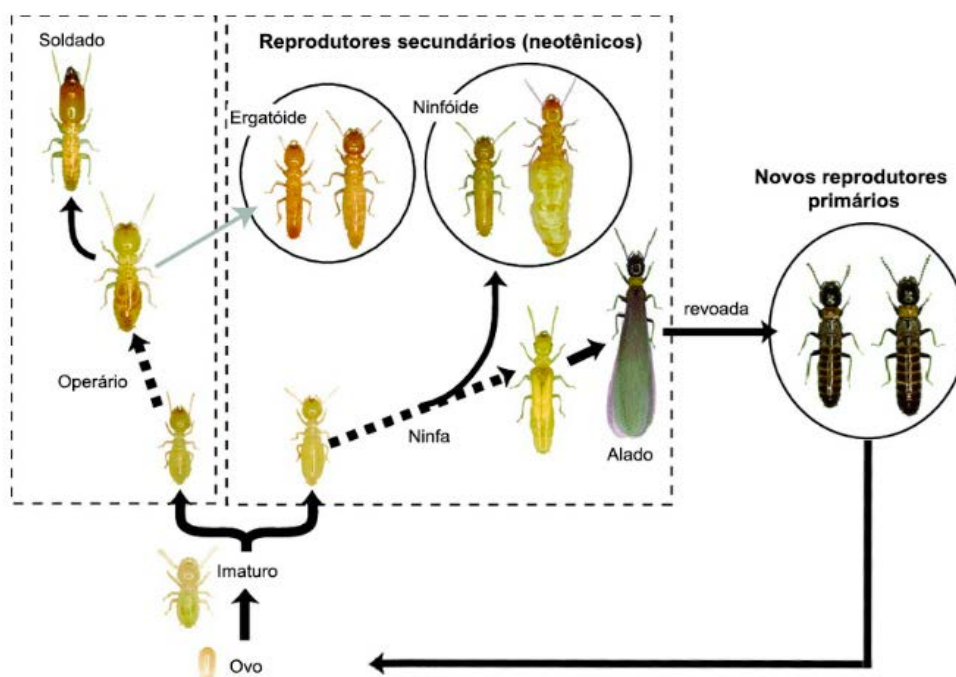
C. gestroi pode se alimentar de materiais celulósicos como madeiras usadas em construções, mobiliários, papelão e livros. No entanto, podem também atacar plásticos, tecidos, tijolos de barro, couro, conduítes elétricos, gesso, podendo ou não os ingerir, pois podem ser eliminados sem passarem pelo processo digestório. A digestão da celulose somente é possível por apresentarem simbiose com bactérias que vivem no intestino posterior e excretam enzimas capazes de tornar esses produtos assimiláveis pelos cupins. Após a ecdise (troca de tegumento), ocorre a renovação das membranas do intestino posterior e os cupins realizam a trofalaxia anal, para que os simbiotes sejam repostos. Outra forma de troca de alimento é através da boca (alimento estomodéico), usada para alimentar formas reprodutoras e soldados (Zorzenon e Potenza, 2006; Zorzenon e Justi Junior, 2006).

6.Reprodução

Nas colônias de cupins existe um par de reprodutores primários, formado pela rainha e pelo rei, que um dia foram os reprodutores alados que aparecem na época da revoada, e fundaram um novo ninho. Se ocorrer a morte desses reprodutores primários ou se a colônia crescer muito, podem aparecer reprodutores de substituição, chamados de neotênicos, que podem ser originários de ninfas ou de operários e passam a se reproduzir, assumindo o papel do par real (Costa-Leonardo, 2002).

O sistema monogâmico ("família simples") é o mais comum entre as espécies de cupins, quando todos os indivíduos de uma mesma colônia são irmãs e irmãos, filhos de um único casal real (um rei e uma rainha). Entretanto, diversos sistemas surpreendentes de reprodução podem ser encontrados nos cupins. Em várias espécies, a reprodução da colônia pode ser substituída (quando ocorre a morte do casal real – ou de um deles) ou suplementada por reprodutores secundários (quando o casal ainda continua vivo), que se desenvolvem e colaboram com a reprodução da colônia. Nestes casos, podemos classificar essas colônias com reprodutores secundários como "famílias estendidas" (quando estes reprodutores são filhos do casal real) ou "famílias mistas" (quando eles são provenientes de diferentes casais) (Hafig *et al.*, 2016, Bueno, 2018) (**Figura 19**).

Figura 19: as “famílias estendidas” de cupins são identificadas quando os reprodutores são filhos do casal real, o que difere da reprodução envolvendo somente dois indivíduos (“família simples”).



Fonte: Bueno, 2018.

Em rainhas de cupins da família Rhinotermitidae, o desenvolvimento do aparelho reprodutor resulta em um aumento do seu abdome, fenômeno que é conhecido como fisogastria. Este processo é caracterizado por um extraordinário aumento dos ovários e da hemolinfa (equivalente ao sangue), além do corpo gorduroso, aparelho respiratório e tegumento (pele). Além disso, a rainha é alimentada continuamente pelos operários com saliva, alimento apropriado para a formação de seus ovos (Costa-Leonardo, 1992; Costa-Leonardo, Ignatti, 1992). As colônias de *C. gestroi* apresentam um casal de reprodutores primários, contudo, uma rainha neotênica funcional já foi descrita, inclusive com fisogastria evidente, característica marcante da rainha secundária (Lelis, 1999) (**Figura 20**).

Figura 20: Rainha fisogástrica e rei de *C. gestroi*.

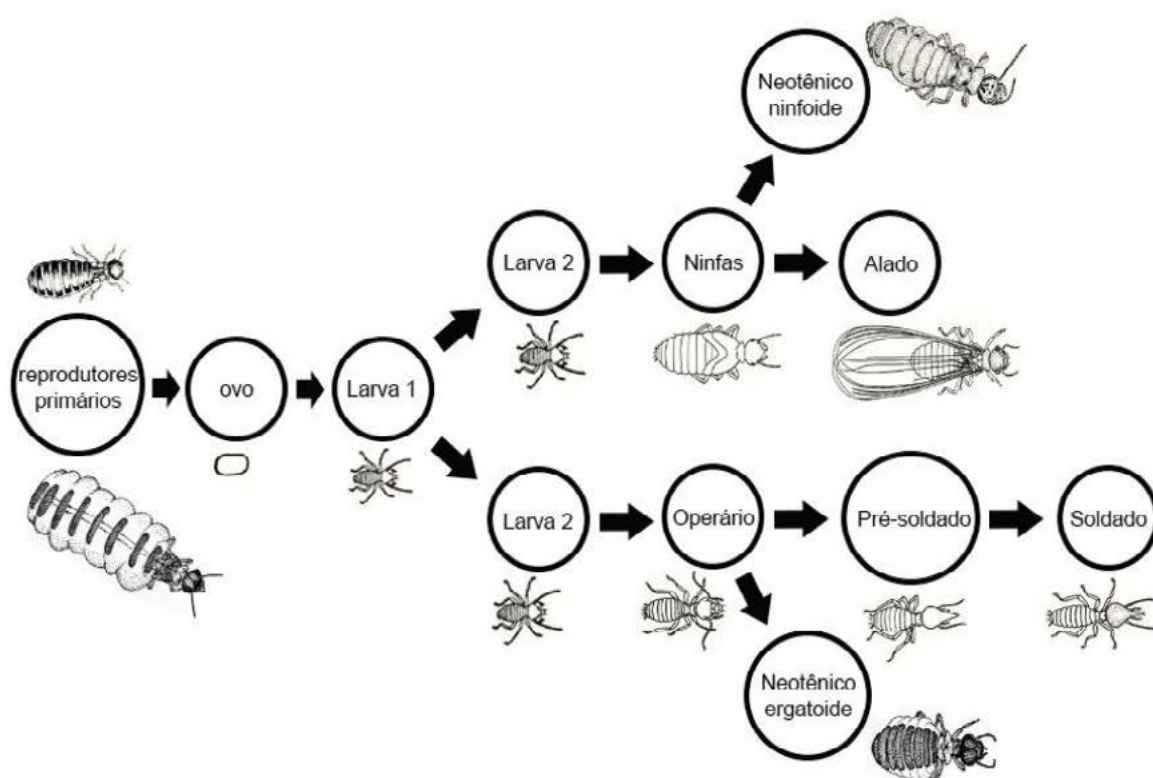


Fonte: Entomology Today, 2021.

Durante a fundação de novos ninhos as rainhas primárias sofrem mudanças fenotípicas (no formato e funcionamento do corpo) resultantes da organização social das colônias de cupins. Nas colônias incipientes, elas fornecem aos seus primeiros descendentes os cuidados parentais e mantêm o ninho. Já em colônias mais antigas, elas são liberadas das tarefas de trabalho e se especializam na reprodução, apresentando grande simplificação do repertório comportamental, juntamente com adaptações morfológicas e fisiológicas que permitem sua longevidade espetacular, aliada a uma alta fecundidade ao longo da vida. Dados empíricos recentes sobre cupins confirmaram as estimativas anteriores de que as rainhas primárias podem viver e permanecer férteis por mais de uma ou até duas décadas. Em menor grau, a longa vida útil e a alta fecundidade também se aplicam às rainhas neotênicas (Hellemans, Hanus, 2024).

No tipo de desenvolvimento “bifurcado”, observado na maioria das espécies de Rhinotermitidae, e na espécie *C. gestroi* (Barsotti e Costa- Leonardo, 2005), ocorre uma separação precoce e irreversível entre as linhagens áptera (operários e soldados) e alada (reprodutores), mediada por uma expressão gênica diferencial e ação hormonal. Nesse padrão de desenvolvimento, a maior parte da cria sofre uma muda irreversível para a linhagem estéril, composta por operários e os soldados. Em contrapartida, uma larva (estágio imaturo) pode se diferenciar mesmo em um instar tardio (mais velha), conhecido como “*pseudergate*”. Este indivíduo é totipotente, ou seja, pode se diferenciar em outras castas. A menor parte da prole se diferencia na linhagem reprodutiva, a qual é igualmente irreversível (Roisin, 2000; Maekawa *et al.*, 2008) (**Figura 21**).

Figura 21: Padrão de desenvolvimento bifurcado de castas de cupins da família Rhinotermitidae, como *C. gestroi*. As linhagens reprodutivas (ninfas e alados) e áptera (operários e soldados) se diferenciam de modo irreversível e precoce. Os operários são verdadeiros, podendo sofrer muda terminal para soldado ou para um reprodutor neotênico ergatóide.



Fonte: Silva, 2023 (adaptado de Grassé, 1986).

O casal real da espécie *C. gestroi*, formado pelo rei e pela rainha, se acasala e em alguns dias a rainha inicia a postura de 15 a 30 ovos. Os ovos apresentam um comprimento médio de 0,77 mm e cerca de 0,38 mm de largura. Em duas a quatro semanas, os imaturos menores (“larvas”) eclodem dos ovos, e passam a ser alimentados pelo casal real. Essas “larvas” são adultos em miniatura, que irão se desenvolver e se tornam operários depois da segunda muda (ecdise) - dois ínstares (larva 1 e larva 2). Estes indivíduos jovens são totalmente brancos, sem qualquer indício de esclerotização e não são encontrados em áreas de forrageamento da espécie. Um ou dois meses depois a rainha coloca a segunda leva de ovos, que serão cuidados pelos operários da primeira ninhada. Operários de *C. gestroi* apresentam longevidade que varia de 3 a 5 anos e podem apresentar até cinco diferentes ínstares que são encontrados em grupos de forrageiros. Também demora de 3-5 anos até que a colônia atinja números substanciais para causar danos, e também é a partir dessa etapa que irá produzir os alados. As ninfas podem se desenvolver até o estágio de reprodutores alados após 6 mudas. (Albino e Costa-Leonardo, 2011; Scheffrahn e Su, 2017).

A fundação de colônias em cupins precede diferentes estágios de desenvolvimento, sendo o primeiro denominado “estágio incipiente”, o qual dura aproximadamente sete meses. Nesse estágio ocorre o primeiro ciclo reprodutivo, quando a rainha é inseminada e coloca os primeiros ovos. O primeiro ciclo de oviposição em cupins já foi amplamente estudado em espécies subterrâneas (Rhinotermitidae) distribuídas em regiões temperadas, revelando que postura de ovos dura de 30 a 70 dias e é seguida por um período de inatividade reprodutiva, denominada “lag phase”, que dura de quatro a seis meses. Esse período é caracterizado pela atrofia dos testículos e ovários do rei e da rainha, respectivamente, pois ocorre grande investimento de energia e recursos no cuidado dos ovos e das larvas, que neste período dependem dos cuidados dos reprodutores que estão fundando o novo ninho (Raina *et al.*, 2003, Maekawa *et al.*, 2010, Chouvenc, Su, 2014) (**Figura 22**).

Figura 22: reprodutores alados de *C. gestroi* acumulados na revoadada.



Fonte: Watanabe, 2016.

Os voos de dispersão ou “enxames” de *C. gestroi* ocorrem ao anoitecer ou à noite, quando um grande número de alados deixa a colônia. Em um relato de voo de *C. gestroi* em hotel nos Estados Unidos (Key West), os ocupantes relataram que as pessoas e seus pertences estavam cobertos de alados e muitos haviam se enfiado nas bagagens e roupas. Luzes de varanda, luzes internas e monitores de vídeo frequentemente atraem os alados para dentro de casa, especialmente quando portas e janelas sem tela são abertas. Quando um grande número (centenas a milhares) de alados é encontrado em ambientes internos, sua presença geralmente indica uma infestação estrutural. É improvável que alados que voam em ambientes fechados encontrem o substrato úmido de madeira/solo necessário para uma colonização bem-sucedida e sucumbem rapidamente à dessecação. No entanto, a maioria dos voos de dispersão produz algumas novas colônias que podem se tornar uma ameaça de danos nos próximos anos (Scheffrahn e Su, 2017) (**Figura 23**).

Figura 23: revoada ou enxame de cupim-subterrâneo-asiático (*C. gestroi*).



Fonte: Watanabe, 2016.

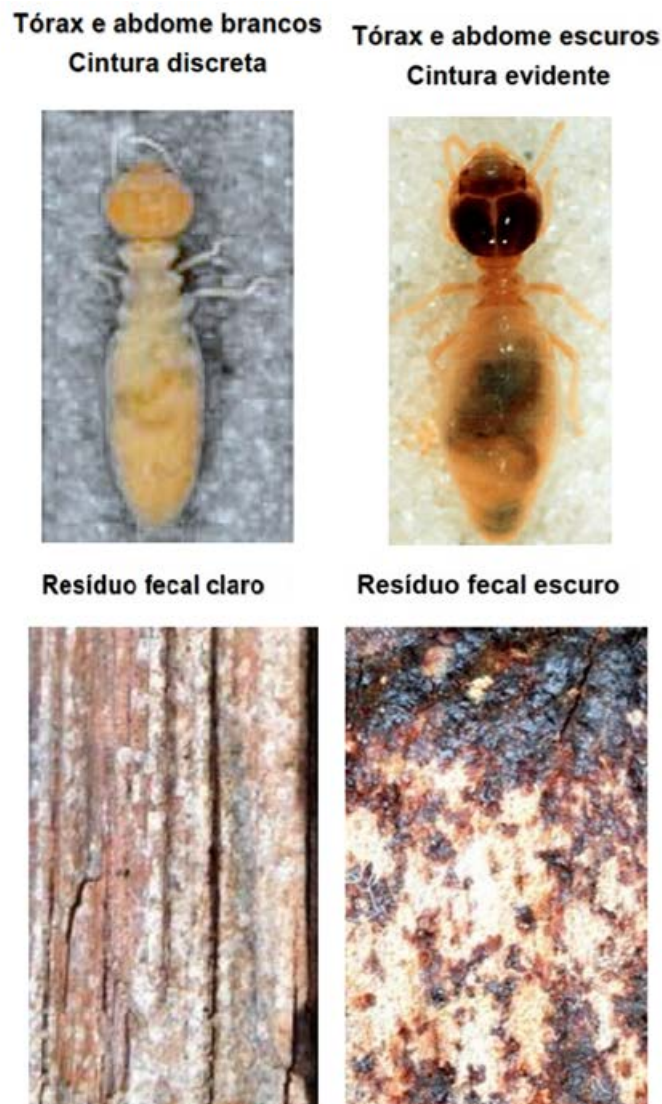
7. Habitat

A maioria das espécies de cupins tem comportamento que propicia ação benéfica no ambiente, especialmente no solo em que habitam e forrageiam. Fontes e Milano (2010) classificaram as diversas espécies segundo categorias ou tipos, com base em características biológicas, para facilitar a identificação e profissionalizar o controle das infestações termíticas. Para tanto, foram elencadas quatro categorias de cupins, que estão bem representadas nas cidades: “cupins de madeira seca”, “cupins arborícolas”, “cupins de solo” e “cupins subterrâneos”. A espécie *C. gestroi* é classificada como um cupim subterrâneo, porque não depende do solo para sobreviver, mas comumente é denominada de forma equivocada como um cupim de solo.

Na categoria de “cupim subterrâneo” estão aqueles pertencentes à família Rhinotermitidae, assim como a espécie introduzida *C. gestroi*, que é uma das mais comuns em áreas urbanas no Brasil, destacando-se como a mais destruidora dentre os cupins-praga. Nesta categoria estão classificadas as espécies xilófagas (alimentam-se de madeira), que podem construir seus ninhos fora desta fonte alimentar em locais de difícil localização, como em ocos ou profundamente no solo. Observam-se grandes

infestações na parte alta de edifícios urbanos, ou em colônias eventualmente ocultas em ocos no topo de árvores de grande porte, completamente afastadas do solo, condição denominada “infestação aérea”. Alguns constroem colônias difusas, que são apenas galerias dispersas, tanto no solo como em grandes peças de madeira podre, como troncos e raízes. Não dependem do solo para sobreviver, podendo transitar livremente, desde que obtenham condições adequadas de alimentação e umidade (Fontes e Milano, 2010) (**Figura 24**).

Figura 24: Diferenças na forma do corpo e nas fezes de cupins subterrâneos (à esquerda) e cupins de solo (à direita).



Fonte: Adaptado de Fontes e Milano, 2010

Já na categoria de “cupins de solo” encontram-se os representantes da família Termitidae, que vivem exclusivamente no solo e podem se alimentar de ampla variedade de substratos. Constroem vários tipos de ninhos (epígeos, subterrâneos, difusos) e apresentam grande diversidade de espécies, muito comumente encontrados em matas, reflorestamentos, cultivos agrícolas, pastagens, jardins e gramados urbanos. Alimentam-se de madeira em decomposição, raízes, rizomas, detritos vegetais em geral na superfície ou enterrados, folhas de gramíneas e outras, húmus (solo mais superficial, escuro e muito rico em matéria orgânica degradada), ou do próprio solo, mesmo que aparentemente seja menos rico em matéria orgânica. A maioria das espécies não é praga e exerce papel benéfico no ambiente (Fontes e Milano,

2010) (Figura 25).

Figura 25: Soldados (acima) e respectivos operários (abaixo) de todos os tipos de cupim:

A - cupim de madeira seca (*Cryptotermes brevis*);

B - cupim subterrâneo (*C. gestroi*);

C- cupim de solo (*Neocapritermes opacus*);

D - cupim arborícola (*Nasutitermes corniger*).



Fonte: Fontes e Milano, 2010.

C. gestroi constrói ninhos cartonados policólicos classificados como “ninhos de múltiplas peças”, os quais são bem definidos, com grande capacidade de crescimento e separados das fontes de alimento e água (Abe, 1987; Korb, 2008). Por consequência, uma colônia madura de *C. gestroi* pode atingir mais de um milhão de indivíduos, sendo a área de forrageamento extremamente vasta (Costa-Leonardo, 2002) (Figura 26).

Figura 26: esquema ilustrativo dos ninhos e túneis de forrageamento em cupins subterrâneos.



Fonte: Adaptado de Rodriguez, 2024.

Nos ambientes urbanos, a espécie introduzida *C. gestroi* não encontra competidores e se prolifera demasiadamente, causando transtornos em edificações e demais componentes paisagísticos. No Brasil, o processo de verticalização das cidades, ocorreu a partir da década de 50, quando a construção dos edifícios que possuem compartimentos ocultos favoreceu a instalação e proliferação dos ninhos de cupim-subterrâneo. Durante a construção, as estruturas de contenção do solo nos subsolos, geralmente destinados à garagem, são ladeados por frestas e vãos, além de pranchas de madeira e entulho. Da mesma forma as lajes rebaixadas, que servem para embutir tubulações, são preenchidas com os entulhos (tijolos, cimento e madeira) resultantes da própria obra, proporcionando excelentes locais para a instalação das colônias, pois são escuros, possuem muito alimento e um certo grau de umidade. Os cupins da espécie *C. gestroi* interagem largamente com o ambiente, podendo infestar vários pontos num mesmo condomínio, o que determina que o problema seja sempre tratado coletivamente (Fontes, 2022) (**Figura 27**).

Figura 27: soldados do cupim-subterrâneo *C. gestroi* em infestação em condomínio, com marcação fecal feita pelos operários.



Fonte: Fontes, 2022.

Além de ser uma praga estrutural severa, a espécie *C. gestroi*, introduzida em Miami em 1996, tornou-se uma grande ameaça a árvores nativas de grande porte e árvores históricas no Sudeste da Flórida. Colônias de cupins-subterrâneos-asiáticos têm a capacidade de causar danos alimentares a uma ampla gama de árvores que compõem a copa urbana, algumas potencialmente letais. O pinheiro-bravo, *Pinus elliotii* Engelm. (Pinaceae), parece ser particularmente suscetível aos danos alimentares de *C. gestroi*, pois os cupins se alimentam principalmente das camadas externas da madeira, imediatamente abaixo da casca, ferindo tecidos vivos e, por fim, circundando a árvore. Em comparação, árvores de madeira dura, como o carvalho-vivo, *Quercus virginiana* Mill. (Fagaceae), sofrem danos no cerne no centro da árvore, resultando em uma cavidade central, mas deixando o tecido vivo intacto. Alguns carvalhos de grande porte que foram extensivamente escavados por *C. gestroi* desabaram em 2017, durante a passagem do furacão Irma (Chouvenc e Foley, 2018) (**Figura 28**).

Figura 28: pinheiro morto e infestação ativa de *C. gestroi* revelada após a retirada das camadas superficiais da madeira.



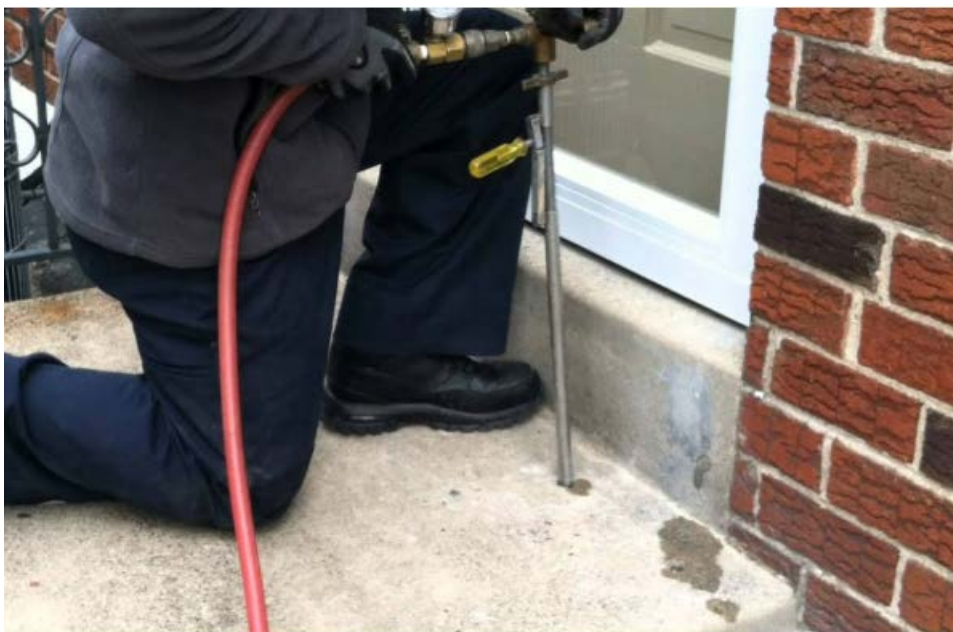
Fonte: Chouvenc e Foley, 2018.

8. Controle

Os cupins-subterrâneos da espécie *C. gestroi* são os maiores causadores de problemas para as edificações nos ambientes urbanos, pois possuem grande capacidade de dispersão e constroem túneis que permitem a ligação com a fonte alimentar a partir de seu ninho principal. O seu controle pode se tornar difícil, pois podem construir ninhos secundários, que mesmo que sejam encontrados e desalojados, podem manter a continuidade da infestação a partir do ninho central/principal, onde o casal reprodutor permanece se reproduzindo continuamente. Eliminar o ninho central proporciona a solução mais efetiva, mas este pode estar localizado a muitos metros de distância da infestação ou do ninho secundário, como por exemplo numa árvore próxima ao local infestado, numa residência ou apartamento vizinho, ou em qualquer outro local distante do foco principal da infestação (Mikola, 2010).

Inicialmente, na década de 60, o controle de cupins-subterrâneos era proposto mediante a aplicação de inseticidas organoclorados e posteriormente passou-se a aplicar inseticidas piretróides, neonicotinóides e do grupo fenilpirazol para o tratamento do solo (barreira química) e de estruturas de madeira. Entretanto, os efeitos deletérios ao meio ambiente, considerando-se a enorme quantidade de produtos inseticidas aplicados diretamente no solo, são evidentes e reforçou a necessidade do desenvolvimento de iscas tóxicas que permitissem o controle de cupins-subterrâneos. Desta forma, compostos com menor toxicidade foram testados como ingredientes ativos de iscas, entre eles, inseticidas neurotóxicos, inibidores metabólicos e reguladores de crescimento dos insetos (Esenther e Gray, 1968; Su e Scheffrahn, 1990; Su e Scheffrahn, 2000; Costa-Leonardo, 2002) (**Figura 29**).

Figura 29: tratamento químico de barreira, com perfuração do piso e aplicação de inseticidas.



Fonte: Patriot Pest Solutions, 2025.

O método convencional para o controle de cupins subterrâneos consiste na colocação de uma barreira química entre os cupins e a estrutura a ser protegida. Os cupinidas atualmente disponíveis incluem permetrina, cipermetrina, bifentrina, imidacloprido, clorfenapir, clorantianiliprol e fipronil. Piretroides como permetrina, cipermetrina e bifentrina repelem os cupins das barreiras de tratamento, enquanto outros cupinidas previnem a invasão de cupins por contato letal (Rojas- Sandoval, 2023). Este tipo de controle não tem sido mais recomendado, devido à contaminação do solo e do lençol freático pelos inseticidas usados nas aplicações.

Uma estratégia alternativa mais assertiva para o controle de cupins-subterrâneos é a utilização de iscas cupinidas. A principal característica dessa metodologia de controle é a ínfima quantidade de inseticida empregado, principalmente quando comparada às aplicações convencionais de termiticidas, quando enorme quantidade de substâncias químicas são aplicadas diretamente no solo (Costa-Leonardo e Thorne, 1995).

Atualmente, métodos de controle de cupins subterrâneos utilizando inibidores da síntese de quitina visam eliminar colônias que se alimentam das formulações de isca. Diversas formulações de ingredientes ativos da classe das benzoilureias estão disponíveis comercialmente. Operários precisam realizar a muda regularmente e os inibidores interferem nesse processo, permitindo tempo suficiente para a aquisição de uma dose letal para toda a colônia antes da mortalidade generalizada. À medida que os operários morrem progressivamente, a colônia eventualmente entra em colapso, deixando apenas soldados e reprodutores primários, que morrem de fome, pois não são capazes de se alimentar sozinhos (Chouvenc e Lee, 2021).

Uma observação comum é que operários jovens frequentemente morrem precocemente devido ao seu ciclo de muda relativamente curto. No entanto, a ausência de ninhadas em colônias moribundas levanta questões sobre o destino potencial dos ovos postos pela rainha. Os estudos mostraram que rainhas em colônias expostas ao inibidor de quitina não apenas inicialmente puseram menos ovos do que as rainhas controle, como também os ovos não se desenvolveram e foram progressivamente canibalizados, levando ao fracasso do estabelecimento da colônia. Esse resultado implica que rainhas de colônias maduras expostas a inibidores perderiam a capacidade de pôr ovos viáveis, à medida que a colônia entrasse em colapso, levando à ausência de operários de reposição, o que auxiliaria na eliminação da colônia (Chouvenc e Lee, 2021) (**Figura 30**).

Figura 30: arena contendo ovos, soldados (vivos) e operários (vivas e mortas) de uma colônia de *C. gestroi* tratada com inseticida inibidor de quitina. ‘E’ significa ovos, ‘WDW’ significa operário morto branco e ‘BDW’ significa operário morto azul.

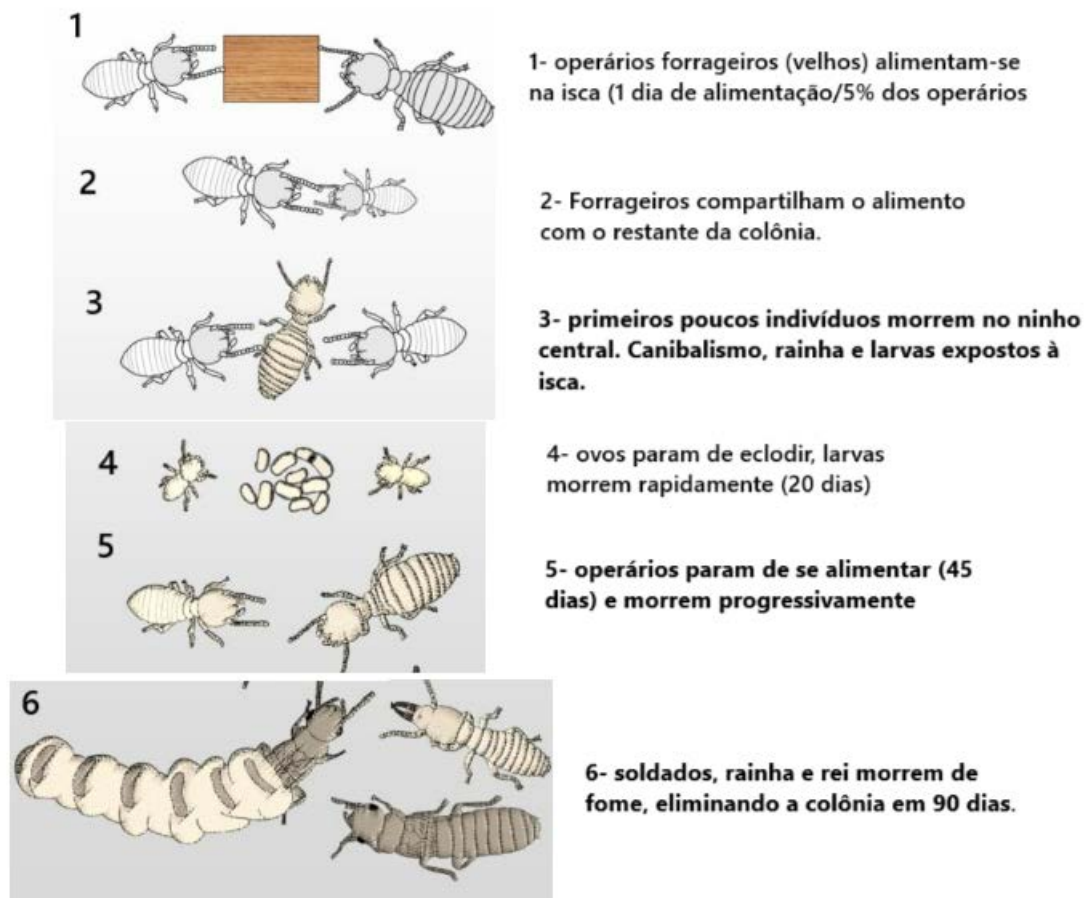


Fonte: Kakkar *et al.*, 2018.

Uma colônia de cupins subterrâneos representa uma unidade familiar social com um par primário de reprodutores (rainha e rei), uma ninhada (ovos e larvas) e castas auxiliares estéreis (operários e soldados), que são indivíduos com vida relativamente longa, mas que se mantêm em uma morfologia juvenil ao longo de suas vidas. Como resultado, os operários de cupins precisam realizar mudas regularmente para renovar sua cutícula envelhecida e substituir suas mandíbulas opacas por um novo par de mandíbulas afiadas (Xing *et al.*, 2013).

Além disso, os operários são os únicos indivíduos da colônia capazes de se alimentar de madeira, enquanto todas as outras castas dependem dos operários para serem alimentadas e cuidadas. Os operários de cupins continuam realizando mudas periodicamente ao longo de suas vidas até morrerem de senescência (velhice). No entanto, observou-se que as operários não realizam a muda nos locais de forrageamento devido à falta de cuidado e proteção, mas retornam à parte central do ninho, local do casal real e da ninhada (Kakkar *et al.*, 2018), para serem cuidadas pelas operários jovens durante o processo de muda (Su *et al.*, 2017). Foi determinado pelos pesquisadores que menos de 5% dos operários forrageiros numa grande colônia são obrigados a ingerir ingrediente ativo suficiente de uma única estação de isca para matar a colônia (Gordon *et al.*, 2022) (**Figura 31**).

Figura 31: Processo de eliminação da colônia de cupim-subterrâneo pelo método de iscagem com inibidores de quitina, passo-a-passo.



Fonte: Adaptado de Chouvenc, 2022.

Com a utilização da metodologia para tratamento de colônias de cupins-subterrâneos com iscas à base de inibidores de síntese de quitina, a eliminação das colônias dá-se da seguinte forma:

- os forrageadores (operários relativamente velhos dentro da colônia) alimentam-se da formulação da isca.
- eles trazem o alimento de volta para a parte central do ninho e o compartilham com o restante da colônia por trofalaxia, resultando na exposição da rainha, do rei e das larvas ao ingrediente ativo.
- a mortalidade precoce dos operários contribui ainda mais para a disseminação secundária do ingrediente ativo na parte central do ninho, pois ocorre o processo de canibalismo, quando os operários se alimentam dos companheiros mortos.
- a partir da contaminação a rainha torna-se incapaz de pôr ovos viáveis e todas as larvas morrem durante a muda. Nesse ponto, pouquíssimos operários são afetados pelo inibidor de quitina, pois a muda ainda não ocorreu para elas. Isso implica que, embora a atividade de forrageamento seja mantida pelos operários, a colônia já perdeu toda a sua ninhada.

- após 45 dias, os operários param de se alimentar completamente e começam a morrer progressivamente em massa ao redor da parte central do ninho, o que frequentemente força a rainha e o rei a se deslocarem várias vezes para áreas diferentes, à medida que cupins moribundos continuam se acumulando em seu entorno. Ao 80º dia, restam apenas os trabalhadores idosos, doentes e prestes a morrer.
- finalmente, todos os soldados morrem de fome entre 80 e 90 dias, momento em que a rainha, que perdeu mais da metade de sua biomassa, e o rei acabam morrendo de fome, à medida que a colônia finalmente entra em colapso (Chouvenc, 2022).

Um procedimento de avaliação de iscas cupinícidas incorporou uma matriz contendo o inibidor da síntese de quitina, hexaflumuron, que foi avaliado contra colônias de campo do cupim subterrâneo *Coptotermes formosanus*. Tubos de isca foram colocados no solo onde os cupins foram detectados e aproximadamente 4-1.500 mg de hexaflumuron foram necessários para uma redução de 90-100% nas populações de campo contendo 0,17-2,8 milhões de forrageadores por colônia (Su, 1994). Já em experimentos de laboratório, cupins da espécie *C. gestroi* e de outras espécies foram tratados com iscas em um bioensaio usando múltiplos ingredientes ativos (clorfluazuron, hexaflumuron e bistrifluron) em iscas inibidoras da síntese de quitina. Dentro de quatro semanas de tratamento, a colônia de *C. gestroi* atingiu a mortalidade completa (Shamsuri e Majid, 2024).

Pesquisadores do laboratório de cupins subterrâneos da Universidade da Flórida criaram uma configuração experimental compacta para testar o impacto da distância nas estratégias de controle de cupins. Uma colônia de cupins instalada num grande recipiente de plástico em uma extremidade da configuração é conectada por 15 metros de tubos a um pequeno recipiente com madeira dentro. O *layout* com tubos em zigue-zague permite testar o forrageamento a longa distância em um pequeno espaço físico, e a tubulação transparente permite a observação do pesquisador durante todo o processo (**Figura 32**).

Figura 32: configuração experimental compacta de laboratório para testar o impacto da distância nas estratégias de controle de cupins (Universidade da Flórida- EUA).



Fonte: Entomology today, Foto de Thomas Chouvenc, 2024.

Em recente estudo desenvolvido com *C. gestroi* neste laboratório, o uso de cupinícidas líquidos não repelentes contra cupins subterrâneos foi testado. Há muito tempo o controle se baseava na suposição de que cupins forrageiros no solo poderiam transferir substâncias tóxicas para seus companheiros de ninho, a fim de alcançar o controle populacional. No entanto, seu tempo letal, dependente da dose, pode levar à rápida mortalidade de cupins nas proximidades do tratamento, desencadeando repelência secundária. O estudo caracterizou a natureza dinâmica da “zona da morte”, ou seja, da área adjacente que os cupins evitariam devido ao acúmulo de cadáveres. Utilizando colônias inteiras de cupins-subterrâneos em laboratório com diferentes distâncias de forrageio, o fipronil foi implementado a 1,5 m, 7,5 m ou 12,5 m de distância dos ninhos centrais da colônia, simulando uma ação corretiva contra uma infestação estrutural de cupins. A mortalidade ocorreu apenas nos primeiros dias de tratamento após a exposição inicial, pois o rápido surgimento da “zona de morte” anulou os efeitos de transferência entre os companheiros de ninho ao longo do tempo. Embora tecnicamente não repelente, o fipronil torna-se funcionalmente repelente a partir do rápido início da mortalidade dos operários próximo ao local do tratamento. Mesmo se implementado cuidadosamente para proteger as estruturas, as colônias de cupins são minimamente impactadas pelos tratamentos de solo com fipronil (Chouvenc, 2024).

Este novo estudo também levanta uma preocupação adicional importante: na última década, o uso duplo de cupinícidas líquidos e iscas contendo inibidores de quitina contra cupins-subterrâneos, frequentemente chamados de “envoltórios líquidos”, tornou-se comum. No entanto, a existência da “zona de morte” implica que a colocação de estações de iscas a uma curta distância do tratamento com cupinícidas líquidos pode impedir que os cupins acessem as estações de iscas devido à “zona de morte”, que é evitada. Em vez disso, a colocação dessas estações estrategicamente longe de quaisquer tratamentos com cupinícidas líquidos pode, portanto, ser necessária para aumentar a chance de interceptação da isca pelos cupins forrageiros. O setor de controle de cupins passou por uma transformação drástica nas últimas quatro décadas, ainda há muito espaço para melhorias tecnológicas que decorrem de uma compreensão profunda da complexa biologia dos cupins-subterrâneos, aprimorando as ferramentas disponíveis para ajudar a proteger estruturas contra essas pragas urbanas (Entomology today, 2024).

Utilizando-se de desses conhecimentos científicos e tendo em mente que as iscas com inibidores de quitina constituem-se como uma estratégia bastante eficaz e mais ambientalmente sustentável, para o controle de *C. gestroi*, a Tapinoma apresenta como solução as iscas cupinícidas **CupinOut**, para o controle e eliminação das colônias de cupins subterrâneos (**Figura 33**).

Figura 33: iscas cupinidas CupinOut, com inibidor de síntese de quitina Hexaflumuron.

CUPINOUT®



Fonte: Tapinoma.

9. A empresa Tapinoma

Há duas décadas uma dupla de biólogos/pesquisadores do Centro de Estudos de Insetos Sociais (CEIS) da UNESP- Rio Claro, começou a desenvolver um eficiente sistema para o controle de formigas urbanas, a partir dos conhecimentos adquiridos na pesquisa científica. O produto era um mata-formigas na forma de isca, que os insetos levam para o interior do ninho como se fosse alimento, e por conta do complexo sistema de trocas alimentares das formigas (trofalaxia) o princípio ativo atinge um grande número de indivíduos, diminuindo o número de operárias e de rainhas, e matando o formigueiro.

Desta forma, foi iniciado um projeto de Inovação Tecnológica, com o objetivo de desenvolver iscas para o controle de algumas pragas, como formigas, cupins e baratas, visando estimular esta prática de combate e a redução da contaminação ambiental por inseticidas. Esta iniciativa foi financiada por um programa recém-criado pela FAPESP no ano 2000, denominado Pesquisa Inovativa em Pequenas Empresas (PIPE). No ano seguinte a empresa **TAPINOMA** Ind. e Com. LTDA, foi fundada pela dupla de pesquisadores Osmar Malaspina e Odair Correa Bueno, a partir de uma matriz totalmente baseada na CIÊNCIA. O nome *Tapinoma* foi inspirado no gênero científico que denomina uma das principais formigas praga encontradas no Brasil: a formiga-fantasma. “Tapinoma” vem do grego e significa “casa pequena”, fazendo referência ao hábito das formigas desta espécie de construir seus ninhos em locais apertados.

Em 2013 a Empresa **TAPINOMA** deixou o sistema de incubadora da UNESP, mudando sua sede de produção para uma área própria (1500 m2), no Distrito Industrial da cidade de Rio Claro. Com a ampliação da sua área de produção na nova sede, a empresa continuou em crescimento contínuo tanto em inúmeros novos produtos e/ou marcas, como na melhoria da qualidade dos mesmos. Atualmente, a empresa conta com mais de 20 produtos registrados e produzidos com tecnologia própria ou em parceria com empresas terceirizadas.

10. Artigo especial extraordinário:

Isclas cupinícidas: fundamentos, dinâmica social, eficácia e impactos no controle de cupins: uma abordagem comparativa com os métodos convencionais, por Roberto Rozenblum.

O controle de cupins subterrâneos representa um dos maiores desafios para a proteção de estruturas urbanas, dada a biologia social complexa dessas espécies e sua capacidade de causar danos estruturais significativos. A evolução do manejo dessas pragas revela um contraste marcante entre métodos convencionais, baseados em barreiras químicas e sistemas modernos de iscagem com reguladores de crescimento de insetos (IGRs), como o hexaflumuron.

Organização social e estrutura das colônias

As colônias de cupins subterrâneos são sociedades eussociais altamente estruturadas, compostas por operários (responsáveis por forrageamento, alimentação de todas as castas e manutenção do ninho), soldados (defesa da colônia) e reprodutores: rainha e rei, responsáveis pela perpetuação da colônia e alados, responsáveis pela criação de novas colônias). A rainha é o epicentro reprodutivo, podendo viver décadas e produzir milhares de ovos diariamente.

A estrutura física da colônia pode ser difusa (*Heterotermes*, *Reticulitermes*) ou policálica (*Coptotermes*), com múltiplos ninhos satélites interligados por galerias subterrâneas, dificultando o acesso direto ao núcleo reprodutivo, o que torna o controle químico convencional frequentemente ineficaz. Apresentam hábitos de forrageamento coletivo e dinâmico, baseados em comunicação química (feromônios de trilha).

Os operários exploram o ambiente em busca de fontes de celulose, construindo túneis que interligam o ninho principal a áreas de alimentação. O forrageamento é adaptativo: a colônia pode explorar múltiplas fontes simultaneamente e ajustar o esforço conforme a disponibilidade e qualidade do alimento.

Hábitos de forrageamento e comportamento alimentar

Os cupins subterrâneos, principais alvos das isclas cupinícidas, apresentam padrões de forrageamento específicos que facilitam a interceptação por sistemas de isca.

Estes insetos vivem em ninhos construídos fora de sua fonte de alimento, transitando amplamente no ambiente através de túneis e galerias. Os operários são capazes de percorrer grandes distâncias em busca de material celulósico, atacando estruturas de madeira, papel, e outros materiais orgânicos.

Durante suas atividades de forrageamento, os operários constroem trilhas características e revestem as peças atacadas com material fecal. A regulação das áreas de forrageamento dos cupins é influenciada pela disponibilidade e qualidade dos recursos. Os cupins ajustam o tamanho de suas áreas de forrageamento conforme a oferta de recursos, reduzindo essas áreas quando encontram fontes de alimento de alta qualidade.

Trofalaxia: o mecanismo de distribuição alimentar

O sistema de distribuição de alimentos nas colônias de cupins, conhecido como trofalaxia, constitui o mecanismo fundamental através do qual as isclas cupinícidas atingem a rainha. A trofalaxia pode ocorrer de duas formas: estomodeal (oral) e proctodeal (anal).

Na trofalaxia estomodeal os operários regurgitam alimento semi-digerido misturado com saliva, transferindo-o diretamente de boca a boca para outros membros da colônia. Este tipo de alimentação é particularmente importante para o casal reprodutor, que recebe exclusivamente alimento líquido processado pelos operários.

A trofalaxia proctodeal envolve a transferência de material do ânus de um indivíduo para a boca de outro, sendo essencial para espécies que dependem de protozoários simbiotes para a digestão da celulose. Este comportamento não apenas distribui nutrientes, mas também transfere os microrganismos

necessários para a digestão de material celulósico.

Ambas as formas de trofalaxia garantem que qualquer substância consumida pelos operários seja eventualmente distribuída por toda a colônia, incluindo a rainha, que depende inteiramente deste sistema para sua nutrição.

Os métodos convencionais de tratamento para eliminação de colônias

Os métodos convencionais, amplamente difundidos desde o século passado, baseiam-se na aplicação de inseticidas sintéticos líquidos no solo, em madeiras ou em barreiras químicas ao redor das edificações. O objetivo é criar um “muro químico”, que impeça o acesso dos cupins às estruturas ou elimine os indivíduos que entrem em contato com o produto.

Apesar do efeito imediato (*Knock Down*) sobre os cupins expostos, esses tratamentos apresentam limitações fundamentais:

Ação localizada: Os inseticidas convencionais atingem exclusivamente os cupins que atravessam a barreira ou entram em contato direto com o produto. O núcleo da colônia, incluindo a rainha, geralmente permanece intocado, pois está protegido em galerias profundas ou ninhos satélites interligados, muitas vezes fora do alcance do produto aplicado.

Desconhecimento da estrutura da colônia: A existência de colônias extensas, com múltiplos ninhos satélites, torna impossível garantir que toda a população será atingida pelo tratamento, o que favorece a reinfestação após um período de aparente controle.

Recuperação populacional: Mesmo após aplicações intensivas, a rainha pode continuar a produzir milhares de ovos por dia, repondo rapidamente os operários mortos e restabelecendo a colônia.

Intervenção invasiva: A aplicação de barreiras químicas exige perfurações em pisos, paredes e fundações, causando transtornos, danos estruturais e, muitas vezes, depreciando o imóvel.

Riscos ambientais e à saúde: O uso extensivo de inseticidas pode contaminar o solo, lençóis freáticos e afetar organismos não-alvo, além de apresentar riscos de toxicidade para humanos e animais domésticos.

Efeito residual limitado: A eficácia dos produtos pode ser reduzida por fatores ambientais, como umidade e composição do solo, exigindo reaplicações frequentes e aumentando o custo e o impacto ambiental.

O resultado prático desses métodos é paliativo: elimina-se a população visível, mas a colônia sobrevive e, com o tempo, a infestação retorna, exigindo novas intervenções. Em síntese, o tratamento convencional (barreira química) raramente atinge o objetivo central do controle de cupins que é a eliminação definitiva da colônia.

Funcionamento das iscas cupinícidas

As iscas cupinícidas representam uma estratégia de controle altamente sofisticada que explora os comportamentos sociais intrínsecos das colônias de cupins para atingir seu objetivo fundamental: a eliminação da rainha e, conseqüentemente, de toda a colônia. Esta abordagem aproveita características específicas da organização social dos cupins, como a divisão de castas, os padrões de forrageamento dos operários e o sistema de distribuição de alimentos.

As iscas cupinícidas são projetadas como sistemas que incorporam ingredientes ativos em substratos celulósicos altamente atrativos aos cupins. O princípio fundamental destes sistemas baseia-se na utilização de reguladores de crescimento de insetos (IGRs) que apresentam características específicas: não são repelentes, possuem ação lenta e atuam em pequenas concentrações. Estas propriedades são essenciais para garantir que os operários consumam a isca e a transportem para a colônia antes que os efeitos tóxicos se manifestem.

O ingrediente ativo utilizado nas iscas cupinícidas (aceito pela ANVISA), o hexaflumuron é um inibidor de síntese de quitina pertencente ao grupo das benzoilfeniluréias. O hexaflumuron interfere na

formação da quitina que compõe o exoesqueleto dos insetos, impedindo a ecdise (troca do exoesqueleto), levando-os à morte. O efeito do Hexaflumuron restringe-se aos cupins subterrâneos (*Coptotermes*, *Heterotermes* e *Reticulitermes*). Os demais gêneros de cupins podem consumir as iscas, mas não metabolizam o ativo e, assim, não se verificam os efeitos esperados.

A formulação das iscas utiliza substrato de celulose processada que mimetiza as fontes naturais de alimento dos cupins. Estes materiais são impregnados com o ingrediente ativo em concentração de 0,5%. A apresentação em forma de blocos (porta-iscas) ou estações de monitoramento (estações de solo) permite a instalação estratégica em locais de alta atividade de cupins.

Mecanismos de ação e eliminação da colônia

O processo de eliminação da colônia através das iscas cupinícidas segue uma sequência temporal específica que explora os comportamentos naturais dos cupins. Inicialmente, os operários forrageiros descobrem e começam a consumir o material da isca, que é percebido como uma fonte alimentar normal devido à ausência de propriedades repelentes. Durante as primeiras semanas, o consumo da isca aumenta gradualmente conforme mais operários são recrutados para explorar esta nova fonte de alimento.

O transporte do material tóxico para a colônia ocorre através dos mecanismos normais de forrageamento e distribuição alimentar. Os operários carregam fragmentos da isca para o ninho e a processam através do sistema digestivo, incorporando o ingrediente ativo em suas secreções salivares e excreções.

Através da trofalaxia, este material contaminado é sistematicamente distribuído para todos os membros da colônia, incluindo soldados, jovens e, crucialmente, a rainha. Os inibidores de síntese de quitina começam a atuar após alguns dias de exposição, interferindo no processo de ecdise dos operários mais jovens. Como os cupins realizam mudas periódicas ao longo de seu desenvolvimento, aqueles expostos ao ingrediente ativo tornam-se incapazes de formar uma nova cutícula adequada, resultando em morte durante a tentativa de ecdise. Este processo é gradual e afeta progressivamente toda a população da colônia.

Impacto na rainha e colapso da colônia

A eliminação da rainha representa o objetivo final do sistema de iscas cupinícidas e ocorre através de múltiplos mecanismos interconectados. Primeiramente, a rainha recebe diretamente o material tóxico através da trofalaxia estomodeal, já que sua dieta consiste exclusivamente de alimento líquido regurgitado pelos operários. Com tal alimentação, impregnada com o ingrediente ativo, a rainha naturalmente transfere para os novos indivíduos, ainda em seu abdômen, onde tais novos indivíduos não conseguem formar seus exoesqueletos e, assim, não sobrevivem, interrompendo o aumento populacional da colônia.

Simultaneamente, há redução progressiva da população de operários devido aos efeitos do inibidor de síntese de quitina, que compromete o sistema de suporte vital da rainha. Com menor número de operários disponíveis para forragear, processar alimentos e realizar a trofalaxia, a quantidade e qualidade da nutrição fornecida à rainha diminui drasticamente. O efeito é lento e cumulativo, necessário para evitar rejeição da isca e permitir ampla disseminação do ingrediente ativo antes do surgimento dos sintomas letais.

A rainha possui metabolismo extremamente acelerado e assim, qualquer interrupção no fornecimento de alimentos resulta em debilitação rápida. O colapso final da colônia ocorre quando a combinação da exposição direta ao ingrediente ativo e da desnutrição causada pela falta de operários resulta na morte da rainha. Sem a presença da rainha para continuar a reprodução, a colônia perde sua capacidade de renovar sua população, entrando em declínio irreversível.

Vantagens comparativas das iscas com hexaflumuron

Especificidade e segurança

O hexaflumuron é altamente eficaz contra os cupins, com baixíssima toxicidade para humanos, animais domésticos e organismos não-alvo. Sua aplicação restrita a estações de isca reduz drasticamente o risco de contaminação ambiental e exposição acidental.

Sustentabilidade ambiental

O produto apresenta baixa mobilidade no solo, não lixivia para lençóis freáticos e não persiste no ambiente, minimizando impactos sobre a fauna e flora locais. O uso de pequenas quantidades de ingrediente ativo reduz o risco ecológico, ao contrário dos métodos convencionais, que exigem grandes volumes de inseticidas sintéticos.

Preservação do patrimônio

A aplicação de iscas é não invasiva: dispensa perfurações, quebras de pisos ou paredes, mantendo a integridade estrutural do imóvel, representando um avanço significativo em relação aos métodos tradicionais, que frequentemente causam danos colaterais e transtornos aos ocupantes.

Monitoramento e flexibilidade

O sistema de iscagem permite monitoramento contínuo da atividade termítica, possibilitando ajustes na estratégia de controle e detecção precoce de reinfestações, algo inexistente nos tratamentos convencionais.

Limitações e considerações operacionais

Apesar das vantagens, a eficácia do sistema depende de fatores como a localização estratégica das iscas, a atratividade do substrato e a dinâmica de forrageamento da espécie alvo. Competições alimentares podem reduzir o consumo da isca, exigindo manejo integrado e monitoramento regular. A compreensão da biologia local das espécies é essencial para o sucesso do programa.

Modernidade e eficácia

O uso de iscas cupinícidas com hexaflumuron representa não apenas um avanço técnico, mas um novo paradigma na proteção de estruturas e manejo ambiental. A exploração da biologia social dos cupins, em vez do simples extermínio químico, reflete uma abordagem mais sofisticada e ética, alinhada com os princípios da sustentabilidade e da saúde pública.

A transição dos métodos convencionais para o uso de iscas cupinícidas representa um salto qualitativo no controle de cupins subterrâneos. O futuro do manejo de cupins pertence, indubitavelmente, às soluções que unem ciência, inovação e responsabilidade ecológica, consolidando o sistema de iscagem como referência de modernidade e eficácia no controle de cupins.

A modernidade das iscas cupinícidas não se resume à tecnologia, mas representa uma mudança de mentalidade. O controle passa a ser sistêmico, inteligente e integrado, respeitando o patrimônio, a saúde humana e o equilíbrio ambiental. O sistema de iscagem, ao eliminar a colônia de dentro para fora, reduz drasticamente a necessidade de intervenções repetidas e o uso de substâncias perigosas, promovendo uma convivência mais harmoniosa entre as atividades humanas e o meio ambiente.



Fonte: Folha de São Paulo/ Folha Ilustrada

Autor: Fernando Gonsales

Fonte: Janei, 2013

11.Referências Bibliográficas

- ALBINO E, COSTA-LEONARDO, A. 2011. Nymphs in foraging populations of *Coptotermes gestroi*. *Animal Biology*, 61(4): 427-439.
- ABE, T. Evolution of life types in termites. In: KAWANO, S.; CONNELL, J. H.; HIDAKA, T. (Ed.). **Evolution and Coadaptation in Biotic Communities**. Tokyo: University of Tokyo Press, 1987. p. 125–148.
- BARSOTTI, R. C.; COSTA-LEONARDO, A. M. The caste system of *Coptotermes gestroi* (Isoptera: Rhinotermitidae). **Sociobiology**, v. 46, n. 1, p. 87–103, 2005.
- BERTI FILHO, E. Alguns Aspectos Atuais da Biologia e Controle de cupins. In: BERTI FILHO, E.; FONTES, L.R.(Eds). Cupins e florestas. FEALQ, Piracicaba, pp 127-140, 1995.
- BIODIVERSITY4ALL, 2025. *Coptotermes gestroi*. Disponível em: <https://www.biodiversity4all.org/taxa/209098-Coptotermes-gestroi> , acesso em 02-abril-2025.
- BUENO, Y. 2018. Estratégias reprodutivas em cupins: famílias tradicionais e famílias modernas. Wikitermes. Disponível em: <https://cupim.proec.ufabc.edu.br/estrategias-reprodutivas-em-cupins-familias-tradicionais-e-familias-modernas/> , acesso em 10-abr-2025.
- BRITO, H. N. F. 2004. Aspectos ecológicos e comportamentais do cupim subterrâneo asiático, *Coptotermes gestroi* Holmgren (Isoptera:Rhinotermitidae). Dissertação (mestrado) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Instituto de Agronomia. 84 f.: il.
- CHOUVENC, T.; SU, N.-Y. 2014. Colony age-dependent pathway in caste development of *Coptotermes formosanus* Shiraki. *Insectes Sociaux*, v. 61, p. 171–182.
- CHOUVENC, T., FOLEY IV, J R. 2018. *Coptotermes gestroi* (Wasmann)(Blattodea [Isoptera]: Rhinotermitidae), a threat to the southeastern Florida urban tree canopy. **Florida Entomologist**, v. 101, n. 1, p. 79-90.
- CHOUVENC T, LI HF, AUSTIN J, BORDEREAU C, BOURGUIGNON T, CAMERON SL, CANCELLO EM, CONSTANTINO R, COSTA-LEONARDO AM et al. 2016. Revisiting Coptotermes (Isoptera: Rhinotermitidae): a global taxonomic road map for species validity and distribution of an economically important subterranean termite genus. *Systematic Entomology* 41: 299-306.
- CHOUVENC, T. 2021. Termite king and queen with early signs of physiogastry in the queen. *Coptotermes gestroi*. Disponível em: <https://x.com/ChouvencL/status/1355170445083996165> , acesso em 22-04-2025.
- CHOUVENC, T, LEE, SB. 2021. Queen Egg Laying and Egg Hatching Abilities are Hindered in Subterranean Termite Colonies When Exposed to a Chitin Synthesis Inhibitor Bait Formulation, *Journal of Economic Entomology*, Volume 114, Issue 6, December 2021, Pages 2466–2472, <https://doi.org/10.1093/jee/toab200>
- CHOUVENC, T. 2022. Eusociality and the transition from biparental to alloparental care in termites. *Functional Ecology*. 36. 10.1111/1365-2435.14183.
- CHOUVENC, T. 2022. The Global Impact of *Coptotermes* and The Rise of CSI Bait Formulations as a Solution. Disponível em <https://professionalpestmanager.com/termite-treatment/termite-baits/the-global-impact-of-coptotermes-and-the-rise-of-csi-bait-formulations-as-a-solution/> , acesso em 03-abril-2025.

CHOUVENC, T. 2024. Death zone minimizes the impact of fipronil-treated soils on subterranean termite colonies by negating transfer effects, *Journal of Economic Entomology*, Volume 117, Issue 5, October 2024, Pages 2030–2043, <https://doi.org/10.1093/jee/toae150>

CONSTANTINO, R. The pest termites of South America: taxonomy, distribution, and status. **Journal of Applied Entomology**, Berlin, v. 126, n. 7, p. 355-365, 2002.

COSTA-LEONARDO, A. M.; THORNE, B.L. Iscas e outras metodologias alternativas para o controle de cupins. In: BERTI FILHO, E.; FONTES, L.R. (Ed). **Alguns aspectos atuais da biologia e controle de cupins**. Piracicaba, FEALQ: 1995. p. 89-94.

COSTA-LEONARDO, A. M.; CAMARGO-DIETRICH, C.R.R. 1999. Território e população de forrageio de uma colônia de *Coptotermes havilandi* (Isoptera: Rhinotermitidae) em meio urbano. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 66, n. 2, p. 99-105.

COSTA-LEONARDO, A. M. Cupins-Praga: Morfologia, Biologia e Controle. A.M. CostaLeonardo (Ed.), Rio Claro, 128 p., 2002.

COSTA-LEONARDO, A.M., IGNATTI, A.C. A rainha dos cupins. **Ciência Hoje**, v. 15, n. 85, p. 6-7, 1992.

ENTOMOLOGY TODAY. 2021. Queen and King, *Coptotermes gestroi*. Disponível em: <https://entomologytoday.org/2021/12/07/killing-eggs-subterranean-termite-bait/asian-subterranean-termite-king-queen/> , acesso em 15 -abril-2025.

ENTOMOLOGY TODAY. 2024. Common Termite Management Tool Creates “Death Zone” That Limits Effect on Colonies. Disponível em: <https://entomologytoday.org/2024/08/08/common-termite-management-tool-death-zone-limits-effect-colonies-secondary-repellency/> , acesso em 17-04-2024.

ENTOMOLOGY TODAY, 2025. *Coptotermes gestroi* exuvium. Disponível em: <https://entomologytoday.org/2023/03/09/nitrogen-nosh-termites-consume-molted-exoskeletons-exuviae/coptotermes-gestroi-exuvium/>

ESENTHER, G. R.; GRAY, D. E. 1968. Subterranean termite studies in Southern Ontario. **Canadian Entomologist**, Ottawa, v. 100, n. 8, p. 827-834.

EVANS, T.A.; FORSCHLER, B.T.; GRACE, J.K. 2013. Biology of Invasive Termites: A Worldwide Review. *Annual Review Entomology*, v.58, p. 455-474.

FERRAZ, M. V. **Estudo Taxonômico e Aspectos da Biologia de Coptotermes Wasmann, 1896 (Isoptera, Rhinotermitidae) nas Américas**. 2000. 213 f. Tese (Doutorado em Zoologia) - Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo. Fontes e Veiga, 1998.

FONTES, L. R. Cupins em áreas urbanas. In: BERTI-FILHO, E.; FONTES, L. R. **Alguns Aspectos Atuais da Biologia e Controle de Cupins**. Piracicaba: FEALQ, 1995. p. 57-75.

FONTES, L. R. 2022. Infestação por cupim subterrâneo em edifício: problema do condômino ou do condomínio? *Vetores & Pragas*, Rio de Janeiro, 60:20-22.

- FONTES, L. R.; ARAUJO, R. L. 1999. Os cupins. In: MARICONI, F.A.M. (Org.). **Insetos e outros invasores de residências**. Piracicaba: FEALQ, p. 35-90.
- FONTES, L.R., MILANO, S. 2002. Termites as an urban problem in South America. *Sociobiology*, 40(1): 103–151.
- FONTES, L. R.; MILANO, S., 2010. Categorias de cupins, uma ferramenta do profissional de controle de pragas. *Vetores & Pragas*, Rio de Janeiro, vol. 26, p. 12-15.
- GORDON JM, VELENOVSKY JF, CHOUVENC T. 2022. Subterranean termite colony elimination can be achieved even when only a small proportion of foragers feed upon a CSI bait. *Journal of Pest Science* 95: 1207–1216.
- HAIFIG, I., VARGO, E. L., LABADIE, P., & COSTA-LEONARDO, A. M. (2016). Unrelated secondary reproductives in the neotropical termite *Silvestritermes euamignathus* (Isoptera: Termitidae). *The Science of Nature*, 103(1-2), 9.
- HAVERTY, M. I.; LAFAGE, J. P.; NUTTING, W. L. 1974. Seasonal activity and environmental control of foraging of the subterranean termite, *Heterotermes aureus* (Snyder), in a desert grassland. *Life science*, V.15, p.1091-1101.
- HELLEMANS, S; HANUS, R. 2024. Termite primary queen — ancestral, but highly specialized eusocial phenotype, *Current Opinion in Insect Science*, Volume 61,101157,ISSN 2214-5745. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.cois.2023.101157>. Acesso em 19-04-2025.
- HOWSE, P. E. 1984. Sociochemicals of termites. In: BELL, W. J.; CARDE, R. T. (Eds). *Chemical ecology of insects*. Chapman and Hall, Sinauer Associates, London, pp 475-519.
- JANEI, V. 2013. *Coptotermes gestroi* (Isoptera, Rhinotermitidae): dinâmica de colônias inteiras, necessidades hídricas e alocação de castas entre diferentes fontes alimentares. 121f. Dissertação (Mestrado em Ciências Biológicas (Área de Concentração: Zoologia)). Universidade Estadual Paulista, Campus de Rio Claro, Disponível em : <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/51e8dadb-7a9b-4abd-99db-aac15332fbd2/content> , acesso em 01-abril-2025.
- JONES, SC, EATON, T. D. 2018. Biological and molecular insights into invasive subterranean termites (*Coptotermes*, *Heterotermes*) in the Caribbean Basin. Department of Entomology The Ohio State University. Ppt presentation at RCW.
- KAKKAR G, CHOUVENC T, OSBRINK W, SU N-Y. 2016. Temporal assessment of molting in workers of Formosan subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae) *J. Econ. Entomol.*;109:2175–2181. doi: 10.1093/jee/tow180. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
- KAKKAR G, OSBRINK W, MULLINS A, SU N-Y. 2017. Molting site fidelity in workers of Formosan subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae) *J. Econ. Entomol.* doi: 10.1093/jee/tox246. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
- KAKKAR, G; OSBRINK, W; SU, NY. 2018. Molting site fidelity accounts for colony elimination of the Formosan subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae) by chitin synthesis inhibitor baits. *Scientific Reports*. 8. 10.1038/s41598-018-19603-8.

- KORB, J. The Ecology of Social Evolution in Termites. In: KORB, J.; HEINZE, J. (Ed.). **Ecology of Social Evolution**. Berlin: Springer, 2008. p. 151–174.
- KIRTON L. G., BROWN V. K. 2003. The taxonomic status of pest species of *Coptotermes* in Southeast Asia: resolving the paradox in the pest status of the termites, *Coptotermes gestroi*, *C. havilandi* and *C. travians* (Isoptera: Rhinotermitidae). *Sociobiology* 42: 43–63.
- KRISHNA, K.; WEESNER, F.M. 1970. **Biology of Termites**. Vol. I-II. New York: Academic Press, 1969 –
- LEE, K.E.; WOOD, T.G. 1971. *Termites and Soils*. London: Academic Press, 251 p.
- LEE S-B, CHOUVENC T, SU N-Y. 2021. Differential time allocation of foraging workers in the subterranean termite. *Front. Zool.* 2021;18:1–8. doi: 10.1186/s12983-021-00446-5. [DOI] [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
- LELIS, A. T. Primeiro registro no Brasil de rainha de substituição de *Coptotermes gestroi* e sua implicação no controle desse cupim. **Vetores & Pragmas**, v. 4, n. 1, p. 19–23, 1999.
- LI, HOU-FENG & FUJISAKI, IKUKO & SU, NAN-YAO. 2013. Predicting Habitat Suitability of *Coptotermes gestroi* (Isoptera: Rhinotermitidae) With Species Distribution Models. *Journal of economic entomology*. 106. 311-21. 10.1603/EC12309.
- LIMA, J.T., COSTA-LEONARDO, A.M. 2007. Recursos alimentares explorados pelos cupins. *Biota Neotropica*, Campinas, v. 7, n. 2, p. 243-250.
- MAEKAWA, K. et al. Compound eye development during caste differentiation in the termite *Reticulitermes speratus* (Isoptera: Rhinotermitidae). **Zoological Science**, v. 25, n. 7, p. 699– 705, 2008.
- MAEKAWA, K. et al. 2010. Juvenile Hormone titre and vitellogenin gene expression related to ovarian development in primary reproductives compared with nymphs and nymphoid reproductives of the termite *Reticulitermes speratus*. *Physiological Entomology*, v. 35, n. 1, p. 52–58.
- MARTINS C.; MARTINS, L. R.; FONTES L.R.; FONTES, O.; BUENO O.C.; MARTINS, V.G. 2010. *Coptotermes gestroi* (Isoptera: Rhinotermitidae) in Brazil: possible origins inferred by mitochondrial cytochrome oxidase II gene sequences. *Genome*. 53(9): 651-657. <https://doi.org/10.1139/G10-044>
- MATHEUS, G.P. 2020. Cupim da semana! *Coptotermes gestroi*. Disponível em: <https://cupim.proec.ufabc.edu.br/coptotermes-gestroi/> , acesso em 2-abril-2025.
- MIKOLA, T.V. 2010. Produtos naturais e fungos entomopatogênicos para o manejo de *Coptotermes gestroi* (Isoptera: Rhinotermitidae) em árvores de área urbana. 77 f. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) – Instituto Biológico – APTA – São Paulo – SP.
- MILANO, S.; FONTES, L.R. 2002. *Cupim e Cidade: implicações ecológicas e controle*. 1. ed. São Paulo-SP: Conquista Artes Gráficas. 141 p.
- MILANO, S., AND FONTES, L.R. 2002. Termite pests and their control in urban Brazil. *Sociobiology*, 40(1): 163–177.
- MILANO, S., AND FONTES, L.R. 2002. The termite and the city. Ecological significance and control. São Paulo-SP, Brazil.
- NUTTING, W.L. 1969. Flight and colony foundation. In: KRISHNA, K.; WEESNER, F. M. (Eds). *Biology of termites*. Academic Press, New York, pp 233–282.

- PATRIOT PEST SOLUTIONS. 2025. Drill & Treat termites. Disponível em: <https://www.patriotpestsolutions.net/termite-treatments/> , acesso em 12-05-2025.
- RAINA, A.; PARK, Y. I.; FLORANE, C. 2003. Behavior and reproductive biology of the primary reproductives of the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). *Sociobiology*, v. 41, p. 37.
- RAINA A, PARK YI, GELMAN D. 2008. Molting in workers of the Formosan subterranean termite *Coptotermes formosanus*. *J. Insect Physiol.* ;54:155–161. doi: 10.1016/j.jinsphys.2007.08.015. [DOI] [PubMed] [Google Scholar]
- RODRIGUEZ, J. 2024. Termite control: Subterranean termites. Disponível em: <https://pestgnome.com/blog/termite-control/eastern-subterranean-termites/> , acesso em 22-05-2025.
- ROISIN, Y. Diversity and evolution of caste patterns. In: ABE, T; BIGNELL, D. E.; HIGASHI, M. (Ed.). **Termites: Evolution, Sociality, Symbioses, Ecology**. London: Kluwer Academic, 2000. p. 95–119.
- ROJAS-SANDOVAL, J. 2023. *Coptotermes gestroi* (Asian subterranean termite). CABI Digital Library. Disponível em: <https://cabidigitallibrary.org> by 2804:7f0:a236:d4f0:ad59:7b4c:ef11:619a, acesso em 10-abr-2025.
- ROMAGNANO, L.F.T. & NAHUIZ, M.A.R. 2006. Controle de cupins subterrâneos em ambientes construídos. **Téchne** 114: 1.
- RUST MK, SU NY. 2012. Managing social insects of urban importance. *Annual Review of Entomology* 57: 355-375.
- SCHEFFRAHN, R.H., SU, N.Y., 2017. Asian subterranean termite. Featured Creatures. University of Florida : UF/IFAS . <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/IN285.pdf> , acesso em 03-abril-2025
- SHAMSURI, Q., AB MAJID, A. 2024. Laboratory efficacy and performance of several type of chitin synthesis inhibitors (CSIs) towards three species of subterranean termite (Blattodea: Rhinotermitidae, Termitidae). *Int J Trop Insect Sci* 44, 1245–1254. <https://doi.org/10.1007/s42690-024-01231-7>
- SILLAN-DUSSÈS, D.; HANUS, R.; ABD EL-LATIF, A. O.; *et al.* Sex Pheromone and Trail Pheromone of the Sand Termite *Psammotermes hybostoma*, *Journal of Chemical Ecology*, v. 37, n. 2, p. 179–188, 2011.
- SILVA, IB. 2023. Oviposição e morfofisiologia da espermateca e glândulas coletóricas em duas espécies de cupins praga. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Ciências Biológicas (Zoologia) Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, 100 f.
- SU, N.-Y.; SCHEFFRAHN, R.H. 1990. Comparison of eleven soil termiticides against the Formosan subterranean termite and eastern subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 83, n. 5, p. 1918- 1924.
- SU, N-Y; SCHEFFRAHN, R.H. 1993. A shallow sub-surface monitoring station for subterranean termites (Isoptera). **Sociobiology**, Chico, v. 23, n. 2, p. 175-182.
- SU, N-Y. 1994. Field Evaluation of a Hexaflumuron Bait for Population Suppression of Subterranean Termites (Isoptera: Rhinotermitidae). *Journal of Economic Entomology*. 87. 389-397. 10.1093/jee/87.2.389.
- SU N.-Y., SCHEFFRAHN R. H., WEISSLING T. 1997. A new introduction of a subterranean termite, *Coptotermes havilandi* Holmgren (Isoptera: Rhinotermitidae) in Miami, Florida. *Florida Entomologist* 80: 408–411.

SU; N.-Y.; SCHEFFRAHN, R.H. 1998. A review of subterranean termite control practices and prospects for integrated pest management programmes termites. *International Pest Management Review*, v. 3, p. 1-13.

SU, N-Y.; SCHEFFRAHN, R.H. 2000. Termites as Pests of buildings In: ABE, T., BIGNELL, D.E., HIGASHI, M. **Termites: Evolution, sociality, Symbioses, Ecology**. Netherlands: Kluwer, p. 437-453.

SU NY, OSBRINK WLA, KAKKAR G, MULLINS AJ, CHOUVENC T. 2017. Foraging distance and population size of juvenile colonies of the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae) in laboratory extended arenas. *Journal of Economic Entomology* 110: 1728-1735.

WATANABE, RM. 2016. *Coptotermes gestroi*. Disponível em: <https://www.ebanataw.com.br/roberto/patologias/cupimtipos.htm> , acesso em 22-04-2025.

XING L, CHOUVENC T, SU NY. 2013. Molting process in the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). *Annals of the Entomological Society of America* 106: 619-625.

ZORZENON, F.J; JUSTI JUNIOR, J. 2006. **Manual Ilustrado de Pragas Urbanas e Outros Animais Sinantrópicos**. Instituto Biológico, São Paulo, 151.

ZORZENON, F.J.; POTENZA, M.R. (Coords.).2006. **Cupins: Pragas em áreas urbanas**. Boletim Técnico do Instituto Biológico, São Paulo, n. 10, 66p.



Tapinoma

**A CIÊNCIA NO CONTROLE
DE PRAGAS**

2025

www.tapinoma.com.br