

**CONTROLE QUÍMICO DE *Monomorium floricola* (HYMENOPTERA:
FORMICIDAE) POR MEIO DE PRODUTOS MICROENCAPSULADOS**

MARIA FERNANDA MIORI DE ZARZUELA

Dissertação apresentada ao Instituto de
Biociências da Universidade Estadual
Paulista “Júlio de Mesquita Filho”,
Campus de Rio Claro, para a obtenção
do título de Mestre em Ciências
Biológicas (Área de Concentração:
Zoologia).

Rio Claro
Estado de São Paulo – Brasil
Novembro de 2005

CONTROLE QUÍMICO DE *Monomorium floricola* (HYMENOPTERA: FORMICIDAE) POR MEIO DE PRODUTOS MICROENCAPSULADOS

MARIA FERNANDA MIORI DE ZARZUELA

Orientadora: Dra. ANA EUGÊNIA DE CARVALHO CAMPOS-FARINHA

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus De Rio Claro, para a obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Área de Concentração: Zoologia).

Rio Claro
Estado de São Paulo – Brasil
Novembro de 2005

Aos meus pais **José Benedito** e **Elizabeth** que me deram a oportunidade de concretizar meus sonhos, me ensinando a acreditar e lutar pelos meus objetivos, sendo além de pais, grandes amigos.

Dedico...

A **José Lopes Zarzuela** (*in memorian*) a
quem tenho como exemplo.

Ofereço...

AGRADECIMENTOS

- A Dra. Ana Eugênia de C. Campos-Farinha, pela orientação, dedicação, pelo exemplo de profissional e principalmente pela amizade;
- Ao Prof. Dr. Odair Correa Bueno, pela coorientação, paciência e pelos infinitos ensinamentos;
- À Profa. Dra. Sulene Noriko Shima pelo auxílio na análise de comportamento das formigas;
- Ao Centro de Estudos de Insetos Sociais (CEIS) da UNESP – Rio Claro, por oferecer os laboratórios e todo o material para o desenvolvimento da pesquisa;
- Ao CNPq, pela concessão da bolsa de estudo;
- À Singenta e à Dow Agrosciences por permitirem os testes com seus produtos;
- A Itamar Cristina Reiss pela colaboração em todas as etapas do trabalho e pelo exemplo de dedicação e amor às formigas;
- A Fabiana Correa Bueno pelas sugestões e críticas ao trabalho e principalmente pela amizade;
- Ao Antônio e ao José Augusto pela ajuda nas imagens de microscopia eletrônica;
- Ao Andriago, meu companheiro, pelo auxílio na elaboração e no desenvolvimento deste trabalho, que com palavras, gestos e muito carinho fez com que os problemas fossem minimizados;
- Aos amigos, Carlos, Cíntia, Daniel, Eduardo, Eliana, Érica, Fabiana Bueno, Fabiana Casarin, Ita, Ivan, José Augusto, Lucimeire, Malu, Maria de Fátima, Maria Fernanda, Necis, Paulo, Priscila, Raquel, Romualdo, Sérgio e Talita, que com muita alegria e diversão tornaram o dia a dia muito mais agradável;
- Aos amigos Juliana, Dall'acqua, Priscila, Renne e Rodrigo meus grandes amigos que a distância não separou;
- A Kelly e a Cláudia por estarem sempre ao meu lado, me apoiando em minhas decisões e por serem simplesmente AMIGAS;
- À dupla dinâmica Tânia e Lúgia, minhas irmãs lindas que com alegria e muito agito me fazem muito feliz;
- Aos meus pais e toda minha família por entenderem a importância que a pesquisa tem em minha vida;
- E finalmente... Às formigas...

INDICE

	Página
1.RESUMO.....	1
2.SUMMARY.....	2
3.INTRODUÇÃO.....	3
4. REVISÃO DA LITERATURA.....	7
4.1 Inseticidas.....	7
4.2 Controle de Formigas Urbanas com Iscas Tóxicas.....	8
4.3 Microencapsulados.....	11
4.4 Produtos Testados.....	13
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
5.1 Manutenção das Colônias em Laboratório.....	15
5.2 Produtos Testados.....	16
5.3 Teste I. Mortalidade e Repelência: Aplicação Imediata.....	16
5.4 Teste II. Mortalidade e Repelência: Aplicação Residual 3 meses.....	19
5.5 Teste III. Mortalidade e Repelência: Aplicação Residual 6 meses.....	19
5.6 Teste IV. Comportamento das Formigas.....	19
5.7 Teste V. Microscopia Eletrônica de Varredura.....	20
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	21
6.1 Teste I. Mortalidade e Repelência: Aplicação I.....	21
6.2 Teste II. Mortalidade e Repelência: Residual 3 meses.....	26
6.3 Teste III. Mortalidade e Repelência: Residual 6 meses	31
6.4 Teste IV. Comportamento das Formigas.....	37
6.5 Teste V - Microscopia Eletrônica de Varredura.....	38
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	42
8. CONCLUSÕES.....	43
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44

1. RESUMO

Monomorium floricola é uma das principais espécies de formigas exóticas presentes nas cidades brasileiras e ocorre, em ambientes residenciais, em fábricas de alimentos e em hospitais. As espécies de formigas que ocorrem em ambientes urbanos podem agir como vetor mecânico de disseminação de microrganismos patogênicos e por esse motivo há um grande interesse no estudo de novas formulações de inseticidas visando o controle dessas espécies. Diante disso, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a eficácia de produtos na formulação microencapsulada para o controle de *Monomorium floricola* mantidas em laboratório.

Os produtos testados neste trabalho foram o Demand 2,5 CS (Syngenta) e o Dursban 20 ME (Dow Agrosiences) e para tanto, foram realizadas três etapas de testes sendo que em cada uma foi verificada a mortalidade das formigas e o efeito de repelência causado por esses inseticidas. Estas etapas foram divididas em aplicação imediata dos produtos, aplicação residual três meses e aplicação residual seis meses. Paralelamente, foi averiguado o comportamento das formigas que entraram em contato com os produtos.

Foram utilizadas 30 colônias para cada etapa de testes, sendo 10 para cada produto e 10 para o controle. Essas colônias foram depositadas em bandejas plásticas, e nelas, foram colocados dois azulejos, sendo que a colônia de *Monomorium floricola* foi disposta entre eles. O alimento e a água foram colocados sobre cada um dos azulejos. Nas 20 bandejas destinadas aos testes, um dos azulejos foi tratado com o inseticida e o outro não recebeu qualquer tratamento. Nas bandejas controle, um azulejo foi deixado sem qualquer tratamento e o outro foi pincelado com água. As avaliações para o efeito de repelência foram realizadas diariamente por um período de 16 dias, contando-se o número de formigas presente em cada azulejo no momento da leitura. Para a análise de mortalidade foi estabelecida uma contagem do número de formigas mortas dentro das bandejas por um período total de 13 semanas. As observações do comportamento das formigas se deram por três horas e durante esse período foram anotados os comportamentos observados sob uma lupa. As formigas que morreram ao entrar em contato com os inseticidas assim como os azulejos tratados foram submetidas ao Microscópio Eletrônico de Varredura para analisar a presença das microcápsulas.

Os produtos microencapsulados não demonstraram ser repelentes. O produto Demand 2,5 CS proporcionou maior mortalidade das operárias de *Monomorium floricola* em todas as etapas dos testes. Observou-se que ambos os inseticidas mataram as operárias por contato e não atingiram os demais membros da colônia, estas aumentaram de tamanho no decorrer dos testes. As imagens de Microscopia Eletrônica de Varredura permitiram observar que as microcápsulas estouraram antes do contato com as formigas, no momento da diluição e aplicação, com isso, os ingredientes ativos contidos no interior destas cápsulas ficaram expostos ao ambiente e ao aplicador. Os produtos testados não são recomendáveis para o controle de colônias de formigas urbanas, pois possuem alta concentração de seus ingredientes ativos, que não ficam protegidos pelas microcápsulas, e agem por contato.

2. SUMMARY

Monomorium floricola is one of the main exotic ant species in Brazilian cities and it occurs in households, food services and hospitals. The ant species that occur in urban environments can be a potential mechanical vector of pathogenic microorganisms and thus there is a great interest in studying new types of insecticide formulations for the ant control. The aim of this work was to evaluate the microencapsulated formulation effectiveness for the *Monomorium floricola* control in laboratory conditions.

The products tested in this work were Demand 2,5 CS (Syngenta) and Dursban 20 ME (Dow Agrosciences) and therefore, three stages of tests were carried out. In each test the mortality of the ants and the repellent effect caused by those insecticides were verified. These stages were divided into immediate application of the products, three-month as well as six-month residual application. At the same time, the ants' behavior was evaluated when they got in contact with the products.

Thirty colonies were used for each test, being 10 for each product and 10 for the control. The colonies were put in plastic trays, and inside of them, two tiles were placed, and the *Monomorium floricola* colony was put among them. The food and the water were placed on each one of the tiles. In the 20 trays used for the tests, one of the tiles was treated with the insecticide and the other did not receive any treatment. In the control trays, one tile did not receive any treatment and the other was treated with water. The evaluations for the repellent effect were made daily for 16 days, and the number of the ants present on each tile was counted during the observation. For the mortality analysis the number of dead ants was counted for 13 weeks. The ants' behavior observations were made for three hours. The ants that died when getting in contact with the insecticides as well as the treated tiles were submitted to the Electronic Microscope to analyze the microcapsules presence.

The microencapsulated insecticides did not show any repellency. The Demand 2,5 CS product provided a larger mortality of *Monomorium floricola* workers in all of the tests. Both insecticides killed the workers by contact and they were not transferred to the other members of the colony. The size of colonies increased during the tests. The Electronic Microscopic pictures showed that the microcapsules burst previous to contact with the ants, and that during the dilution and application, the active ingredients contained inside the capsules were exposed to the environment and applicator. The products tested are not able to control urban ant colonies because they present high concentration of active ingredients, they are not protected by the microcapsules and they act by contact.

3. INTRODUÇÃO

As formigas são insetos sociais e ocorrem em praticamente todo o ambiente terrestre, exceto nos pólos. Como qualquer ambiente natural, os ambientes artificiais podem ser colonizados e explorados por várias espécies de formigas. Assim, algumas delas encontram-se associadas ao homem e convivem em suas residências (EICHELER, 1990; FOWLER et al., 1994; PASSERA, 1994; HUMAN & GORDON, 1996; BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1999).

Estima-se que existam cerca de 15.000 a 18.000 espécies de formigas em todo o mundo, das quais aproximadamente 10.000 já foram descritas (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990). No Brasil ocorrem cerca de 2.000 espécies, sendo que destas, apenas algumas dezenas são consideradas pragas (CAMPOS-FARINHA et al., 1997; BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1999).

Algumas espécies são neutras em relação à influência sobre aspectos econômicos da humanidade, porém um grande número delas é certamente benéfico pela ação de aeração e movimentação do solo, como também de decomposição de substâncias orgânicas, colaborando com a ciclagem de nutrientes (HÖLLDOBLER & WILSON, 1990; CAMPOS-FARINHA et al., 1997).

Diversas espécies são úteis à agricultura como predadores, alimentando-se de pragas agrícolas, no entanto, as formigas cortadeiras podem ser bastante destruidoras (AMANTE, 1967; BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1999; CAMPOS-FARINHA et al., 1997; FORTI & BOATETTO, 1997). Embora as espécies de formigas consideradas pragas sejam poucas, os prejuízos econômicos causados por elas podem ser grandes, principalmente na agricultura, considerando não só a produção em si, mas também o armazenamento das safras. As formigas podem também provocar problemas na saúde pública e causar danos a muitas espécies vegetais silvestres, influenciando na biodiversidade (BRANDÃO, 1994; BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1999).

As atenções nos últimos anos têm sido voltadas para um grupo de formigas que possui hábitos e comportamentos específicos, caracterizando-as como espécies andarilhas ou urbanas – “tramp species” (PASSERA, 1994). De acordo com HÖLLDOBLER & WILSON (1990) e PASSERA (1994), as espécies urbanas possuem as seguintes características: (a)

poliginia; (b) constituem populações unicloniais; (c) reprodução das colônias por fragmentação; (d) revelam baixa agressividade intraespecífica e alta agressividade interespecífica, são dispersas pelo mundo através do comércio humano e vivem em íntima relação com o homem.

A presença de pragas é consequência do desequilíbrio ecológico provocado pelo próprio homem. O acúmulo inadequado de alimentos, a falta de cuidados com o lixo, o extermínio de predadores naturais, a falta de higiene e, até mesmo, o baixo nível educacional da população que a impede de ter acesso a informações básicas de higiene e saúde levam ao descontrole e à proliferação de insetos, inexistentes em condições naturais (LUZ, 1991).

Muitas espécies de formigas exóticas e nativas se tornaram pragas quando, de alguma maneira, escaparam de seus inimigos naturais e passaram a interagir com o homem (MOONEY & DRAKE, 1986; PORTER & SAVIGNANO, 1990; HUMAN & GORDON, 1996).

No Brasil, a situação é muito preocupante, uma vez que a mirmecofauna em residências foi detectada em centenas de coletas em várias cidades, revelando mais de duas dezenas de espécies diferentes, sendo marcante a presença de espécies exóticas (FOWLER et al., 1994; BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1999). Resultados em hospitais também mostram situação semelhante. Nestes ambientes registrou-se um número maior de espécies de formigas comparado com países de clima temperado, sendo também as espécies exóticas predominantes. Além disso, verificou-se que as formigas encontradas em hospitais são vetores de microrganismos patogênicos, podendo estar relacionadas com a infecção hospitalar (FOWLER et al., 1993; BUENO & FOWLER, 1994; PEÇANHA 2000). Em residências e cozinhas semi-industriais observou-se que as formigas veiculam fungos, como *Aspergillus flavus* (ZARZUELA et al., 2002) e bactérias, sendo estas resistentes a muitos dos antibióticos usualmente ministrados (ZARZUELA et al., 2005).

As formigas exóticas mais importantes nas cidades brasileiras são: *Tapinoma melanocephalum*, *Paratrechina longicornis*, *Monomorium floricola*, *Monomorium pharaonis* e *Pheidole megacephala* e as espécies nativas são: *Wasmannia auropunctata*, *Linepithema humile* e *Pogonomyrmex* spp., que se comportam da mesma maneira que as exóticas. Entre as espécies nativas, destacam-se ainda os gêneros *Crematogaster*, *Camponotus*, *Pheidole* e *Solenopsis* (FOWLER et al., 1994; BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1999; OLIVEIRA & CAMPOS-FARINHA, 2005).

Pesquisa recente no mercado de controladores de pragas urbanas apontou as formigas como as pragas mais difíceis de serem controladas, além de serem as mais mencionadas em reclamações, principalmente em hospitais (CORRÊA, 2000).

Antes do efetivo controle é necessário conhecer a situação real da infestação de formigas por meio de um monitoramento. Basicamente, deve-se conhecer o nível da infestação, quantas e quais são as espécies presentes, e onde estão localizadas as colônias. Esse monitoramento pode ser realizado por meio de entrevistas, inspeções visuais e com iscas

não tóxicas. Após análise cuidadosa das informações obtidas, poderá ser avaliada a necessidade de controle ou não (BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1999).

Para que o controle dessas formigas seja eficaz é necessário o conhecimento da biologia das espécies, evitando-se assim o uso indiscriminado, excessivo e desnecessário de inseticidas (BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1999).

Ao contrário do que ocorre em relação às formigas cortadeiras, pouca informação está disponível a respeito das formigas urbanas (FOWLER et al., 1990). Nos Estados Unidos, milhões de dólares são gastos para o controle de *Solenopsis invicta* que causam sérios danos nas áreas em que foram introduzidas (THOMPSON, 1990). Outra espécie bastante estudada é *Monomorium pharaonis*, tida como um inseto nocivo, de grande importância para a saúde pública na Europa Central por atuar como vetor de agentes patogênicos. Essa espécie de formiga é capaz de transportar patógenos, tanto mecanicamente sobre o corpo das operárias, como pela ingestão de alimentos contaminados, cujos microrganismos mantêm-se viáveis em seu tubo digestório (ALEKSEEV et al., 1972; BEATSON, 1972). FOWLER et al. (1993) demonstraram este mesmo fato em hospitais brasileiros.

Para o controle de formigas urbanas têm-se utilizado inseticidas aerossóis ou líquidos com produtos não específicos. Eles são aplicados diretamente sobre as formigas ou em áreas próximas. Também são utilizadas técnicas com produtos polvilhados em frestas de paredes e atrás de caixas de tomadas e de interruptores elétricos. Outras formas de controle consistem na utilização de inseticidas com efeito residual, ou aplicações em áreas externas (tratamento de perímetro) (JACOB, 2001).

Os métodos de controle através da aplicação de inseticidas em forma de pós ou aerossóis não são recomendáveis, pois as colônias são normalmente encontradas em locais inacessíveis ou de difícil acesso e tendem a migrar quando submetidas a condições desfavoráveis (GREEN et al., 1954). Além disso, somente 5 a 10% das operárias saem do ninho para forragear, não havendo erradicação completa da colônia (BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1999b). Entretanto, essas aplicações podem, algumas vezes, resultar na eliminação da colônia. Mas, geralmente, estes métodos requerem o uso de grandes quantidades de inseticida, encarecendo o tratamento. Além disso, o uso exagerado de inseticidas pode contaminar utensílios domésticos, equipamentos de uso médico em hospitais, ou alimentos em fábricas de alimentos (JACOB, 2001).

Pelo fato dos inseticidas tradicionais apresentarem efeitos residuais danosos tanto ao meio ambiente quanto ao homem, outros tipos de inseticidas são formulados visando minimizar esses problemas, como os microencapsulados. A procura de alternativas para o controle de formigas urbanas é incessante. Por essa razão, este trabalho teve como objetivo verificar a eficácia de produtos microencapsulados no controle de *Monomorium floricola*. Foram também avaliados os efeitos repelentes causados pelos inseticidas nesta formulação, seus efeitos residuais após alguns meses de aplicação, as alterações comportamentais apresentadas pelas

formigas que entraram ou não em contato com os produtos e a aderência das microcápsulas ao corpo das formigas por meio da microscopia eletrônica de varredura.

4. REVISÃO DA LITERATURA

4.1 Inseticidas

Os inseticidas são produzidos como diferentes tipos de formulações, dependendo das propriedades de seus ingredientes ativos, e de seus organismos alvos. Podem promover um controle de praga rentável juntamente com a conveniência do manuseio e compatibilidade com o equipamento de aplicação (PERRIN, 2000).

Nos anos 90 houve um aumento na demanda por inseticidas, que além de efetivos no controle das pragas fossem seguros para os aplicadores e para o meio ambiente. Diversas formulações inseticidas são testadas em laboratório, mas somente aquelas que obedecem aos critérios exigidos por agências oficiais para registros é que podem ser comercializadas. A Tabela 1 resume as características das principais formulações inseticidas (PERRIN, 2000).

A maioria das estratégias de controle químico mata formigas por contato, o que não é suficiente para o controle da população de formigas em uma determinada área. O controle eficiente envolve a eliminação da colônia como um todo e não apenas de alguns indivíduos (BUENO, 2005). Entre as estratégias atuais, destacam-se as iscas tóxicas, por serem incorporadas no ciclo alimentar da colônia permitindo a ação do inseticida por ingestão (LOECK & NAKANO, 1984).

A incorporação de ingredientes ativos às iscas é indispensável, já que a eficácia destas depende da composição atrativa e inseticida, além da ausência de repelência (BUENO & CAMPOS-FARINHA, 1999). Baixas concentrações desses ingredientes ativos combinados com alguns atrativos alimentares são suficientes para que o tratamento atinja as colônias por inteiro através do ciclo alimentar. Desta forma, o controle ocorre de forma lenta, porém efetiva.

Um desafio é superar as pressões físicas que limitam o uso e a duração dos porta iscas. Acondicioná-las em recipientes adequados impedem o transbordamento e a contaminação pelo ambiente (FORSCHLER & EVANS, 1994).

Muitas iscas, utilizadas atualmente, proporcionam um controle efetivo quando bem aceitas pelas colônias, mas exigem do controlador uma manutenção de 1 a 2 semanas. Se as infestações são grandes faz-se necessário um tratamento de prevenção em áreas vizinhas

(VEGA & RUST, 2003). As vantagens das iscas são reduzir a quantidade do inseticida utilizado, diminuir a contaminação ambiental e o impacto sobre organismos não-alvos (RUST, 2001).

Tabela 1: Características dos principais tipos de formulações inseticidas.

FORMULAÇÃO	CARACTERÍSTICAS
Pó molhável (WP)	Volumoso, poeirento, incômodo, mais perigoso para manufaturar que os líquidos
Grânulo molhável (WG)	Pouco solvente, apropriado para ser empacotado em doses únicas, alguns problemas de dispersão, mais difícil de ser medido que líquidos
Emulsão concentrada (EC)	Simples, eficiente, versátil, inflamável, possui altas quantidades de solventes poluidores
Suspensão concentrada (SC)	Simples, geralmente baseada em água, não combina com muitos ingredientes ativos, apresenta alguns problemas de sedimentação
Emulsão em água (EW)	Baseada em água, pouco solvente, bom custo-benefício, menos tóxica que a EC.
Microemulsão	Alto custo e problemas de estabilidade química
Suspensão capsulada (CS)	Baseada em água, pouco solvente, bom custo benefício, menos tóxica que o EC
Microcápsulas secas	Vantagens do CS, menos volumoso para estocar
Comprimidos	Conveniente, dosagem única, fácil de empacotar, boa aparência, propriedades intermediárias entre líquidos e sólidos
Gel	Boa aparência, apropriada para ser empacotada em dosagens únicas, propriedades intermediárias entre líquidos e sólidos

4.2 Controle de Formigas Urbanas com Iscas Tóxicas

Inúmeros são os trabalhos que buscam novas estratégias para o controle de formigas urbanas utilizando iscas com ingredientes ativos de diferentes ações nos insetos.

Métodos não convencionais de controle, através da utilização de iscas contendo análogos do hormônio juvenil foram avaliados e segundo WILLIAMS (1990), WILLIAMS & VAIL (1993 e 1994); VAIL & WILLIAMS (1994) e VAIL et al. (1996), essas substâncias apresentam resultados satisfatórios por atuar sobre a fecundidade das rainhas e no desenvolvimento larval. O inconveniente é que essas substâncias despedem muito tempo para interromper o forrageamento e a total eliminação dos indivíduos da colônia, além de serem de alto custo (JACOB, 2001).

Em 1995, VAIL & WILLIAMS avaliaram o desenvolvimento de colônias de *Monomorium pharaonis* (formiga do faraó) após tratamento de iscas com piriproxifen. Esse análogo do hormônio juvenil reduziu a produção de ovos e larvas, causando a morte das pupas em 3 semanas e diminuiu o número de operárias devido aos efeitos tóxicos. Rainhas que continuaram a ser produzidas, eventualmente morreram. As concentrações de 0,25%, 0,5%, e 1% foram mais eficazes quando comparadas a uma isca comercial a base de metoprene. VAIL et al., (1996) demonstraram que o piriproxifen a 0,5 e a 1% foram eficazes no controle dessas formigas.

O regulador de crescimento fenoxicarbe foi testado para essa mesma espécie nas concentrações de 0,01%, 0,1% e 1% e os melhores resultados foram encontrados nas colônias tratadas com 1% do ingrediente ativo. JACOB (2001) indica a utilização desse composto para elaboração de iscas.

LEE, et al. (2003), em testes de campo, avaliaram a eficácia do metoprene, outro análogo do hormônio juvenil, a 0,5 e 1% no controle da formiga do faraó. Ambas as concentrações foram eficazes, proporcionando uma redução de 85% das formigas em 4 semanas de tratamento.

Outros ingredientes ativos, com ações diferentes das dos citados anteriormente foram testados por diversos autores.

Para a espécie de formiga *Solenopsis invicta*, KLOTZ, et al., 1997, em laboratório, avaliaram o ácido bórico nas concentrações 0,25%, 0,5%, 0,75% e 1,0%. Operárias e crias foram reduzidas em 90% em 6 semanas. Os autores concluíram ainda que baixas concentrações de ácido bórico são necessárias para retardar a toxicidade, e assim reduzir o efeito de repelência. Em testes de campo para o controle desta espécie, DIFFIE et al. (1987); PORTER (1988), DIFFIE (1991) e DREES et al. (1991) não obtiveram o mesmo sucesso com as iscas a base de ácido bórico do que o obtido em testes de laboratório. Tais resultados são explicados pela alta concentração do ácido bórico. Por exemplo, em DREES et al. (1991), as iscas continham 18% do ingrediente ativo.

Ainda para o controle desta mesma espécie de formiga, BRINKMAN & GARDNER (2004) testaram a eficácia do bicarbonato de sódio. A mortalidade acumulada das formigas expostas a 28 mg de NaHCO_3 por cm^2 foi de 89,5% no sexto dia.

Para o controle da formiga argentina, *Linepithema humile*, FORSCHLER & EVANS (1994) avaliaram os ingredientes ativos hidrametilnona e sulfluramida no campo e observaram que houve uma diminuição da atividade de forrageamento em 6 semanas em todas as colônias tratadas com 0,9% de hidrametilnona e em uma colônia tratada com 0,5% de sulfluramida.

KLOTZ et al. (1996) trataram colônias de *Linepithema humile* com iscas de ácido bórico por 3 dias, obtendo reduções de 75% e 88% das operárias e crias, respectivamente. O ácido bórico também foi testado por KLOTZ et al. (1998) na concentração de 0,5%, causando uma significativa e contínua redução de 80% das formigas em 10 semanas.

HOOPER-BUI & RUST (2000) estudaram os ingredientes ativos: abamectina, ácido bórico, fipronil e hidrametilnona no controle da formiga argentina. As diferentes concentrações dos ingredientes ativos foram diluídas em soluções açucaradas. As soluções que continham 1×10^{-5} de fipronil e as soluções com 0,1% de hidrametilnona proporcionaram a mortalidade completa de operárias em 24 horas. Iscas contendo 1×10^{-4} e 1×10^{-5} de fipronil mataram 100% das rainhas. Nas outras, contendo 0,5% de ácido bórico, 1×10^{-6} de fipronil e 0,025% de hidrametilnona proporcionaram uma mortalidade de 100% de operárias. Rainhas e operárias tratadas com iscas contendo 1×10^{-5} de fipronil e 0,5% de ácido bórico morreram todas em 14 dias. Os resultados indicaram que baixas concentrações de fipronil e ácido bórico em soluções açucaradas são ideais para o controle desta espécie.

RUST et al. (2003) discutem a eficácia de iscas que existem atualmente no mercado comercial. Estas não são facilmente consumidas pelas operárias de *Linepithema humile* que forrageavam e, além disso, promoveram uma rápida mortalidade destas operárias. Concluíram então que estas iscas não são eficazes. Porém, outros ingredientes ativos como o fipronil, imidaclopride e tiametoxan, foram testados e promoveram 50% de mortalidade das formigas em 3 dias. Estes foram facilmente consumidos pelas operárias. Os autores indicam que estes ingredientes ativos são promissores para formulações de iscas líquidas. Neste mesmo trabalho, ainda é ressaltada a importância da utilização de diferentes estratégias, ao mesmo tempo, para o efetivo controle. Foram testadas então, barreiras de spray que impedem o acesso das formigas às estruturas. Tratamentos de perímetro com fipronil reduziram populações de *Linepithema humile* significativamente (VEGA & RUST, 2003).

REIRSON et al. (2001); SILVERMAN & ROUSTON (2001), destacam em seu trabalho que formigas argentinas não consomem facilmente as iscas em forma de gel e são seletivas quando forrageiam em iscas granuladas, preferindo partículas entre 840 e 1.000 μm . Iscas granulares formuladas com óleo de soja, utilizadas para o controle de *Solenopsis* spp., não são atrativas para essas formigas (KLOTZ et al., 2000). Aditivos e preservativos podem diminuir a atratividade e a palatibilidade da isca (RUST et al. 2003).

O controle da espécie *Tapinoma melanocephalum* (formiga fantasma) foi testado por KLOTZ et al. (1996). Neste trabalho, operárias desta espécie foram reduzidas em 97% na primeira semana e as crias reduzidas em 96% na terceira semana em colônias expostas ao ácido bórico (1%). ULLOA-CHACÓN & JARAMILLO (2003) utilizaram o ácido bórico, o fipronil, a hidrametilnona e o diflubenzuron para o controle da formiga fantasma. As colônias foram expostas às iscas por 21 dias. O fipronil (0,05%) causou 100% de mortalidade em todas as colônias na primeira semana. Com ácido bórico (0,5%), 100% de mortalidade das operárias, rainhas e crias ocorreu no final da terceira semana. Com a hidrametilnona (2%), 83% das colônias desapareceram no final da quarta semana, porém algumas rainhas sobreviveram até a 9ª semana. Diflubenzuron (1%) se comportou da mesma forma, embora em algumas colônias a produção de cria tenha aumentado, enquanto em outras, as rainhas desapareceram.

A maioria dos estudos com diversas espécies de formigas demonstra que iscas com baixas concentrações de ácido bórico, sulfluramida, hidrametilnona, metoprene, fenoxicarbe e piriproxifen são eficazes e possuem uma atividade tóxica lenta. Apesar de algumas pesquisas citadas anteriormente demonstrarem a eficácia do fipronil e do imidaclopride em baixas concentrações, sua utilização atualmente é questionada. JACOB (2001) mostrou que o fipronil foi altamente tóxico e provocou fragmentação das colônias de *Monomorium pharaonis*. Neste mesmo trabalho, o imidaclopride apresentou ação de contato e não foi indicado para a utilização em iscas. Fatos como estes confirmam a necessidade de novos estudos que possam oferecer melhores conclusões.

É importante ressaltar que o controle não deve ser feito em dose única e sim através de um tratamento prolongado, pois quando interrompido, pode gerar recuperação da colônia.

4.3 Microencapsulados

A baixa atividade residual de muitos inseticidas modernos e de reguladores de crescimento constitui a maior desvantagem para o controle de algumas espécies de formigas. Por muitos anos este problema tem sido superado com o aumento da dosagem aplicada ou com múltiplas aplicações. Tais produtos são muitas vezes caros e constituem um perigo para o meio ambiente (FANGER, 1974). Desde os anos 70, os inseticidas microencapsulados têm sido propostos como métodos mais racionais (ALLAN et al., 1973).

Atualmente são encontrados no mercado produtos inseticidas microencapsulados para o controle de pragas urbanas. De acordo com os fabricantes, o fato de o ingrediente ativo estar protegido dentro de microcápsulas faz com que a sua decomposição no ambiente ocorra mais lentamente, aumentando assim a resistência e a persistência do produto, especialmente sobre superfícies porosas. São também eficazes em condições úmidas, garantindo melhor resultado e maior poder residual do produto, quando comparados a outros inseticidas. A encapsulação do ingrediente ativo serve também para minimizar os riscos de exposição do aplicador ao produto.

Segundo PERIN (2000), uma microcápsula possui de 10^{-3} a 10^{-9} m de diâmetro, composta por um material interno, o inseticida, e uma parede externa que protege e isola o conteúdo interno da degradação ambiental e da interação com outros materiais. Os produtos microencapsulados possuem as seguintes características:

- Não reagem com outros pesticidas;
- Não são prejudiciais ao meio ambiente;
- Mantêm-se estáveis no armazenamento;
- São facilmente processados;
- São econômicos;
- Possuem propriedades físico-químicas ideais para proporcionar a liberação do conteúdo interno.

Já o conteúdo interno é preparado para ser liberado. Dependendo das características estruturais particulares, as formulações microencapsuladas podem proporcionar uma combinação das seguintes características:

- Aumento da atividade residual
- Longos intervalos entre as aplicações
- Redução da dosagem de aplicação
- Manter os ingredientes ativos estáveis, sem que sofram a ação dos agentes ambientais (luz, ar, umidade, microrganismos, etc.)
- Mascarar o odor
- Reduzir a disseminação pelo ar
- Diminuir impacto a organismos não-avos
- Ser resistente ao movimento das plantas
- Diminuir fitotoxicidade
- Reduzir da absorção em superfícies porosas
- Reduzir a poluição ambiental
- Reduzir a volatilidade
- Compatibilidade com materiais de embalagem
- Armazenamento seguro, pois não são inflamáveis

O mesmo autor afirma que as microcápsulas geralmente têm formulação líquida, onde ficam suspensas em água (formulações CS). Vários agentes são adicionados para manter a estabilidade desta formulação. Estas cápsulas, podem ainda, ser formuladas como pós secos, os quais podem ser utilizados como iscas, e como pós molháveis. A utilização da tecnologia da encapsulação e o controle da liberação do ingrediente ativo permitem que os microencapsulados sejam utilizados na saúde pública, na saúde animal, no controle de vetores de doenças e em tratamentos de edifícios. O aumento da atividade residual adquirida através da encapsulação permite também sua aplicação na agricultura. A difusão através da parede da cápsula se inicia quando estas entram em contato com as pernas ou com o corpo dos insetos. A liberação do ingrediente ativo depende da constituição química e física da cápsula e é limitada após o produto ser aplicado em um substrato seco, como madeira ou cimento. A parede de polímeros, além de controlar esta liberação, promove uma proteção contra raios ultravioleta, proporcionam uma afinidade ao substrato, entre outras características.

WEGE et al. (1999) observaram cerca de 700 cápsulas em um macho adulto de *Blattella germanica* exposto por um a minuto em uma telha de vidro tratada com um produto microencapsulado na concentração de 30mg/m². PERRIN (2000) também observou através de microscopia eletrônica cápsulas intactas em corpos de baratas, moscas e formigas que entraram em contato com o produto quando caminham.

Na década de 70, BURGETT & FISCHER (1977); MORSE (1977) e SONNET (1978) realizaram trabalhos com o objetivo de controlar abelhas *Apis mellifera* com microencapsulados. Concluíram que essas abelhas são mais suscetíveis a esse tipo de formulação do que outras. TAYLOR et al. (1986) e VYTHILINGAN et al. (1999) demonstraram a eficácia desses inseticidas para o controle de mosquitos do gênero *Anopheles*. Nestes trabalhos destacam-se o poder residual dos inseticidas nas superfícies tratadas e a sua eficácia na mortalidade desses insetos

Não há trabalhos que demonstrem a eficácia dos produtos microencapsulados no controle de formigas. Algumas monografias de produtos são realizadas pelas próprias empresas visando testar seus produtos.

4.4 Produtos Testados

DEMAND 2,5 CS

Formulação: Microencapsulada

Grupo Químico: Piretróide

Ingrediente Ativo: Lambdacialotrina

Fórmula Bruta: $C_{23}H_{19}ClF_3NO_3$

Modo de ação: Prolonga o influxo de sódio no canal de sódio mais que o piretróide tipo I, provocando despolarização intensa da membrana da célula nervosa e, conseqüentemente, bloqueio de condução do impulso nervoso, responsável por perda de coordenação e convulsões.

Constituição da membrana: polímeros

Indicações: Controle de pragas rasteiras (baratas, formigas e pulgas), insetos voadores (moscas e mosquitos), escorpiões e aranhas.

Dosagem para o controle de formigas: 10 mL de Demand 2,5 CS para cada litro de água.

Recomendações do fabricante: Produto adequado para uso efetivo em baixas concentrações sendo econômico, pois garante controle de longa duração, reduzindo assim o alto custo das reaplicações. Deve-se aplicar o produto diluído em água, com pulverizadores manuais ou motorizados.

DURSBAN 20 ME

Formulação microencapsulada

Grupo químico: Organofosforado

Ingrediente ativo: Clorpirifós.

Fórmula Bruta: $C_9H_{11}Cl_3NO_3PS$

Modo de ação: Liga-se a enzima acetilcolinesterase por meio do grupamento fosfato e sua hidrólise é muito lenta, provocando hiperexcitação do sistema nervoso devido ao excesso de acetilcolina na sinapse, responsável por convulsões.

Constituição da membrana: polímeros

Indicações: No controle de baratas, pulgas e formigas em ambientes domiciliares (residências, indústrias e comércios).

Dosagem para o controle de formigas: 12,5 mL de DURSBAN 20 ME para cada litro de água.

Recomendações do fabricante: Sua aplicação em restaurantes, cozinhas industriais, bares, lanchonetes, supermercados e indústrias alimentícias deve ser realizada em cantos, frestas e locais de presença freqüente de insetos. O intervalo entre as aplicações não deverá ser inferior a 14 dias. Deve-se pulverizar o produto sob baixa pressão para fins residuais. Tanto as aplicações por pulverização como por pincelamento deverão ser realizadas após a inspeção e limpeza dos locais, incluindo cantos, ranhuras, frestas, áreas mal iluminadas, caixas de gordura, depósitos de lixo, balcões, sob gabinetes e ralos. Antes da aplicação devem-se proteger as caixas de água e alimentos dos resíduos da pulverização. Lavar com água e sabão os utensílios acidentalmente contaminados com a névoa da pulverização.

5. MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Manutenção das Colônias em Laboratório

Uma colônia de *Monomorium floricola* foi coletada em uma residência, no ano de 1999, contendo três rainhas, cerca de 11 operárias e crias. Os exemplares foram mantidos em condições de laboratório no Centro de Estudos de Insetos Sociais da UNESP de Rio Claro em unidades de criação constituídas de placas de Petri (5 cm de diâmetro e 1 cm de profundidade) contendo tampas pintadas com tinta plástica preta para diminuir a intensidade de luz, aberturas laterais para a entrada e saída das formigas e fundos parcialmente preenchidos com gesso, moldados de maneira a formar uma cavidade na região central. Ao longo de todos os anos, desde sua coleta, a colônia foi alimentada de forma que as rainhas reproduzissem e fosse obtido um número satisfatório de crias, operárias e mais rainhas, para que experimentos fossem conduzidos com essa espécie. Após 5 anos, várias unidades de criação estavam repletas de indivíduos de todas as castas. Tais unidades permaneceram em uma estante de ferro, com os pés protegidos dentro de potes com água e detergente, para impedir a fuga das formigas.

Unidades de criação, repletas de operárias adultas (de 2 a 3 mil), rainhas (no mínimo 5) e crias (ovos, larvas e pupas) foram retiradas da estante e colocadas, individualmente, no centro de uma bandeja plástica de 30X26X8cm, revestida lateralmente por uma camada de Teflon-30 (Dupont) para evitar a saída das formigas.

As colônias foram mantidas em salas climatizadas com temperatura entre 25° e 28°.C e alimentadas três vezes por semana com larvas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) e mel diluído em água na proporção de 1:1 e água.

5.2 Produtos Testados

Os produtos utilizados nos testes foram: Demand 2,5 CS da Syngenta (Lote: 003041980), registrado no Ministério da Saúde para venda restrita às unidades especializadas e o Dursban 20 ME da Dow AgroSciences (Lote: RA2834F101), que teve seu registro cancelado recentemente pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). As concentrações utilizadas foram de 10mL de Demand 2,5 CS para 1 litro de água e 12,5 mL de Dursban 20 ME para 1 litro de água.

Durante o período de experimento, os produtos foram armazenados em local seco, com ventilação e submetidos à temperatura ambiente. Foram adotadas boas práticas de higiene e cuidados pessoais, sem que se guardasse ou consumisse alimentos no local de trabalho. Para manipulação e preparação da calda e sua aplicação foram utilizados equipamentos de proteção individual como macacão com mangas compridas, luvas de nitrila e máscara facial.

5.3 Teste I- Mortalidade e Repelência– Aplicação Imediata

Para a primeira etapa de testes, foram utilizadas 30 colônias, sendo 10 para o produto Demand 2,5 CS, 10 para o produto Dursban 20 ME e 10 para o controle. Em cada uma das bandejas foram colocados dois azulejos, sendo que a colônia de *Monomorium floricola* foi disposta entre eles. O alimento (larvas de *Tenebrio molitor* e mel diluído em água) e a água foram dispostos sobre cada um dos azulejos (Fig. 1). Nas 20 bandejas destinadas aos testes, um dos azulejos foi tratado com o inseticida, que foi pincelado com a calda na concentração recomendada pelos fabricantes e outro azulejo que não recebeu qualquer tratamento. Nas bandejas controle, os azulejos foram dispostos da mesma forma, sendo que um foi deixado sem qualquer tratamento e o outro pincelado com água, utilizada para diluir os produtos.

Anteriormente ao experimento, as colônias foram deixadas em inanição por um período de 48 horas, sendo oferecido somente água.

As formigas tiveram acesso a qualquer um dos azulejos e puderam escolher entre eles para alcançar o alimento.

As avaliações para o efeito de repelência foram realizadas diariamente por um período de 16 dias, contando-se o número de formigas presente em cada azulejo no momento da leitura. No primeiro dia os azulejos foram colocados nas bandejas com o alimento e a água às 9hs e após duas horas da colocação iniciou-se a contagem. Nos demais dias a contagem foi realizada sempre às 11hs, isto é, com 24 horas após a primeira leitura e assim sucessivamente. Durante os dias de alimentação (três vezes por semana) o alimento e a água foram repostos às 9hs e as avaliações de contagem também se mantiveram às 11hs. Para a análise desses resultados e elaboração de gráficos as contagens das 10 repetições de colônias

para cada teste foram acumuladas e registrou-se uma média do número de formigas por azulejo por dia. Esses resultados foram avaliados através do Teste do Qui-quadrado.

Para a análise de mortalidade foi estabelecida uma contagem do número de formigas mortas dentro das bandejas, com o auxílio de um contador manual, sendo que as formigas foram retiradas com um pincel umedecido em água. As colônias foram avaliadas por um período total de 13 semanas, sendo que durante todo o período os azulejos foram mantidos, sem ocorrer troca ou reaplicação de produtos. As contagens foram feitas três vezes por semana, nos dias de reposição do alimento. Depois de contadas, as formigas mortas foram retiradas das bandejas a cada avaliação. Para a elaboração dos gráficos os dados semanais de cada tratamento foram acumulados das 10 repetições e os valores acumulados ao longo do tempo. Também para essa etapa, os dados obtidos foram analisados através do Teste do Qui-quadrado.

Além dos dados acima registrados, o grau de desenvolvimento das colônias foi avaliado semanalmente, utilizando-se a mesma metodologia proposta por JACOB (2001). Foi anotada a presença de formigas sobre os azulejos, presença de cria dentro das unidades de criação, quais as fases de desenvolvimento presentes, quantidade de crias e adultos alados, número de rainhas vivas e mortas, temperatura e horário da observação. Os dados quantitativos permitiram a análise do tamanho das colônias (Fig. 2).

Estas observações foram feitas de modo padronizado. A presença ou não de crias de formas aladas foi avaliada: Sim = 1; Não = 0 e forneceram subsídios para a interpretação dos próximos itens. Neste caso, o importante foi verificar a produção de formas sexuadas na tentativa de preservação da colônia, quando as condições comesçassem a ficar desfavoráveis.

A quantidade de crias foi determinada a partir dos valores: N=0 - ausência de cria; P=1 - pequena quantidade de cria; R=2 - quantidade regular de cria e M=3 - grande quantidade de cria. Para inferir esta quantidade, baseou-se numa comparação com a quantidade inicial de crias dispostas em cada uma das unidades de criação (Fig. 2).

A presença de formas imaturas, embora esteja relacionada com a quantidade de crias, foi avaliada separadamente uma vez que é importante obter informações sobre a ausência de ovos, de larvas e de pupas, independentemente, para melhor caracterizar os efeitos dos produtos testados. Assim, N - ausência de crias; O - presença de ovos; L - presença de larvas e P - presença de pupas. Para a análise destas variáveis as ocorrências foram consideradas da seguinte forma: 0 - ausência de cria; 1 - presença de um dos estágios; 2 - presença de dois estágios e 3 - presença de três estágios de desenvolvimento.

Finalmente, o item tamanho da colônia foi avaliado através de observações do conjunto de atividades para a sua manutenção. Assim, foi atribuído: G= 3, quando a colônia apresentou condições normais; M= 2, início de redução do tamanho inicial e também comparado com o controle; P= 1, redução acentuada das condições quando comparado com o controle e M= 0; extinção da colônia. Os resultados obtidos através dessas observações foram analisados graficamente.



Figura 1: Unidade de criação (no centro) em uma bandeja com os dois azulejos e sobre eles, o alimento e a água.



Figura 2: Detalhe do interior de uma unidade de criação. Colônia considerada de tamanho grande.

5.4 Teste II- Mortalidade e Repelência – Aplicação Residual 3 meses

Para a segunda etapa de testes, foram utilizadas outras 30 colônias completas, sendo 10 para o produto Demand 2,5 CS, 10 para o produto Dursban 20 ME e 10 para o controle. Em cada uma das bandejas foram colocados novamente dois azulejos e sobre eles, o alimento padrão e a água. Da mesma forma que para o Teste I (efeito de repelência e mortalidade – aplicação imediata), as 20 bandejas destinadas aos testes receberam um azulejo tratado com o inseticida e outro sem qualquer tratamento. Porém, nesta etapa, os 20 azulejos tratados, (10 para cada produto) foram deixados no laboratório por três meses sem contato com formigas ou outros insetos, antes de serem dispostos nas bandejas. Nesta parte do experimento foi simulada a situação real da aplicação desses produtos que permanecem ativo por certo tempo, segundo os fabricantes. As bandejas destinadas aos controles receberam azulejos sem qualquer tratamento.

As avaliações se deram da mesma forma que para o Teste I incluindo as avaliações semanais de desenvolvimento das colônias e o período de inanição de 48 horas.

5.5 Teste III- Mortalidade e Repelência – Aplicação Residual 6 meses

Nesta última etapa, foi repetida a mesma metodologia do Teste II (Mortalidade e Repelência – Aplicação Residual 3 meses), porém os azulejos tratados com os produtos Demand 2,5 CS e Dursban 20 ME foram deixados no laboratório por um período de seis meses sem contato com formigas ou outros insetos, antes de serem dispostos nas bandejas. Após esse período, esses azulejos foram colocados nas respectivas bandejas e analisados o efeito de repelência, mortalidade e o desenvolvimento geral das colônias.

5.6 Teste IV - Comportamento das Formigas

Para a análise dos comportamentos das formigas que entraram ou não em contato com os inseticidas foram montadas 12 colônias completas, sendo quatro para cada produto e mais quatro para o controle. Esta avaliação foi realizada em três dias consecutivos. As colônias foram deixadas sem alimento por um período de 48 horas antes do início de cada teste.

No primeiro dia foram avaliadas as colônias tratadas com o inseticida Demand 2,5 CS. Os azulejos foram tratados 24 horas antes do início do teste e foram colocados nas bandejas com o alimento e a água. O mesmo foi feito no segundo dia para as colônias tratadas com o inseticida Dursban 20 ME e no terceiro dia para os controles.

As observações das formigas se deram por três horas e durante esse período foram anotados os comportamentos observados sob uma lupa de mesa.

Os comportamentos observados foram: trofalaxia operária - operária, sintomas de intoxicação, auto limpeza, limpeza de outras operárias, comportamento de rejeição de operárias que entraram em contato com o inseticida e morte.

5.7 Teste V – Microscopia Eletrônica de Varredura

Foram coletadas algumas formigas que morreram ao entrar em contato com os inseticidas e outras que após o contato saíram da superfície do azulejo e foram ao encontro de outras operárias. Neste caso, as formigas contaminaram-se com os inseticidas diluídos na concentração recomendada pelos fabricantes, da mesma forma que nos testes anteriores. Os espécimes foram submetidos ao Microscópio Eletrônico de Varredura Philips SEM 505 para analisar a presença das microcápsulas e, se possível, quantificar o número destas aderidas ao corpo das formigas, além de verificar o modo de como esse tipo de formulação inseticida adere ao inseto.

Com a finalidade de ilustrar as microcápsulas contidas nos inseticidas, algumas operárias foram mergulhadas em soluções concentradas (sem a diluição exigida pelos fabricantes) e observadas sob microscopia eletrônica de varredura.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Teste I- Mortalidade e Repelência– Aplicação Imediata

Para a análise do efeito de repelência observou-se que no momento da montagem dos testes, as formigas das bandejas controle estavam recolhidas dentro das unidades de criação. Após 20 minutos começaram a forragear igualmente nos dois azulejos (os não tratados e os que estavam tratados apenas com a água) Essa situação se manteve constante durante todo o experimento após a colocação de alimento (Fig. 3). O Teste do Qui-quadrado confirmou que não houve diferença significativa entre o número de formigas nos dois azulejos. ($X^2 = 0,035$; $p > 0,05$).

Nas bandejas dos testes com Demand 2,5 CS, durante as primeiras cinco semanas, as formigas passaram a forragear igualmente nos dois azulejos, no tratado e no não tratado. Após esse período, as formigas passaram a forragear mais nos azulejos sem tratamento (Fig. 4), havendo então uma diferença entre o número de formigas nos dois azulejos ($X^2 = 8,16$; $p < 0,05$). Já nos tratamentos com Dursban 20 ME (Fig. 5), houve uma diferença no número de operárias forrageando nos dois azulejos durante todo o período de observações ($X^2 = 24,55$ $p < 0,05$).

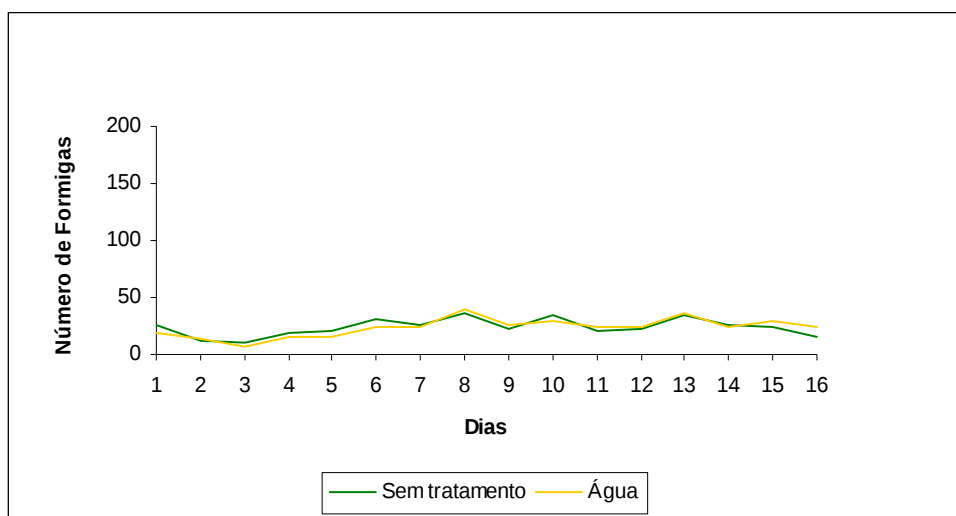


Figura 3. Número médio de formigas presentes nos azulejos não tratados e tratados somente com água, durante 16 dias de observação. Aplicação imediata.

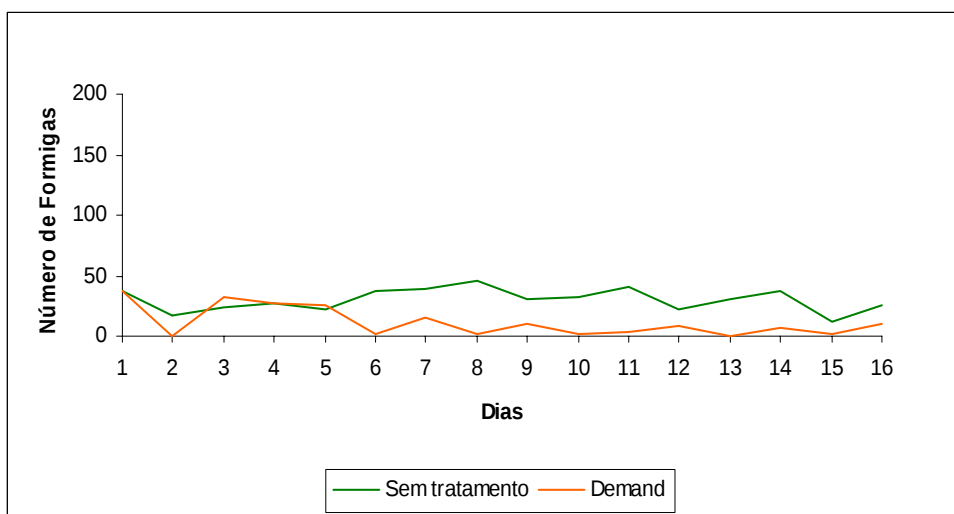


Figura 4. Número médio de formigas presentes nos azulejos não tratados e nos azulejos com Demand 2,5 CS, durante 16 dias de observação. Aplicação imediata.

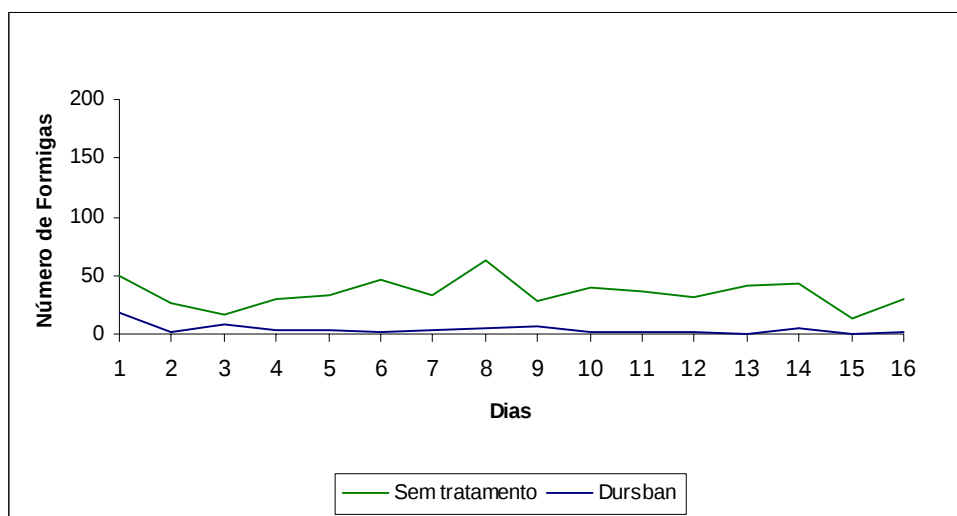


Figura 5. Número médio de formigas presentes nos azulejos não tratados e nos azulejos com Dursban 25 ME, durante 16 dias de observação. Aplicação imediata.

Durante todo o teste de repelência observou-se que as formigas que entravam em contato com os azulejos tratados morriam quase que imediatamente. As que chegavam até a fonte de alimento morriam sem conseguir sair do azulejo, outras nem mesmo chegavam ao alimento, pois morriam antes. Tais descrições se deram da mesma forma para os dois produtos testados, porém a mortalidade ocorreu mais rapidamente nas colônias tratadas com o Demand 2,5 CS.

As formigas parecem “perceber” a presença dos produtos e com isso após seis semanas observou-se uma suposta fragmentação da colônia para baixo dos azulejos não tratados. Novamente, essa situação ocorreu em todas as bandejas dos dois produtos testados.

Verificou-se que as operárias evitaram freqüentar o azulejo quando nele estavam presentes formigas mortas. Após a retirada destas, as outras voltaram a forragear na região e posteriormente morreram.

A mortalidade das formigas de colônias tratadas com ambos os inseticidas foi maior que nas colônias controle (Fig. 6). O Teste do Qui-quadrado revelou diferença entre as mortalidades dos dois inseticidas em relação ao controle (demand x controle: $X^2 = 1140,5$; $p < 0,05$ e dursban x controle: $X^2 = 1081,4$; $p < 0,05$). Comparando-se a mortalidade entre os dois inseticidas, este mesmo teste estatístico revelou que não houve diferença entre o número de formigas mortas (demand x dursban: $X^2 = 1,1$; $p > 0,05$).

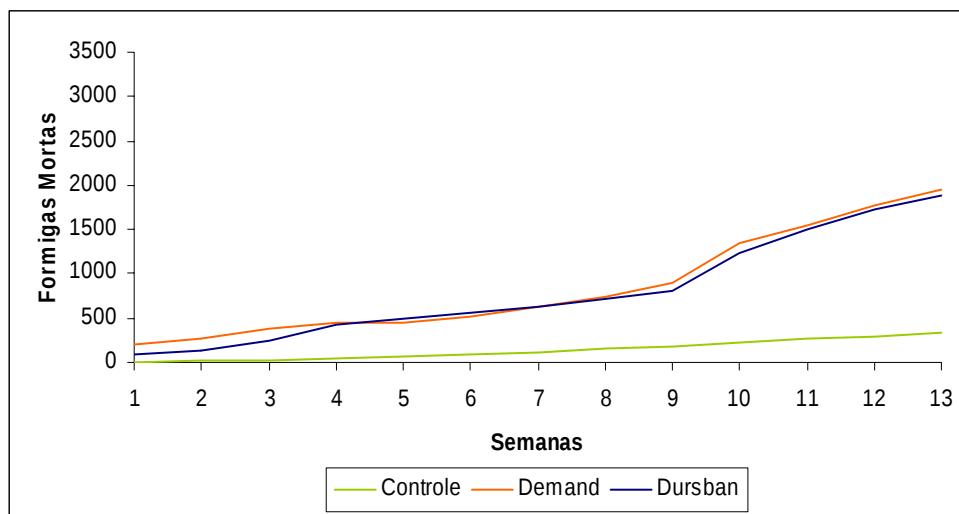


Figura 6. Mortalidade acumulada de formigas submetidas aos inseticidas e do controle por um período de 13 semanas. Aplicação imediata.

Durante as observações semanais de desenvolvimento geral, verificou-se que as colônias, tanto dos controles quando dos tratamentos, se mantiveram grandes, próximas aos 100% (Fig. 7). A quantidade de cria também não diminuiu em nenhum dos tratamentos e controle e durante todo o teste foi observada a presença de todas as formas imaturas (ovos, larvas e pupas) (Figs. 8 e 9). Não houve nenhuma diminuição das colônias após tratamento com os produtos microencapsulados. Esses produtos agiram apenas nas operárias que entraram em contato com o inseticida. Estas, não conseguiram transferir os produtos aos outros indivíduos da colônia, uma vez que morreram imediatamente após o contato.

A figura 10 mostra a quantidade de rainhas presentes nas colônias com os dois tratamentos e no controle. Para os dois inseticidas a quantidade de rainhas se manteve ao longo do teste, porém, foram menores que o controle. Os inseticidas parecem interferir na produção de rainhas.

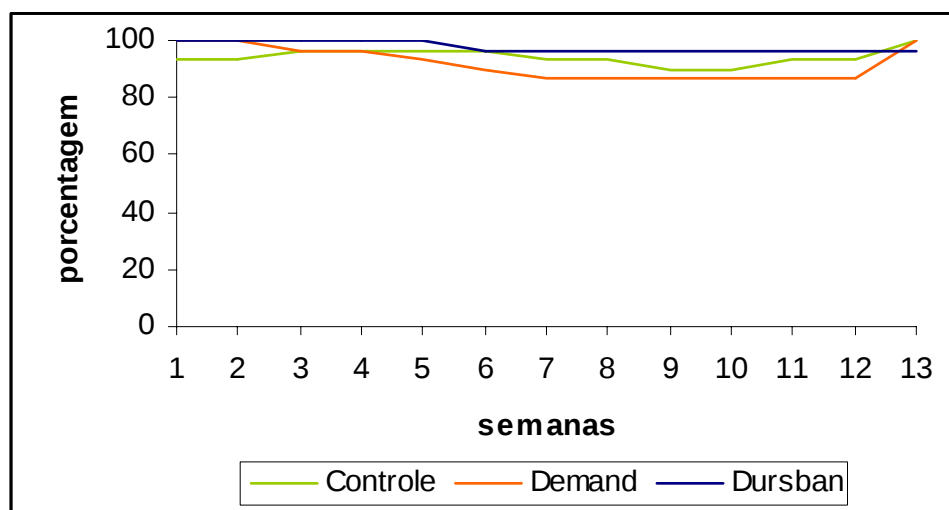


Figura 7: Condições gerais das colônias submetidas aos produtos inseticidas e controle durante 13 semanas. Aplicação imediata.

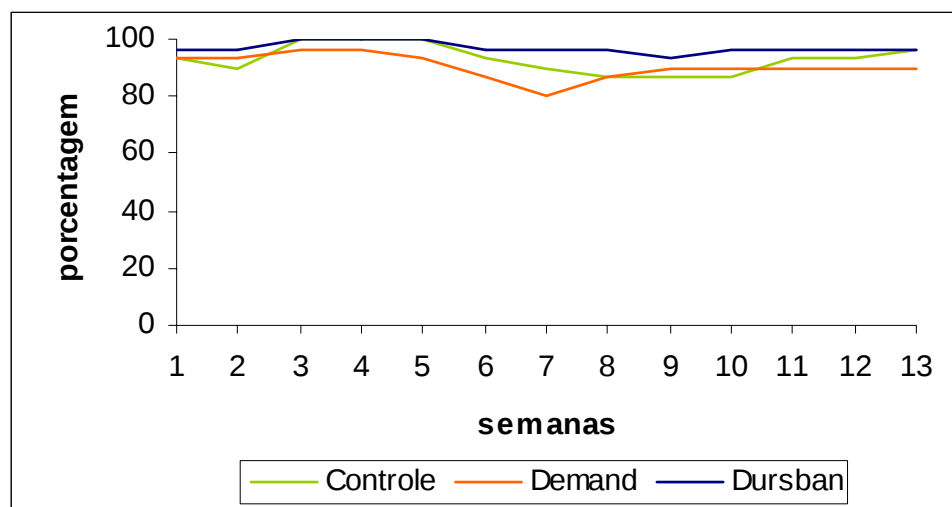


Figura 8: Quantidade de crias presentes nas colônias submetidas aos produtos inseticidas e controle durante 13 semanas. Aplicação imediata.

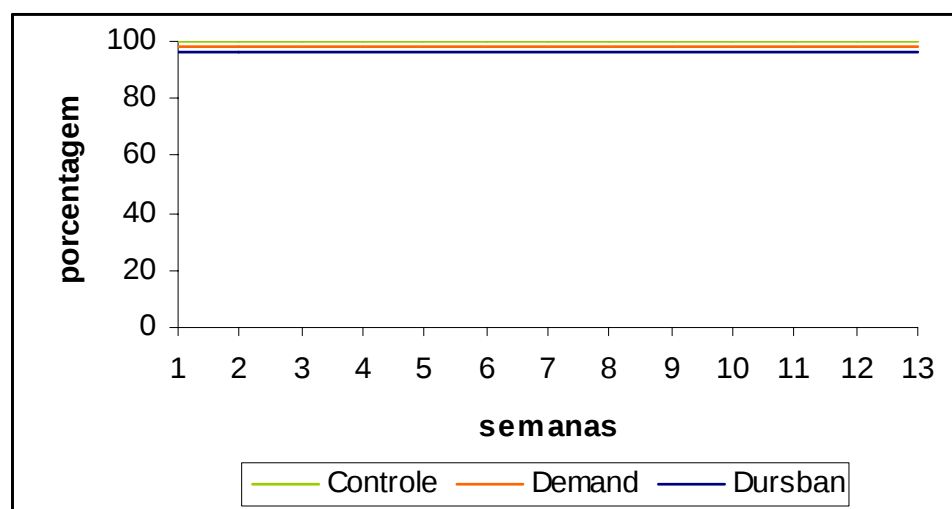


Figura 9: Presença de formas imaturas nas colônias submetidas aos produtos inseticidas e controle durante 13 semanas. Aplicação imediata.

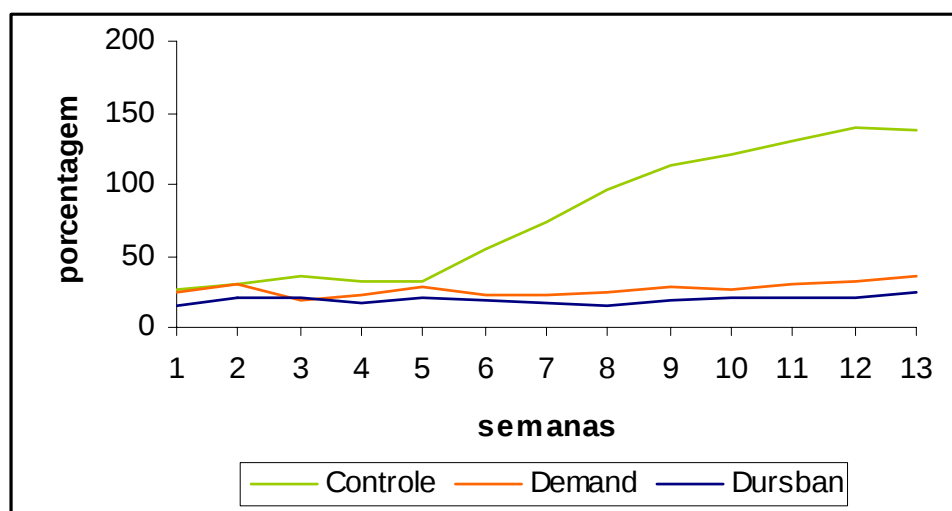


Figura 10: Quantidade de rainhas presentes nas colônias submetidas aos produtos inseticidas e controle durante 13 semanas. Aplicação imediata.

6.2 Teste II- Mortalidade e Repelência – Residual 3 meses

A análise da repelência para esta etapa do trabalho demonstrou que para as bandejas destinadas ao controle, as formigas distribuíram-se igualmente entre os dois azulejos imediatamente após a colocação do alimento. Tal situação se manteve ao longo de todo o experimento (Fig. 11). O Teste do Qui-quadrado revelou que não houve diferença entre o número de formigas presentes nos azulejos sem tratamento e nos azulejos tratados com água ($\chi^2 = 0,15$; $p > 0,05$).

No teste do Demand 2,5 CS observou-se, primeiramente, uma grande diferença no número de formigas presentes nos azulejos sem qualquer tratamento em relação aos azulejos com o produto. O número de formigas nos azulejos sem tratamento foi mais alto, porém houve uma queda a partir da segunda semana, diminuindo significativamente essa diferença. Após esse período, o número de formigas presentes nos azulejos sem tratamento continuou maior, porém mais próximo do número de formigas nos azulejos tratados (Fig. 12). O Teste do Qui-quadrado revelou diferença entre o número de formigas presentes nos dois azulejos ($\chi^2 = 9,98$; $p < 0,05$).

O teste do Dursban 20 ME demonstrou maior diferença nesta etapa. Observou-se que o forrageamento em ambos os azulejos não diferiu muito um do outro. As curvas do gráfico correm quase que juntas por todo o período do teste (Fig. 13). Essa situação pode ser explicada pelo fato dos azulejos terem permanecido em repouso por um período de três meses antes do contato com as formigas. Durante esse período, o inseticida pode ter perdido um pouco o seu efeito. Porém, a presença das formigas nos azulejos sem tratamento foi um pouco maior. Essa pequena diferença foi confirmada através do teste estatístico que demonstrou significância ($\chi^2 = 0,31$; $p > 0,05$).

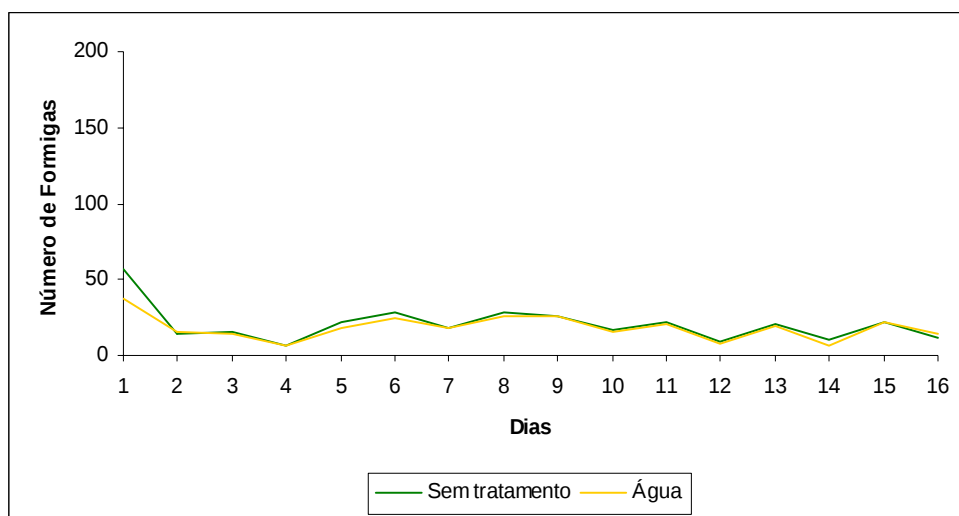


Figura 11. Número médio de formigas presentes nos azulejos não tratados e tratados somente com água, durante 16 dias de observação. Residual 3 meses.

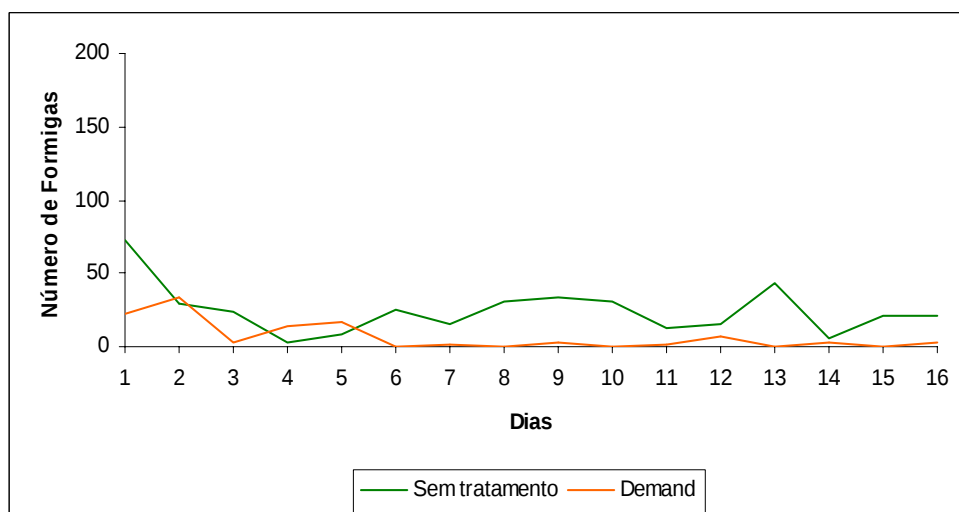


Figura 12. Número médio de formigas presentes nos azulejos não tratados e nos azulejos com Demand 2,5 CS, durante 16 dias de observação. Residual 3 meses.

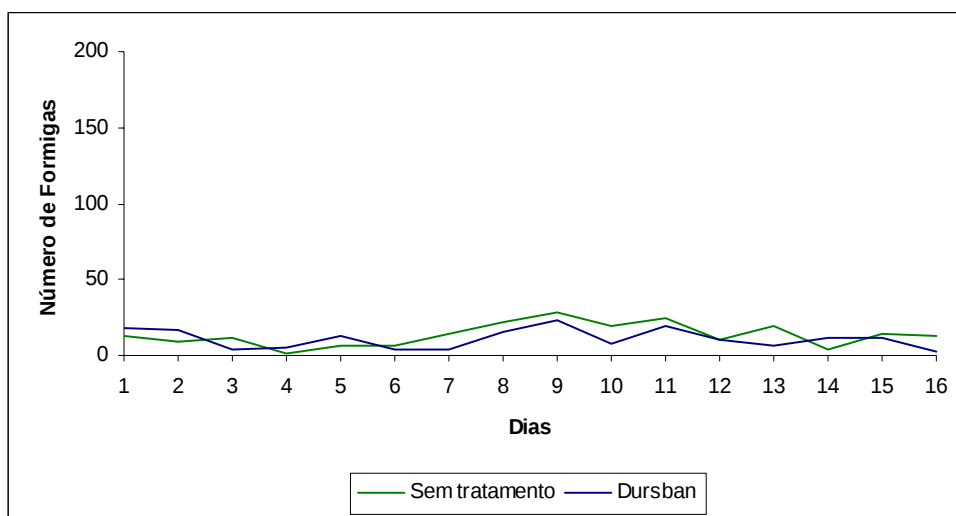


Figura 13. Número médio de formigas presentes nos azulejos não tratados e nos azulejos com Dursban 25 ME, durante 16 dias de observação. Residual 3 meses.

Esses resultados demonstram que com o tempo residual de três meses, os produtos não perderam a eficácia na mortalidade das formigas, apesar de o efeito residual ter diminuído para o Dursban 20 ME. As formigas que entraram em contato com os inseticidas morreram quase que imediatamente e não conseguiram atingir e contaminar o interior das colônias com o produto. A situação observada no Teste I, onde as formigas pareciam “perceber” a presença dos produtos, se manteve apenas para o Demand 2,5 CS. Porém, a suposta fragmentação observada naquele teste só foi observada em algumas repetições. Tais descrições se deram da mesma forma para os dois produtos testados.

A mortalidade das formigas em contato com os dois inseticidas nas primeiras quatro semanas foi semelhante e não diferiu muito do controle. Após a quinta semana, a curva de mortalidade das formigas tratadas com o Demand 2,5 CS se distanciou da curva de mortalidade do tratamento com o Dursban 20 ME e do controle. O Teste do Qui-quadrado confirmou a diferença nas mortalidades entre os dois inseticidas e controle (demand x dursban: $X^2 = 349,2$; $p < 0,05$) (demand x controle: $X^2 = 851,8$; $p < 0,05$) (dursban x controle: $X^2 = 138,2$; $p < 0,05$). Da mesma forma que para o Teste I, o número de formigas mortas pelo Demand 2,5 CS foi maior que pelo Dursban 20 ME. Assim, verifica-se que o poder residual do inseticida Demand 2,5 CS é maior (Fig 14).

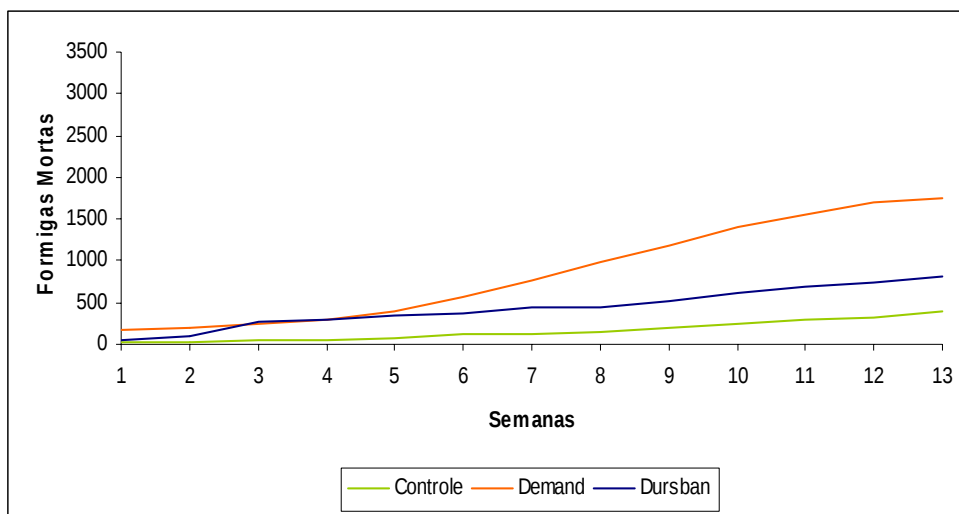


Figura 14. Mortalidade acumulada de formigas submetidas aos inseticidas e do controle por um período de 13 semanas. Residual 3 meses.

De uma forma geral, a mortalidade do Teste I foi maior que a do Teste II. Apesar dos produtos continuarem ativos após três meses da aplicação, eles demonstram uma perda parcial de eficácia.

As observações semanais de desenvolvimento geral demonstraram que as colônias tanto dos controles quanto dos tratamentos se mantiveram constantes (Fig. 15). Não houve diminuição na quantidade de cria sendo que todas as formas imaturas estiveram presentes, da mesma forma que para o Teste I (Figs. 16 e 17). A quantidade de rainhas no controle foi maior que nas colônias tratadas. Porém, em relação ao Teste 1, pôde-se observar um maior número de rainhas em todas as colônias. Também nesta etapa parece haver uma inibição da produção de rainhas nas colônias que receberam tratamento com inseticidas (Fig. 18).

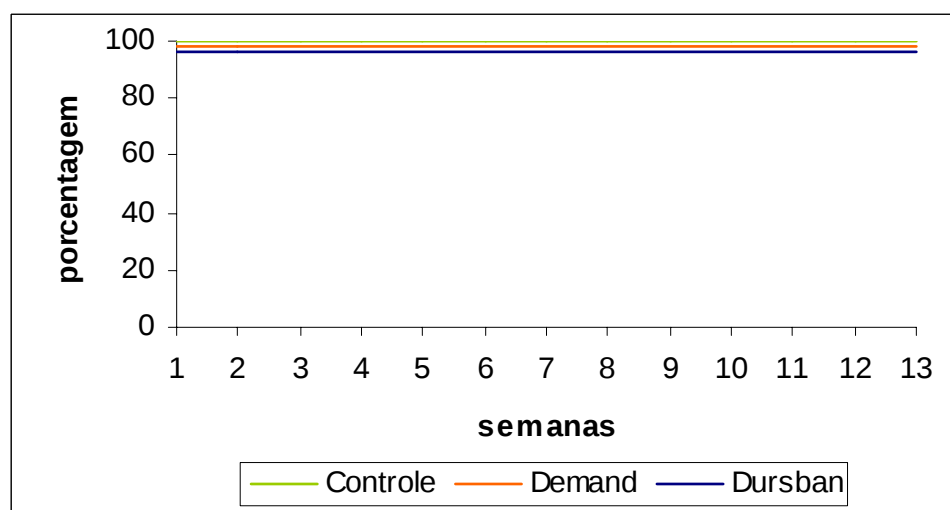


Figura 15: Condições gerais das colônias submetidas aos produtos inseticidas e controle durante 13 semanas. Residual 3 meses.

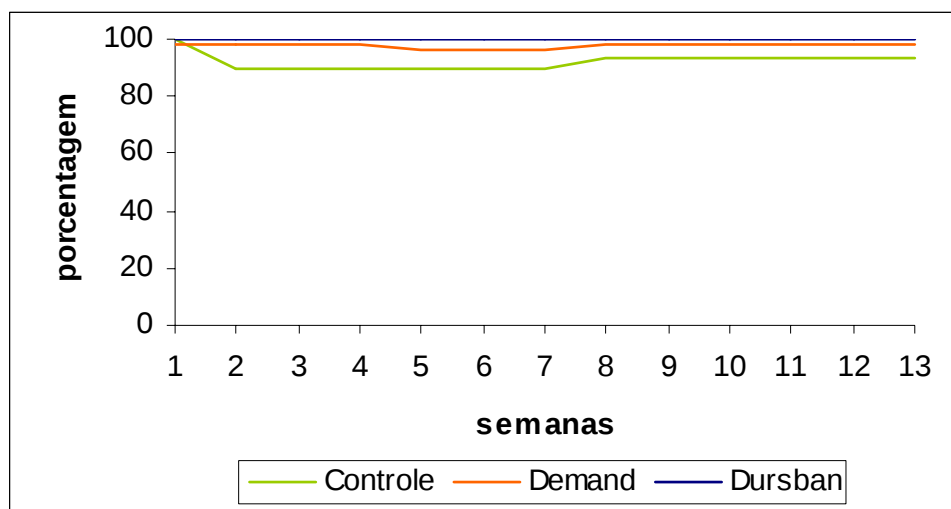


Figura 16: Quantidade de crias presentes nas colônias submetidas aos produtos inseticidas e controle durante 13 semanas. Residual 3 meses.

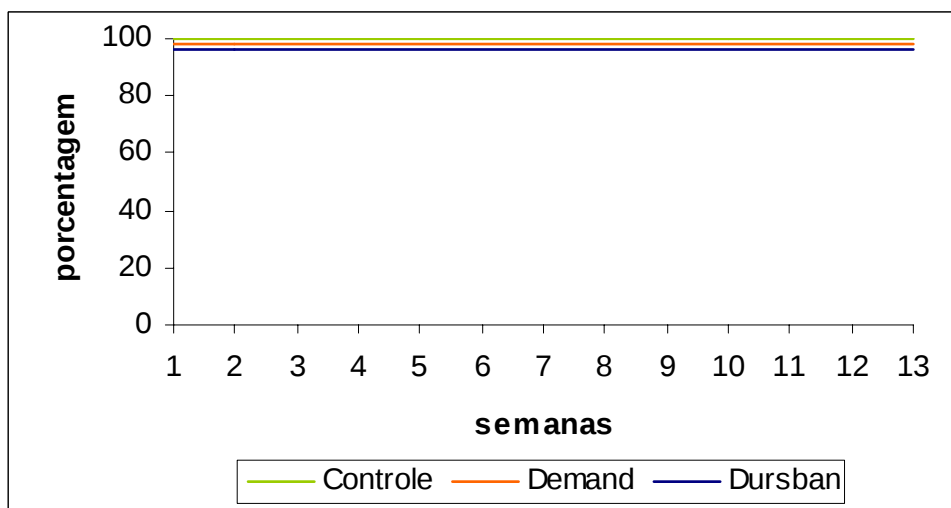


Figura 17: Presença de formas imaturas nas colônias submetidas aos produtos inseticidas e controle durante 13 semanas. Residual 3 meses.

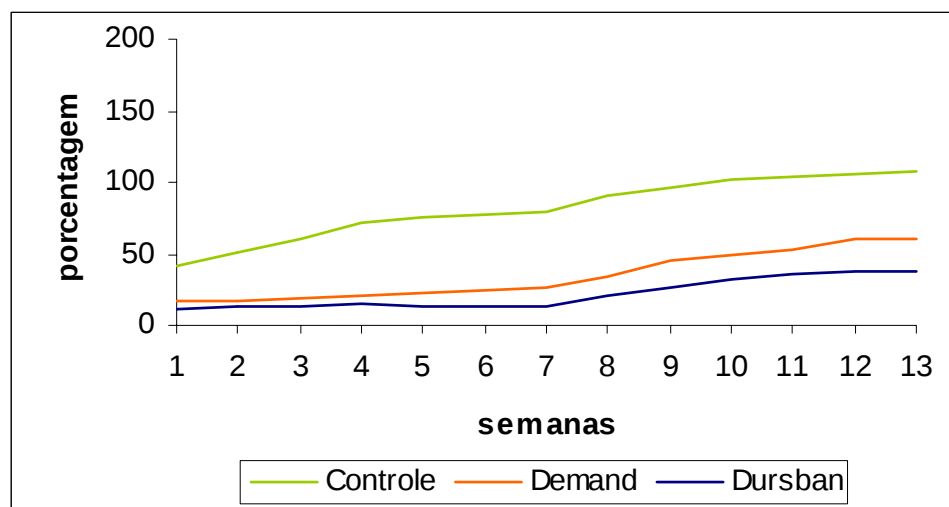


Figura 18: Quantidade de rainhas presentes nas colônias submetidas aos produtos inseticidas e controle durante 13 semanas. Residual 3 meses.

6.3 Teste III – Mortalidade e Repelência – Residual 6 meses

A análise de repelência para esta etapa demonstrou que nas colônias controle o forrageamento se manteve igual na maior parte do tempo em ambos os azulejos, da mesma forma que nos Testes I e II (Fig. 19). O Teste do Qui-quadrado revelou que não houve diferença entre o número de formigas presentes nos azulejos sem tratamento e nos azulejos tratados com água ($X^2 = 0,08$; $p > 0,05$).

Nas colônias tratadas com inseticidas houve uma grande diferença em relação aos testes anteriores. As formigas forragearam quase que da mesma forma em ambos os azulejos (tratados e não tratados). Houve uma oscilação na preferência de um dos azulejos (Figs. 20 e 21). Esta oscilação ocorreu nos testes com os dois inseticidas e pode ser explicada pelo fato dos azulejos estarem tratados há seis meses. Acredita-se que também nesta etapa, os produtos perderam um pouco de sua eficácia quando permaneceram no ambiente sem contato com as formigas por esse período. O teste estatístico confirmou que não houve diferença no número de formigas presentes nos dois azulejos, tanto no teste com Demand quanto para o Dursban (demand: $X^2 = 0,29$; $p > 0,05$) (dursban: $X^2 = 2,04$; $p > 0,05$).

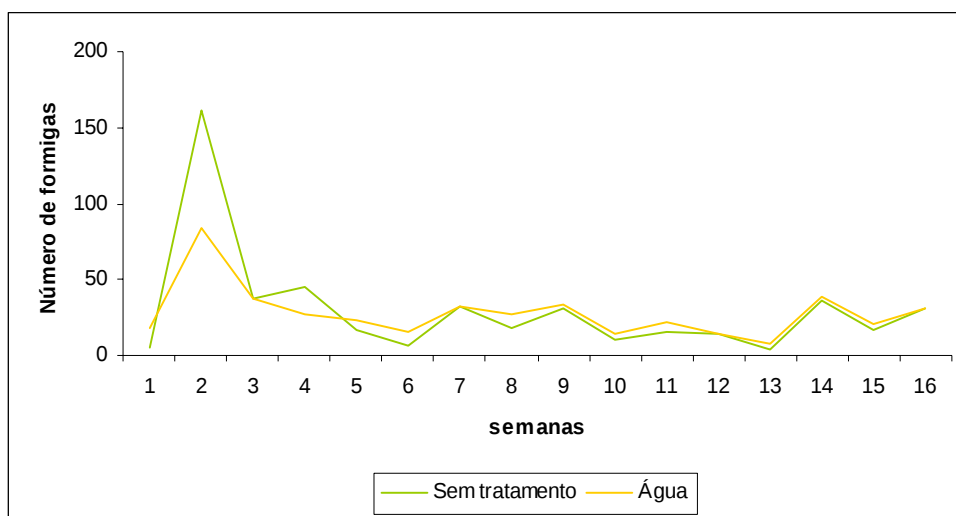


Figura 19. Número médio de formigas presentes nos azulejos não tratados e tratados somente com água, durante 16 dias de observação. Residual 6 meses..

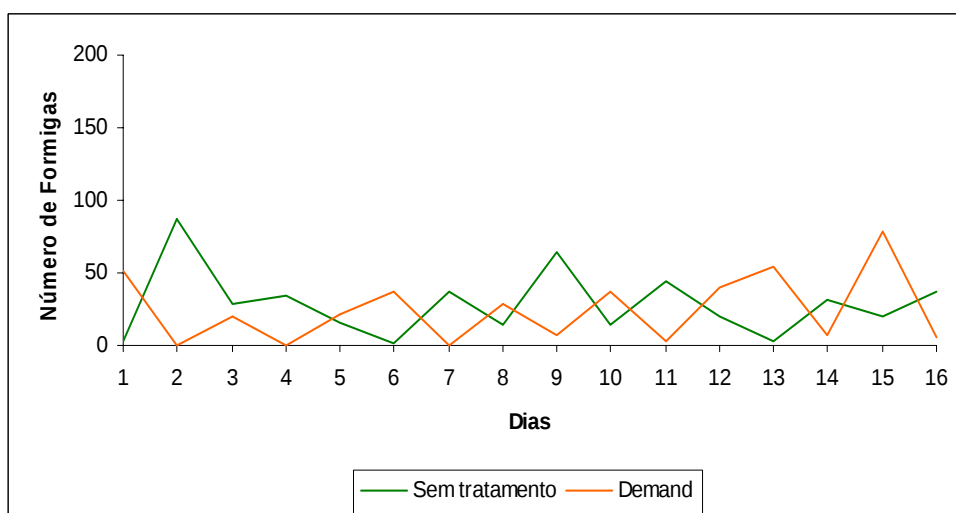


Figura 20. Número médio de formigas presentes nos azulejos não tratados e nos azulejos com Demand 2,5 CS, durante 16 dias de observação. Residual 6 meses.

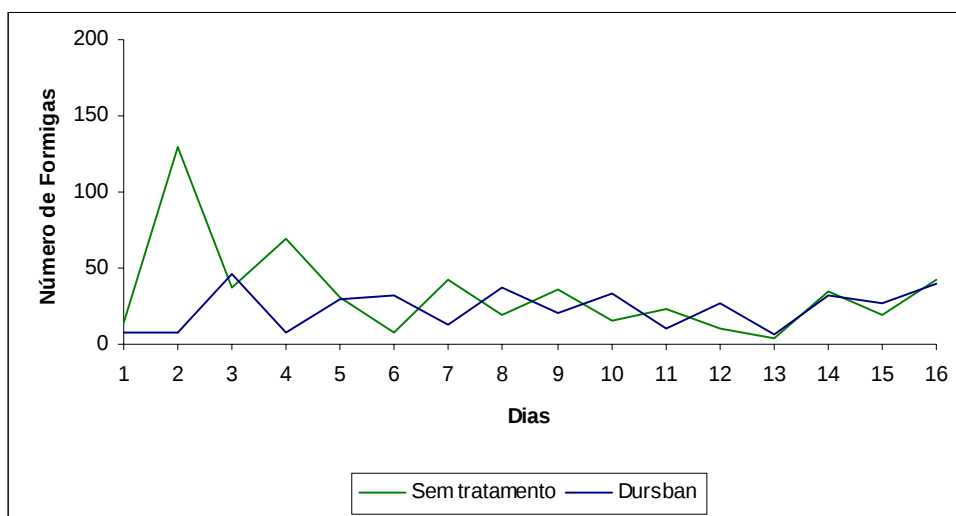


Figura 21. Número médio de formigas presentes nos azulejos não tratados e nos azulejos com Dursban 25 ME, durante 16 dias de observação. Residual 6 meses.

A figura 22 ilustra que a análise da mortalidade revelou maior número de formigas mortas em relação aos testes anteriores. O produto inseticida Demand 2,5 CS continuou a agir mais na mortalidade das formigas do que o produto Dursban 20 ME (demand x dursban: $X^2 = 2436,8$; $p < 0,05$). Porém, ambos os produtos nesta etapa apresentaram um número mais alto de formigas mortas que anteriormente. Isso pode ser explicado também, pela aplicação residual de seis meses. Com esse período, houve uma perda do poder desses produtos e as formigas passaram a forragear mais sobre os azulejos tratados (como discutido anteriormente). Com isso, a contaminação pelas microcápsulas levou mais tempo para acontecer e assim menos formigas morreram imediatamente ao contato. Acredita-se que desta forma, um número maior de formigas pôde se contaminar lentamente ocorrendo um aumento na mortalidade das operárias. O número de formigas mortas pelo Dursban 20 ME esteve mais próximo do controle (dursban x controle: $X^2 = 0,31$ $p > 0,05$), não havendo diferença significativa. A mortalidade de formigas tratadas com o produto Demand 2,5 CS foi muito maior em relação ao controle (demand x controle: $X^2 = 2406,7$; $p < 0,05$).

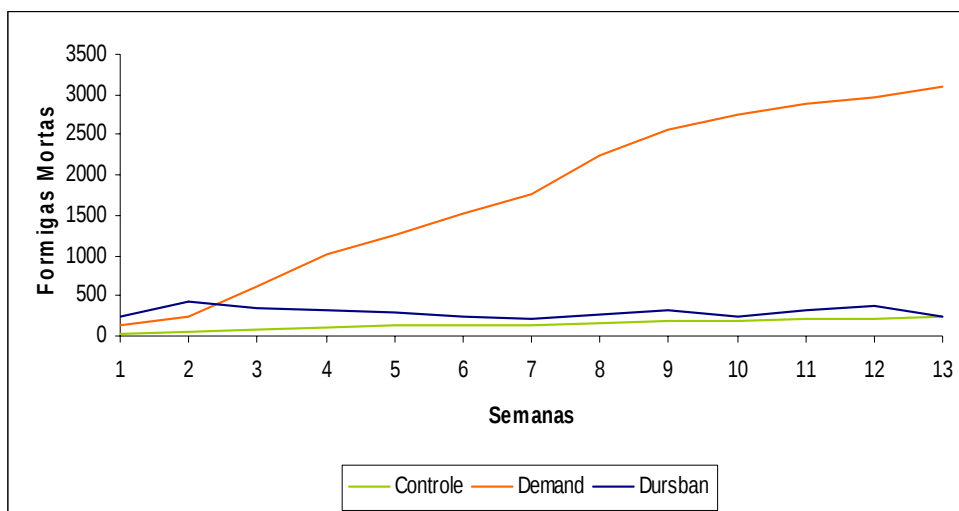


Figura 22. Mortalidade acumulada de formigas submetidas aos inseticidas e do controle por um período de 13 semanas. Residual 6 meses.

Também neste teste, as observações do desenvolvimento geral demonstraram que as colônias se mantiveram grandes, não havendo diminuição na quantidade de crias (Figs. 23 e 24). Durante todo o período de teste foi observada a presença de todas as formas imaturas (Fig 25). Nesta etapa, a quantidade de rainhas nas colônias tratadas foi maior que no controle, não havendo a inibição de produção observada nos testes anteriores, indicando que o efeito residual interferiu também nesses resultados. Com seis meses da aplicação, o inseticida perdeu seu efeito não atuando mais na produção de rainhas. Observou-se que a quantidade de rainhas aumentou ao longo das avaliações em todas as colônias (Fig. 26).

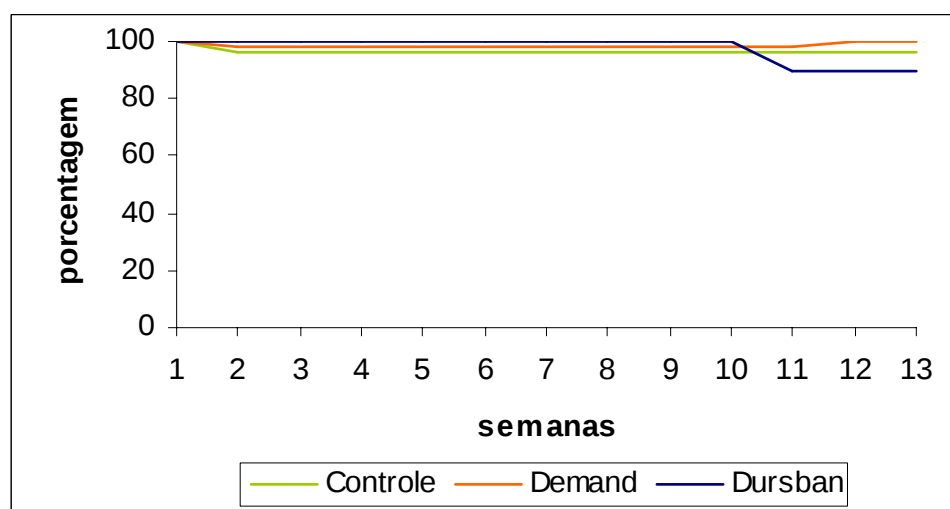


Figura 23: Condições gerais das colônias submetidas aos produtos inseticidas e controle durante 13 semanas. Residual 6 meses.

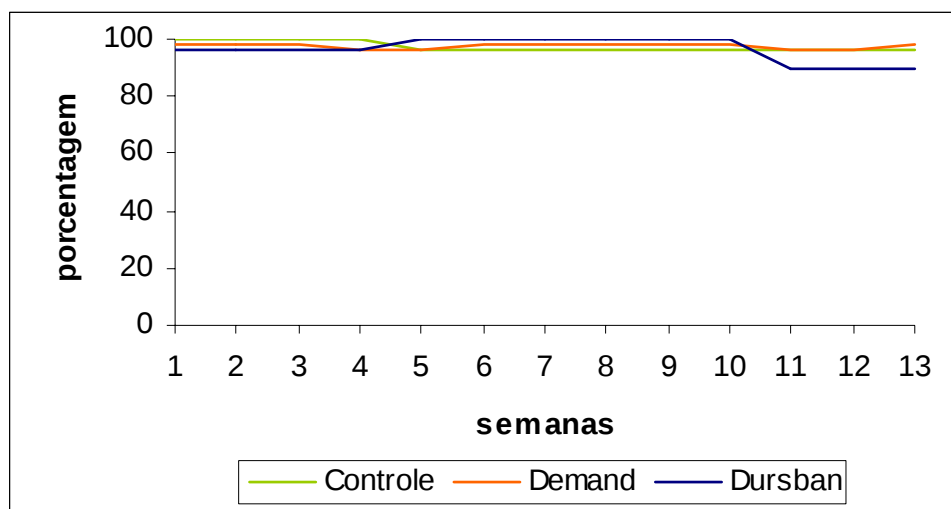


Figura 24: Quantidade de crias presentes nas colônias submetidas aos produtos inseticidas e controle durante 13 semanas. Residual 6 meses.

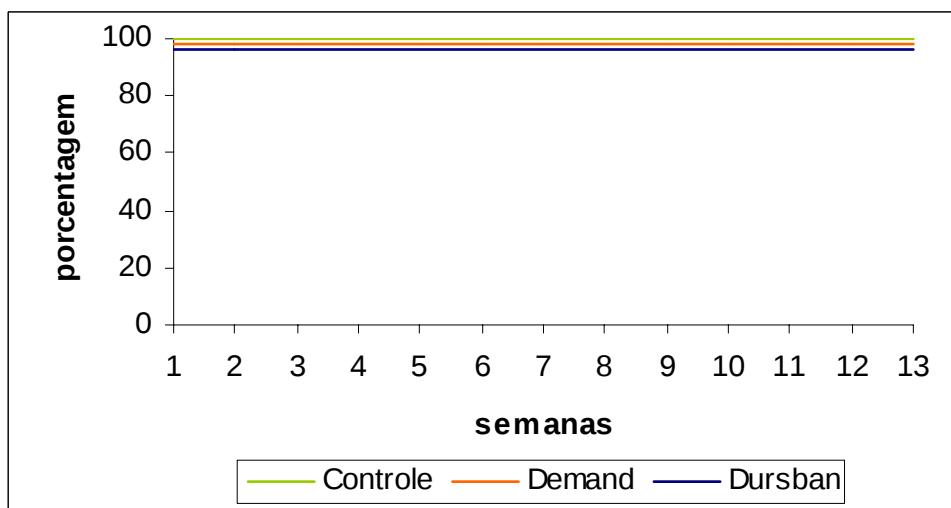


Figura 25: Presença de formas imaturas nas colônias submetidas aos produtos inseticidas e controle durante 13 semanas. Residual 6 meses.

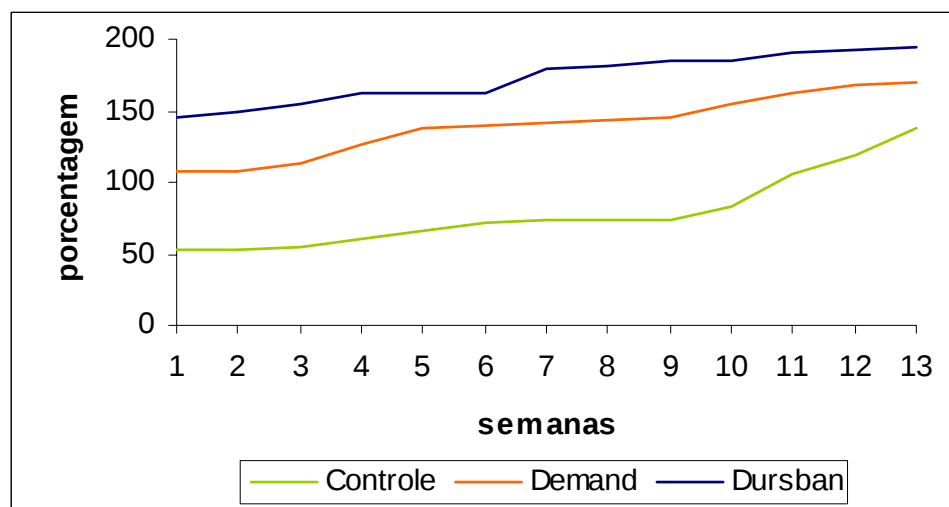


Figura 26: Quantidade de rainhas presentes nas colônias submetidas aos produtos inseticidas e controle durante 13 semanas. Residual 6 meses.

Nos Testes I, II e III o aumento do número de indivíduos nas colônias foi verificado. Tanto na aplicação imediata dos inseticidas quanto nos testes residuais, os produtos microencapsulados mataram as operárias por contato. Não houve a transferência das microcápsulas para o interior das colônias. Acredita-se que a concentração dos ingredientes ativos de ambos os produtos encontra-se mais alta que o necessário. Desta forma, as rainhas, na tentativa de recuperar a perda de algumas operárias, aumentam o seu ciclo de reprodução e tornam as colônias cada vez maiores promovendo a ocorrência de fragmentação.

Inúmeras pesquisas demonstram que inseticidas com altas concentrações de ingredientes ativos matam por contato ou levam as colônias a se fragmentar de um lugar para o outro (DIFFIE et. al, 1987; PORTER, 1988; DIFFIE, 1991; DREES et. al, 1991; KLOTZ, et. al, 1997). Neste trabalho, não foi realizado nenhum teste com diferentes concentrações dos produtos, porém, os resultados dos testes residuais levam a crer que a concentração dos ingredientes ativos está alta o suficiente para ser eficaz após 6 meses da aplicação. Após seis meses da aplicação, os inseticidas microencapsulados Demand 2,5 CS e Dursban 20 ME continuaram a matar por contato as operárias que forragearam sobre a superfície tratada.

Com base nos resultados obtidos neste trabalho, acredita-se que se esses produtos fossem diluídos com concentrações menores dos ingredientes ativos, as formigas poderiam conseguir levar as microcápsulas para o interior da colônia e contaminar os demais membros da colônia.

Os resultados dos testes de repelência demonstram que os inseticidas microencapsulados não são repelentes. As formigas forrageiam nos azulejos tratados em um primeiro momento e somente cessam esse forrageamento quando a maioria começa a morrer. Assim que essas formigas mortas são retiradas dos azulejos, outras voltam a freqüentar essa superfície e permanecem lá até que morram. Esse ciclo se repetiu durante todo o período do trabalho. Se os produtos fossem repelentes, as formigas não chegariam a subir nos azulejos,

elas o rejeitariam completamente e iriam realizar o forrageamento apenas nos azulejos sem inseticida.

6.4 Teste IV – Comportamento das Formigas

Os comportamentos foram os mesmos em todas as repetições para cada produto e controle, nas três horas de avaliação. Foram observados: tremor, antenação, lentidão ao caminhar, levantamento do gáster e encurvamento do corpo. Todos estes comportamentos foram classificados como sintomas de intoxicação. Além desses sintomas foram classificados separadamente, comportamentos de limpeza de operárias e auto limpeza, trofalaxia e rejeição das operárias contaminadas (Tabela 2).

Tabela 1: Comportamentos das formigas que entraram em contato com os inseticidas e das formigas no controle em um período de três horas.

COMPORTAMENTOS	TEMPO DE AVALIAÇÃO																	
	30 min			60 min			90 min			120 min			150 min			180 min		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Sinais de intoxicação	+	-	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-
Limpeza	+	-	-	+	-	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-
Auto limpeza	+	-	-	+	-	-	+	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+
Trofalaxia	-	-	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+
Rejeição de operárias	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

“A”: inseticida Demand 2,5 CS. “B”: inseticida Dursban 20 ME. “C”: controle. (+) presente (-) ausente.

Nas colônias tratadas com o inseticida Demand 2,5 CS, as formigas que entraram em contato com os azulejos, começaram a apresentar sintomas de intoxicação nos primeiros dez minutos. Com apenas 20 minutos após o contato com o inseticida, as formigas de todas as colônias começaram a morrer. Após uma hora de observação, não havia mais nenhuma formiga viva sobre os azulejos tratados. Durante toda a avaliação o fluxo de formigas na bandeja estava intenso, porém, nos azulejos, nenhuma formiga conseguiu atingir a fonte de alimento. Tal situação foi observada em todas as repetições de colônias para este tratamento.

Nas colônias tratadas com o inseticida Dursban 20 ME, verificou-se que as formigas que entraram em contato com os azulejos tratados, levaram mais tempo para morrer do que no teste anterior com o inseticida Demand 2,5 CS. Somente após três horas do contato é que se observou a mortalidade das operárias. Porém, os sintomas de intoxicação apareceram antes, na primeira hora. Nos primeiros dez minutos de observação, muitas formigas eram vistas sobre os azulejos realizando o forrageamento. Nestas colônias as operárias conseguiram chegar à fonte de alimento e realizar a trofalaxia.

Na avaliação para as colônias controle, nos primeiros cinco minutos as formigas já atingiam a fonte de alimento e realizavam a trofalaxia intensamente. Comportamentos de auto limpeza foram observados, esporadicamente, durante a avaliação. Este comportamento é natural das formigas e não se relaciona somente com a intoxicação por inseticidas, uma vez que estas formigas não tiveram contato com nenhum dos produtos. Não houve mortalidade de formigas durante esse período.

As observações das colônias controle demonstraram-se importantes para se destacar os sintomas de intoxicação das formigas em colônias tratadas. Verificou-se que as formigas intoxicadas andavam mais lentamente, tremiam e se limpavam constantemente. Além disso, a alimentação foi prejudicada nessas colônias, visto que o forrageamento foi interrompido mais rapidamente em colônias expostas ao inseticida Dursban 20 ME e não chegou a ser realizado em colônias expostas ao inseticida Demand 2,5 CS. É importante ressaltar que essa descrição de comportamentos se deu para os grupos de colônias que receberam os azulejos tratados com 24hs de antecedência e permaneceram em observação por três horas. Após esse período as bandejas com suas respectivas colônias foram desmontadas e as observações consequentemente, cessaram-se.

Comportamentos de limpeza e auto limpeza foram freqüentemente observados nas operárias que conseguiram deixar os azulejos. Não houve rejeição das operárias supostamente contaminadas que entraram em contato com as não contaminadas. A formulação destes produtos, bem como seu modo de aplicação permite que algumas partes da superfície tratada fiquem livres das microcápsulas.

6.5 Teste V – Microscopia Eletrônica de Varredura

Todas as formigas analisadas sob o microscópio eletrônico de varredura (as que estavam mortas e aquelas que conseguiram sair vivas dos azulejos) não apresentaram nenhuma cápsula do inseticida. Acredita-se que no momento da diluição dos inseticidas e da sua aplicação, as microcápsulas tenham estourado e as formigas se contaminaram com o líquido inseticida formado. Essa situação se deu da mesma forma para ambos os inseticidas. Isso pode explicar o fato das formigas terem morrido por contato e não conseguirem levar as microcápsulas para o interior das colônias. Essa informação é importante para alertar que esse tipo de formulação não funciona como o esperado pelos fabricantes. Se as microcápsulas estouram e liberam seus princípios ativos na calda formada, a idéia de ter um inseticida menos agressivo aos aplicadores e ao meio ambiente é falha. As figuras de 27 a 30 ilustram as superfícies dos azulejos tratados com os inseticidas na forma diluída e concentrada. As figuras 31 e 32 demonstram as microcápsulas contidas nos inseticidas na forma concentrada aderidas às formigas.



Figura 27. Solução concentrada de Demand 2,5 CS no azulejo. Microscopia eletrônica de varredura, aumento 720X.

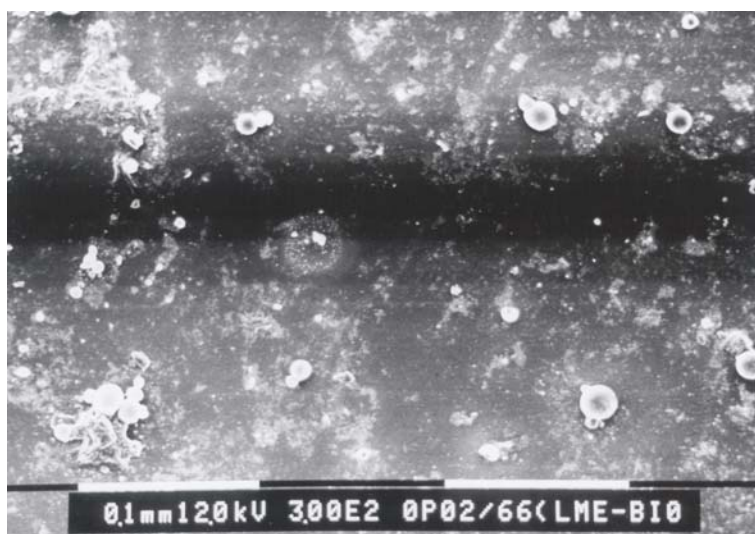


Figura 28. Solução diluída de Demand 2,5 CS no azulejo. Microscopia eletrônica de varredura, aumento 720X.

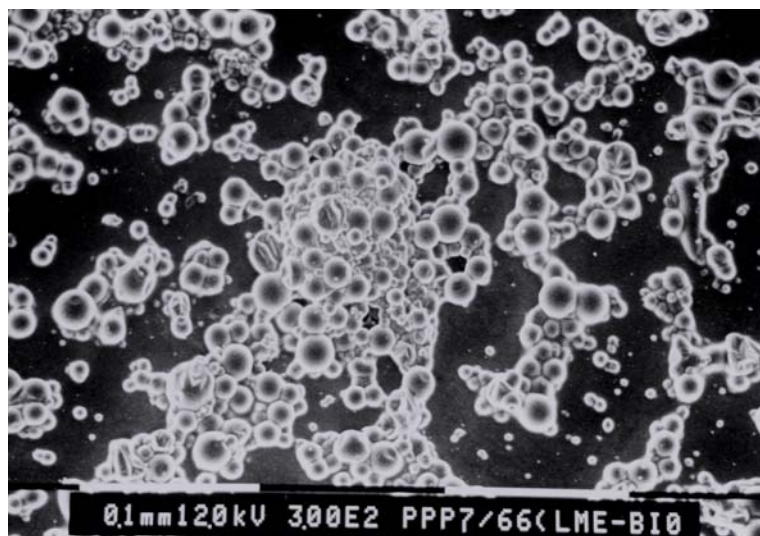


Figura 29. Solução concentrada de Dursban 20 ME no azulejo. Microscopia eletrônica de varredura, aumento 720X.

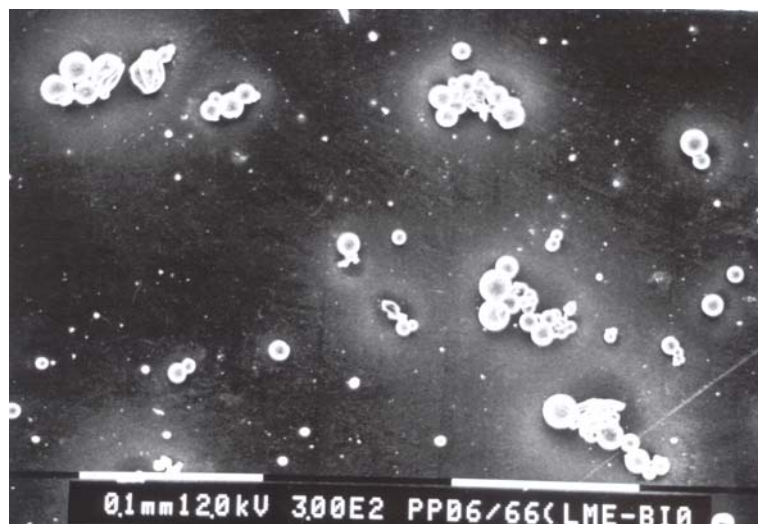


Figura 30. Solução diluída de Dursban 20 ME no azulejo. Microscopia eletrônica de varredura, aumento 720X.

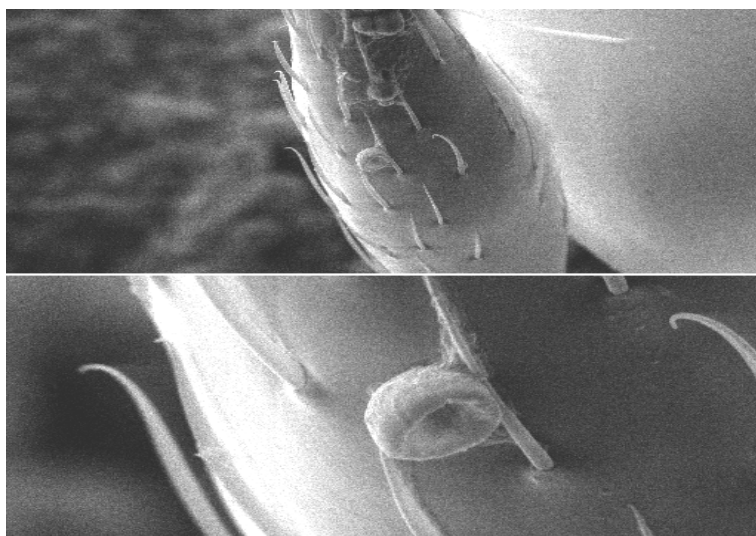


Figura 31. Microcápsulas de Demand 2,5 CS em uma perna de formiga. Microscopia eletrônica de varredura, aumento 500X, detalhe 2000X.

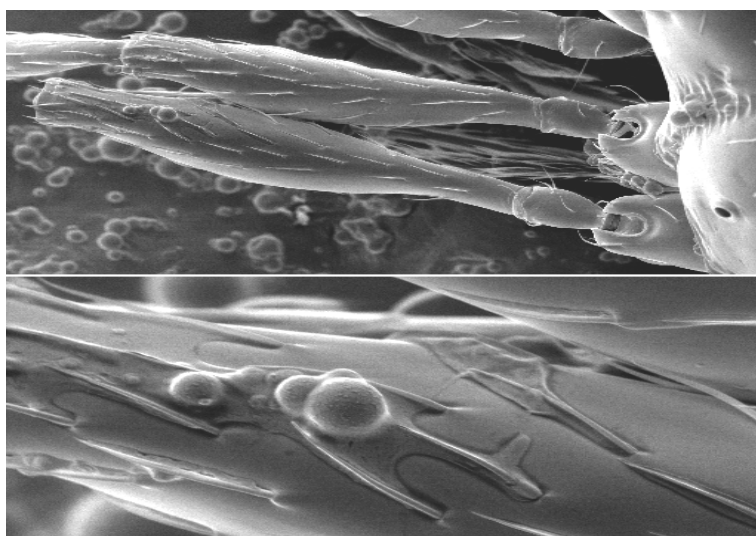


Figura 32. Microcápsulas de Dursban 20 ME em uma perna de formiga. Microscopia eletrônica de varredura, aumento 200X, detalhe 800X.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas formulações microencapsuladas, as microcápsulas ficam suspensas em água e antes da aplicação, os fabricantes indicam a diluição desses produtos em água, formando uma calda. Durante a aplicação, que pode ser feita com pulverizadores manuais ou simplesmente pincelando os produtos sobre uma superfície, algumas das cápsulas podem estourar. O processo de diluição também pode fazer com que essas cápsulas estoureem antes do contato com as formigas. Isso faz com que os ingredientes ativos contidos no interior destas cápsulas fiquem expostos ao ambiente e ao aplicador. Desta forma, esses produtos se igualam às outras formulações que apresentam problemas de contaminação ambiental.

Os produtos testados não são recomendáveis para o controle de colônias de formigas urbanas, pois além de serem caros, possuem alta concentração de seus ingredientes ativos, que não ficam protegidos pelas microcápsulas, e agem por contato.

Os resultados deste trabalho contribuem com informações para que as empresas realizem outros testes antes de se disponibilizar inseticidas microencapsulados no mercado. Muitas vezes os testes exigidos não são suficientes para determinar se esses produtos são eficazes no controle de colônias de formigas. Testes realizados apenas com operárias isoladas de suas respectivas colônias, rainhas e crias não são suficientes para fornecerem resultados satisfatórios para se acreditar que uma colônia completa seja controlada.

O fato das formigas possuírem comportamentos específicos, característicos de organismos eussociais, como o estilo de vida cooperativo, os métodos de coleta e de estocagem de alimentos, a reprodução, o controle do ambiente e seus métodos de defesa, fez com que se tornassem um dos insetos mais bem sucedidos. Esses comportamentos oferecem obstáculos e desafios para o controle. Entendendo e explorando esses comportamentos podem-se encontrar caminhos para o sucesso nas formas de controle.

Pesquisas adicionais são necessárias para determinar a eficácia dos produtos microencapsulados sobre colônias de formigas urbanas.

8. CONCLUSÕES

- Os produtos microencapsulados Demand 2,5 CS (Syngenta) e Dursban 20 ME (Dow Agrosciences) não são repelentes;
- São inseticidas que matam operárias de formigas por contato, não atingindo os demais membros da colônia;
- As colônias submetidas aos inseticidas mantiveram-se grandes assim como as colônias controle;
- O produto Demand 2,5 CS proporcionou maior mortalidade das operárias de *M. floricola* que o produto Dursban 20 ME em todas as etapas dos testes;
- As microcápsulas estouraram antes do contato com as formigas, no momento da diluição e aplicação.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEKSEEV, A. N. BIBIOVKA, V. A.; BRINKMAN, T.; KANTARBAEVA, Z. The persistence of viable plague microbes on the epiderms and in the alimentary tract of *Monomorium pharaonis* in experimental condition. **Meditinskaya Parazitologiya i Parazitarnye Bolezni**, v. 41, p. 237 – 9, 1972.

ALLAN, G. G., CHOPRA, C. S., FRIEDHOFF, J. F., GARA, R. I., MAGGI, M. W., ROBERTS, S. C., WILKINS, R. W. Pesticides, pollution and polymers. **Chemtech**, v. 3, p. 171-178, 1973.

AMANTE, E. A saúva *Atta capiguara*, praga das pastagens. **Instruções Práticas-DPA**, v. 41, p. 1-12. 1967.

BEATSON, S. H. Pharaoh's ants as pathogens vectors in hospitals. **The Lancet**, v. 1, n. 7747, p. 425 - 7. 1972.

BRANDÃO, C.R.F.; PAIVA, R.V.S. The Galapagos ant fauna and the attributes of colonizing ant species. In Williams, D.F. (Org.). **Exotic ants: biology, impact and control of introduced species**. Boulder, Westview Press, 1994. p. 1 - 10.

BRINKMAN, M. A. & GARDNER, W. Mortality of ant (Hymenoptera: Formicidae) pest species exposed to sodium hydrogen carbonate. **Florida Entomologist**, v. 87, n.3, p. 324-329. 2004.

BUENO, F.C. **Seleção de ingredientes ativos para o uso em iscas no controle de formigas cortadeiras (Hymenoptera: Formicidae)**. Rio Claro, SP. 2005. Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista, 98 p.

BUENO, O.C.; CAMPOS-FARINHA, A.E.C. As formigas domésticas. In: Mariconi, F.A.M. (Org.). **Insetos e outros invasores de residências**. Piracicaba: Fealq., 1999. p. 135-180.

BUENO, O.C.; CAMPOS-FARINHA, A.E.C. Comportamento das espécies que invadem as cidades brasileiras. **Vetores e Pragas**, n.1, p.13-6. 1999b.

BUENO, O. C.; FOWLER, H.G. Exotic ants and native ant fauna of Brazilian hospitals. In: Williams, D.F. (Org.). **Exotic ants: biology, impact and control of introduced species**. Boulder, Westview Press, 1994, p. 191 - 8.

BURGETT, M., FISHER, G. The contamination of foraging honey bees and pollen with Pennicap-M. **American Bee Journal**, v. 117, p. 626-627. 1977.

CAMPOS-FARINHA, A. E. C.; JUSTI JR., J.; BERGMAN, E.C.; ZORZENON, F.J.; NETTO, S.M.R.. Formigas urbanas. **Boletim Técnico do Instituto Biológico**, v. 8, p.1-120. 1997.

CORRÊA, P. R. **Pragas urbanas, uma pesquisa de mercado**. Rio Claro, SP. 2000. Monografia para titulação em Especialização em Entomologia Urbana apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista.

DIFFIE, S. Comparison of the efficacy of a boric acid product (Last Meal) with orthene in controlling the red imported fire ant. In: **Imported fire ant management: results of applied research demonstrations**. University of Georgia Division Entomology, Research-Extension publication, Athens. 1991.

DIFFIE, S., SHEPPARD, D.C., CANERDAY, T. D. **Imported fire ants: results of control tests**. University of Georgia Division of Entomology, Research-Extension Publication, Athens. 1987.

DREES, B. M., BARR, C. L., VINSON, S. B. Evaluation of Bushwhacker fire ant killer, a boric acid based bait product. In: **Red imported fire ant result demonstrations/applied research**. Texas Cooperative Extension Service, College Station. 1991.

EICHELER, W. Health aspects and control of *Monomorium pharaonis*. In: MERR, V. et al. (Org.). **Applied Myrmecology: a world perspective**. Boulder: Westview Press, p. 671-675, 1990.

FANGER, G. O. **What good are microcapsules?** **Chemtech**, v. 2, p. 359-363, 1974.

FORSCHLER, B. T., EVANS, G. M. Argentine ants (Hymenoptera: Formicidae) foraging activity response to select containerized baits. **Journal of Economic Science**, v. 29, p. 209-214, 1994.

FORTI, L. C., BOARETTO M. A. C. **Formigas cortadeiras: biologia, ecologia, danos e controle**. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 1997, 61p.

FOWLER, H. G.; BERNARDI, J. V. E; DELABIE, J. C.; FORTI, L. C.; PEREIRA-DA-SILVA, V. Major ant problems of South America. In: CEDENO, A.; JAFFE, K.; VANDER MEER, R. K. (Org.). **Applied Myrmecology: a world perspective**. Boulder: Westview, 1990. p. 3-14.

FOWLER, H. G.; BUENO, O. C.; SATATSUME, T.; MONTELLI, A. C. Ants as potencial vectors of pathogens in hospitals in State of São Paulo, Brazil. **Insect Science and its Application**, v. 14, n.3, p.367 - 70. 1993.

FOWLER, H. G; SCHINDWEIN, M. N.; MEDEIROS, M. A. Exotic ants and community simplification in Brazil: A review of the impact of exotic ants on native ant assemblages. In: Williams, D.F. (Org.). **Exotic ants: biology, impact and control of introduced species**. Boulder: Westview. 1994. p. 151-162.

GREEN, A. A., et al. The control of Pharaoh's ants in hospitals. **Pest Infestation Research**, n. 1953, 24p. 1954.

HÖLLDOBLER, D.; WILSON, E. O. **The ants**. Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts. 1990. 732p.

HOOPER-BUI, L. RUST, M. K. Oral toxicity of abamectin, boric acid, fipronil and hydrametilnon to laboratory colonies of argentine ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 93, p. 858-864. 2000.

HUMAN, K. G.; GORDON, D. M. Exploitation and interference competition between the invasive Argentine ant, *Linepithema humile*, and native ant species. **Oecologia**, v. 105, p. 405-412. 1996.

JACOB, L. **Seleção de ingredientes ativos para o controle de formigas urbanas**. Rio Claro, SP. 2001. Dissertação de mestrado apresentada ao Instituto de Biociências da Universidade Estadual Paulista, 146p.

KLOTZ, J; H., OI, D. H., VAIL, K. M., WILLIAMS, D. F. Laboratory evaluation of a boric acid liquid on colonies of *Tapinoma melanocephalum*, Argentine ants and pharaoh ant (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 89, n. 3, p. 673-677, 1996.

KLOTZ, J. H., GREENBERG, L., SHOREY, H. H., WILLIAMS, D. F. Toxicity of a boric acid-sucrose water bait to *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 30, n. 2, p. 488-491. 1997.

KLOTZ, J. H., GREENBERG, L., VENN, E.C. Liquid boric acid bait for control of the argentine ant (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 91, p. 910-914, 1998.

KLOTZ, J. H., GREENBERG, L., AMRHEIN, C, RUST, M. K. Toxicity and repellency of burate-sucrose water baits to argentine ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 93, p. 1256-1258, 2000.

LEE, C. Y., LEE, L. C., NA, J. P. S., LOKE, P. Y., LIM, K. T. TEO, E. H. H. Evaluation of methoprene granular baits against foraging pharaoh ants, *Monomorium pharaonis* (Hymenoptera: Formicidae). **Sociobiology**, v. 41, n. 3, p. 717- 723, 2003.

LOEK, A. E., NAKANO, O. Efeito de novas substâncias visando o controle de saúveiros novos de *Atta laevigata* (Smith, 1858) (Hymenoptera: Formicidae). **Solo**, v. 1, p. 25-30, 1984.

LUZ, V. P. **Técnicas agrícolas**. São Paulo: Editora Ática, v. 2, p. 56-58. 1991.

MOONEY, H. A.; DRAKE, J. A. **Ecology of biological invasions of North America and Hawaii**. Springer-Verlag, New York, New York, USA. 1986.

MORSE, R. A. Penncap-M, a new insecticide formulation and a new problem. **Gleaning in Bee Culture**, v. 105, p. 209, 1977.

OLIVEIRA, M.F.; CAMPOS-FAINHA, A.E.C. Formigas urbanas do município de Maringá, PR, e suas aplicações. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.72, n.1, p.33-39, 2005.

PASSERA, L. Characteristics of tramp species. In: Williams, D.F. (Org.). **Exotic ants: biology, impact and control of introduced species**. Boulder: Westview, 1994. p. 23-43.

PEÇANHA, M. P. **Formigas como vetor de propagação bacteriana no conjunto hospitalar de Sorocaba - SP**. Rio Claro, SP. 2000. Tese de doutorado em Microbiologia Aplicada - Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista.

PERRIN, B. Improving insecticides through encapsulation. **Pesticide Outlook**, p. 68 -71, 2000.

PORTER, S. D. Effects of boric acid baits on laboratory fire ant colonies. In: M. E., MISPAHEL (Org). **Proceeding of 1988 imported fire ant conference**. The University of Georgia, Athens. 1988. p. 79-81.

PORTER, S. D.; SAVIGNANO, D. A. Invasion of polygyne fire ants decimates native ants and disrupts arthropod community. **Ecology**, v. 71, n. 6, p.2095-2106, 1990.

REIERSON, D., RUST, M., KLOTZ, J. There's safety in numbers. **Pest Control**, v. 69, p. 50-52. 2001.

RUST, M. K. Insecticides and their use in urban structural pest control. In: R. KRIEGER (Org.). **Handbook of Pesticide Toxicology**. Academy Press, San Diego. 2001. p. 243-250.

RUST, M. K., RIERSON, D. A., KLOTZ, J. H. Pest management of argentine ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Science**, v. 38, p. 159-169, 2003.

SILVERMAN, J., ROUSTON, T. H. Acceptance and intake of gel and liquid sucrose compositions by the argentine ant (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 94, p. 511-515, 2001.

SONNET, P. E. Controlled-release pesticides. **Bee World**, v.59, p. 112-114, 1978.

TAYLOR, P., GOVERE, J., CREES, M. J. A field trial of microencapsulated deltamethrin, a synthetic pyrethroid, for malaria control. **Transactions of the Royal Society of the Tropical Medicine and Hygiene**, v. 80, p. 537-545, 1986.

THOMPSON, C. R. Ants that have pest status in the United States, In: R. K. VANDER MEER, K. JAFFÉ, A. CEDEN (Org.). **Applied myrmecology: a world perspective**. Westview, Boulder, Colorado, USA. 1990. p. 51-67.

ULLOA-CHACÓN, P., JARAMILLO, G. I. Effects of boric acids, fipronil, hydrametilnon and diflubenzuron baits on colonies of ghost ants (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 96, n. 3, p. 856-862, 2003.

VAIL, K. M., WILLIAMS, D. F. Foraging of the Pharaoh ant, *Monomorium pharaonis*: an exotic in the urban environment. In: WILLIAMS, D. F. (Org.). **Exotic Ants: biology, impact and control of introduced species**. Boulder: Westview. 1994. p. 228 - 39.

VAIL, K. M & WILLIAMS, D. F. Pharaoh ant (Hymenoptera: Formicidae) colony development after consumption of pyriproxifen baits. **Journal of Economic Entomology**, v. 88, n. 6, p. 1695-1702. 1995.

VAIL, K. M., WILLIAMS, D. F.; OI, D. F. Perimeter treatments with two bait formulations of pyriproxifen for control of Pharaoh ant (Hymenoptera: Formicidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 89, n. 6, p. 1501 - 7. 1996.

VEGA, S. J., RUST, M. K. Determining the foraging range and origin of resurgence after treatment of argentine ant (Hymenoptera: Formicidae) in urban areas. **Journal of Economic Entomology**, v. 96, p. 844-849. 2003.

VYTHILINGAN, I, ZAINAL, A. R., HAMIDAH, T. Laboratory evaluation of lambda-cyhalothrin a microencapsulated formulation on mosquito nets for control of vector mosquitos. **Southeast Asian Journal Tropical Medical Public Health**, v. 30, n. 1, p. 177-183, 1999.

WEGE, P. J., HOOPE, M. A., BYWATER, A. F., WEEKS, S. D., GALLO, T. S. A microencapsulated formulation of lambda-cyhalothrin. **Proceedings of 3rd International Conference on Urban Pests**, p. 301-310. 1999.

WILLIAMS, D. F. Effects of fenoxycarb baits on laboratory colonies of pharaoh's ant *Monomorium pharaonis*. In: CEDENO, A.; JAFFE, K., VANDER MEER, R. K. (Org.). **Applied Mirmecology: a world perspective**. Boulder: Westview. 1990. p.676 - 83.

WILLIAMS, D. F.; VAIL, K. M. The Pharaoh ant (Hymenoptera: Formiciade): fenoxycarb baits affect colony development. **Journal of Economic Entomology**, v. 86, n.4, p. 1136 - 43. 1993.

WILLIAMS, D. F.; VAIL, K. M. Control of a natural infestation of Pharaoh ant, *Monomorium pharaonis* (L.) (Hymenoptera: Formicidae) with a corn grit bait of fenoxycarb. **Journal of Economic Entomology**, v. 87, n.1, p. 108 - 15. 1994.

ZARZUELA, M. F.; CAMPOS-FARINHA, A. E. C.; RUSSOMANO, O. M. R.; KRUPPA, P. C.; GONÇALEZ, E. Avaliação do potencial das formigas como vetores de fungos em ambientes residenciais e cozinhas semi-industriais. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.69 (supl.), p. 201-3. 2002.

ZARZUELA, M.F.M.; CAMPOS-FARINHA, A. E. C; PEÇANHA, M. P. Evaluation of urban ants (Hymenoptera: Formicidae) as carriers of pathogens in residential and industrial environments: I. Bacteria. **Sociobiology**, 45, n. 1, p. 09-14. 2005.