



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA

**DIVERSIDADE DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE)
EM SISTEMAS DE CULTIVO DE ALGODOEIRO NO DISTRITO FEDERAL**

ANDRÉ FÁBIO MEDEIROS MONTEIRO

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre junto ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade de Brasília sob a orientação do Prof. Dr. Edison Ryoiti Sujii.

Brasília, DF
2008

FICHA CATALOGRÁFICA

M 676	Monteiro, André Fábio Medeiros. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em sistemas de cultivo de algodoeiro no Distrito Federal / André Fábio Medeiros Monteiro. – Brasília: Universidade de Brasília. Departamento de Ecologia, 2008. 86 p.: il. Dissertação de Mestrado. Orientador: Edison Ryoti Sujii. 1. Ecologia. 2. Formigas. 3. Agroecologia. 4. Algodoeiro. 5. <i>Labidus praedator</i> . 6. Controle Biológico. CDU – 632.95
-------	--

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MONTEIRO, A. F. M. Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em sistemas de cultivo de algodoeiro no Distrito Federal. Brasília: Programa de pós-graduação em Ecologia, Universidade de Brasília, 2008. 86 p. Dissertação de Mestrado.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: André Fábio Medeiros Monteiro

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO: Diversidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae) em sistemas de cultivo de algodoeiro no Distrito Federal

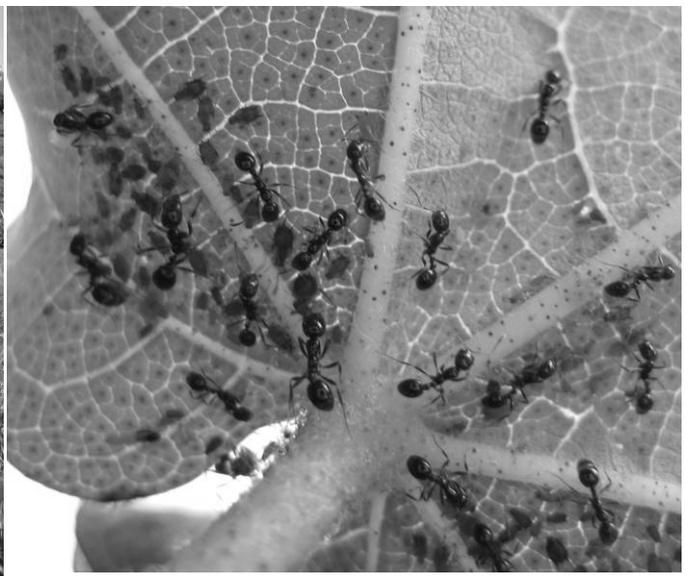
GRAU: Mestre ANO: 2008

É concedida à Universidade de Brasília permissão para reproduzir cópias desta dissertação de mestrado e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva-se a outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação de mestrado pode ser reproduzida sem autorização por escrito do autor.

André Fábio Medeiros Monteiro

CPF 878.001.954-49

Telefone: (61) 8443-5713 ou e-mail: monteiro.andre@gmail.com ou monteiroandre@unb.br



ANDRÉ FÁBIO MEDEIROS MONTEIRO

**DIVERSIDADE DE FORMIGAS (HYMENOPTERA: FORMICIDAE)
EM SISTEMAS DE CULTIVO DE ALGODOEIRO NO DISTRITO FEDERAL**

Dissertação aprovada junto ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia da Universidade de Brasília como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ecologia.

Banca Examinadora:

Dr. Edison Ryoiti Sujii
Orientador - Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia

Dr. Ivan Cardoso do Nascimento
Membro Titular – Universidade Estadual de Feira de Santana, UEFS

Dra. Helena Castanheira de Moraes
Membro Titular – Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília

Dra. Ivone Rezende Diniz
Suplente – Departamento de Zoologia, Universidade de Brasília

Brasília, de Abril de 2008

“A quantidade de fiapos brancos a beira da rodovia que leva até a cidade (que mais parecem flocos de neve), os campos cobertos por plumas até o horizonte e o grande número de caminhões carregados de fardos dão ao visitante uma noção da sua principal fonte de renda: o algodão. O ouro branco, no município de Campo Verde (MT), foi fundamental a melhoria da qualidade de vida dos camponeses. Graças à invasão das plumas não faltam empregos e escolas na cidade” (Revista Isto é, 2004)

A estrutura de custos da cadeia de produção de algodão com base na agricultura familiar, em menor escala e menos capitalizada, já não se adequava para a nova realidade da globalização da economia. Assim, foi desmantelada a cotonicultura familiar no Nordeste e no Sudeste nos anos 80. Entretanto, a necessidade de uma cultura rentável compatível financeiramente com a sucessão da soja, transformou em pouco mais de uma década os cerrados brasileiros, especialmente no Centro-Oeste e Oeste do Estado da Bahia, na nova fronteira agrícola do país também na produção de algodão. Além dos fatores tecnológicos, a forte recuperação da cultura do algodão nos últimos anos deveu-se, também, à melhoria do preço e ao aumento das exportações. (Congresso Brasileiro de Algodão, 2007)

“Drive south from Rondonópolis, and for mile after mile the flat tableland stretches away to the far horizon, a limitless green prairie carpeted with swelling crops. The monotony of the landscape is broken only by the artifacts of modern agribusiness: a crop-dusting plane swoops low over the prairie to release its chemical cloud, while the occasional farmhouses have giant harvesting machines lined up in the yard outside. It could be the mid-western United States. In fact, it is the very heart of tropical South America, its central watershed, in the Brazilian State of Mato Grosso” (The Economist, 1999)

Sociedades humanas tentam manter áreas cultivadas em estágios sucessionais iniciais porque são mais produtivos, mas mantê-los em face da tendência natural para o aumento da diversidade e da complexidade requer largos dispêndios de energia e materiais. Contudo, prolongar a duração de estágios sucessionais iniciais por meio de distúrbios físicos (aração, gradagem, roço, etc.) ou químicos não seletivos (fertilizantes, herbicidas e pesticidas) traz instabilidade ao funcionamento dos ecossistemas (redução dos serviços naturais de controle de pragas, polinização, etc.) bem como problemas ambientais (poluição, erosão, etc.) e de saúde pública (intoxicação, etc.). Assim, a redução de custos (econômicos e ecológicos) e o aumento da eficiência no uso de energia e de recursos para manutenção de sistemas de cultivo anuais em estágios sucessionais iniciais continuam sendo desafios. (Environmental Protection Agency - EPA, 1996)

Dedico
Aos meus pais Maristela e Luciano

AGRADECIMENTOS

Para chegar ao produto final que aqui apresento, diversas pessoas tiveram um papel importante na minha formação pessoal e acadêmica, na construção desse projeto. Assim, sinto por elas gratidão. Gostaria de agradecer:

à Maria Alice Garcia e a Jorge Y. Tamashiro pelos aprendizados valiosos nos estágios da minha graduação ora com os insetos, ora com as plantas.

a Miguel Altieri e à Clara Nicholls por terem me cativado com as perspectivas trazidas pela Agroecologia, advindas do estudo paciente do mundo dos insetos nos agroecossistemas.

a Itan de Brito Medeiros e a sua família pelo acolhimento e suporte inicial, indispensáveis a minha instalação nesta capital federal.

à Maria Alice de Medeiros por ter facilitado o encontro com os tutores desse trabalho.

à Paulina Araújo pelas primeiras idas a campo para conhecer a fauna associada ao algodoeiro.

aos colegas de laboratório do Cenargen, em especial a Pedro Igor e Pedro Togni.

aos colegas de trabalho, em especial Geraldo Soares, Maria Pires e Rogério Mariano, pelo apoio e compreensão necessários para conciliação de tantas atividades.

a Rosamaris e Lígia da biblioteca do Cenargen pelo suporte para conclusão das leituras e pela elaboração da ficha catalográfica.

aos motoristas da Embrapa, principalmente Camilo, Valdemar e José Henrique.

aos administradores das fazendas Copebrás e Pamplona, Genival e Ronei, pela permissão para realização de parte desse projeto nas áreas comerciais e pela disposição sincera de colaboração a qualquer tempo.

ao professor John Hay e aos secretários do departamento de Ecologia, Iriode e Fábio, e ao programa de pós-graduação em ecologia pela atenção dispensada.

aos seguintes pesquisadores pelo envio a tempo de artigos fundamentais para o aperfeiçoamento desse trabalho: Alejandro Costamagna, Anyimilehidi Mazo, Robert McPherson, Scott Powell, Toad Palmer, Paul Van Mele, Fernando José Zara, Jean-Philippe Deguine, Rosamary Vieira e Lori Lach.

a Silvio Nihei, a João Bernardo Bringel e a Ivan Cardoso do Nascimento pela identificação taxonômica dos dípteros, plantas e formigas, respectivamente.

ao professor Edison R. Sujii pelas publicações emprestadas, pela orientação sempre cuidadosa visando à realização de melhor ciência possível e pelo apoio na análise dos dados.

à professora Helena C. Morais pela disponibilidade para conversar, pela preocupação constante com o andamento dos trabalhos e pela introdução ao fascinante mundo das formigas.

aos professores Ivan Cardoso do Nascimento e Ivone Rezende Diniz pelos questionamentos que vieram a melhorar bastante a qualidade deste manuscrito.

à Marlova Mósena pela revisão final do texto com um olhar mais distanciado, que parece ter melhorado bastante a sua leitura e compreensão.

Especialmente, ao professor Jacques Delabie pelo incentivo, sugestão de leituras, comentários sobre o projeto e acolhida bastante hospitaleira em seu laboratório no Sul da Bahia.

às demais pessoas que também foram importantes, de alguma maneira, durante essa etapa da minha vida, mas que deixei de citar aqui.

ÍNDICE

ÍNDICES DE TABELAS, FIGURAS E PRANCHAS	ix e x
RESUMO	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO 1. Descrição do sistema multitrófico: algodoeiro, herbívoros e inimigos naturais	1-25
O algodoeiro.....	1
Os herbívoros do algodoeiro.....	3
Os inimigos naturais dos herbívoros.....	5
O papel das formigas no controle natural de pragas.....	6
Os agroecossistemas de cultivo de algodão.....	11
Referências bibliográficas.....	13
CAPÍTULO 2. Influência de práticas de cultivo do algodoeiro na estrutura de comunidades de formigas predadoras	27-53
Abstract.....	27
Introdução.....	27
Materiais e Métodos.....	30
Áreas de Estudo.....	30
Coleta de organismos e dados registrados.....	31
Análises dos dados.....	33
Resultados.....	34
Discussão.....	36
Referências bibliográficas.....	39
CAPÍTULO 3. Ecologia nutricional de <i>Labidus praedator</i> (Formicidae: Ecitoninae) em um agroecossistema adjacente a uma mata de galeria	54-70
Abstract.....	54
Introdução.....	54
Materiais e Métodos.....	56
Resultados.....	57
Discussão.....	58
Referências bibliográficas.....	61
CAPÍTULO 4. Considerações Gerais	71-74
Referências bibliográficas.....	74

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1. Práticas de manejo e características socioeconômicas associadas a sistemas de cultivo de algodoeiro.....	20
Tabela 2.1. Sistemas de cultivo de algodoeiro (espécie de planta + manejo) avaliados.....	32
Tabela 2.2. Sistemas de preparo de solo (tipo de distúrbio ou tipo de cobertura) avaliados...	32
Tabela 2.3. Estruturas de comunidades de formigas nas plantas em sete sistemas de cultivo de algodoeiro.....	44
Tabela 2.4. Resultados dos Testes t de diversidade de formigas sobre as plantas.....	45
Tabela 2.5. Estruturas de comunidades de formigas no solo em oito sistemas de preparo de solo.....	46
Tabela 2.6. Resultados dos Testes t de diversidade de formigas sobre o solo.....	47
Tabela 3.1. Composição de dieta de <i>Labidus praedator</i>	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Dinâmica de ocorrência de eventos fenológicos do algodoeiro em um ciclo.....	21
Figura 1.2. Períodos críticos de ocorrência de pragas segundo a escala do algodoeiro.....	21
Figura 1.3. Esquema das estratégias de Manejo Integrado de Pragas do algodoeiro.....	21
Figura 2.1. Regimes de distúrbios associados a dois sistemas de cultivo hipotéticos.....	43
Figura 2.2. Métodos de amostragem de formigas nas plantas e no solo.....	43
Figura 2.3. Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS), por meio de índice de similaridade Euclidiano, baseado na estrutura de comunidades de formigas nas plantas.....	48
Figura 2.4. Dendrograma de similaridade de comunidades de formigas associadas às plantas, obtido pelo método de Ward, com base nas distâncias Euclidianas.....	48
Figura 2.5. Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS), por meio de índice de similaridade Euclidiano, baseado na estrutura de comunidades de formigas no solo.....	49
Figura 2.6. Dendrograma de similaridade de comunidades de formigas associadas aos solos, obtido pelo método de Ward, com base nas distâncias Euclidianas.....	49
Figura 2.7. Dinâmica de ocorrência das formigas <i>Pheidole</i> e <i>Solenopsis</i> e da pressão de predação em sistemas convencional e com redução do distúrbio químico.....	50
Figura 2.8. <i>Box-Plot</i> das produtividades de algodoeiros de 1º ano e de 2º ano.....	51
Figura 3.1. Ocorrência e distribuição espacial de trilhas de Ecitoninae.....	65

ÍNDICE DE PRANCHAS

Prancha 1. Fases fenológicas do algodoeiro.....	22
Prancha 2. Sistemas conservacionistas de produção de algodoeiro.....	23
Prancha 3. Morfologia e organografia do algodoeiro <i>G. barbadense</i>	24
Prancha 4. Mutualismos facultativos de proteção entre o algodoeiro e formigas e entre formigas e hemípteros.....	25
Prancha 5. Predação de herbívoros por Hymenoptera.....	26
Pranchas A /B. áreas de estudo e estrutura da paisagem.....	52 e 53
Prancha 6. Habitats freqüentados por <i>Labidus praedator</i>	66
Prancha 7. Forrageamento de <i>L. praedator</i> – Itens da dieta.....	67
Prancha 8. Forrageamento de <i>L. praedator</i> - Comportamento e interações.....	68
Prancha 9. Túnel sub-superficial de <i>Labidus coecus</i>	69
Prancha 10. Oportunismo químico entre formigas de correição.....	70

RESUMO

Diversos estudos mostram que as formigas exercem papéis importantes para o funcionamento dos agroecossistemas. Néctar extrafloral, exsudados de pulgões e alta densidade de herbívoros atraem formigas predadoras para o algodoeiro, que poderiam protegê-lo de danos por pragas. Isso dependeria de circunstâncias regionais, da intensidade de manejo de sistemas de cultivo específicos e da densidade e agressividade de formigas dominantes. Os objetivos gerais desse estudo foram avaliar o papel de formigas predadoras enquanto potenciais agentes de controle biológico – por análises de diversidade, composição, pressão de predação e padrões de colonização por assembléias de formigas predadoras - e o de descrever composição de dieta e interações da espécie *Labidus praedator* (1). Aplicações de agroquímicos, ausência de poda e revolvimento do solo reduzem a riqueza e a densidade de formigas. Maiores densidades de formigas ocorrem em NEF (Nectários Extraflorais) de algodoeiro crioulo *G. barbadense*, em NEF de *G. hirsutum* rebrotados e em solo com cobertura morta. Comunidades dominadas por *Pheidole* e *Dorymyrmex* estiveram associadas aos distúrbios agroquímicos e de revolvimento do solo, respectivamente. Em sistemas com distúrbio mínimo, *Pheidole gertrudae* e *Crematogaster victima* foram dominantes. Em sistemas infestados por curuquerê ou pela lagarta da crotalária, as comunidades de formigas foram dominadas por *Solenopsis invicta*. Houve uma redução na pressão de predação por formigas em sistemas extensivos. A ocorrência de formigas agressivas é maior em sistemas complexos (e.g., com cobertura do solo permanente e presença de mirmecófitas) e no algodoeiro rebrotado (2). Cinco espécies de três gêneros (*Labidus*, *Nomamyrmex* e *Eciton*) da subfamília Ecitoninae foram registrados. Lagartas foram o principal item da dieta de *L. praedator*. Arilo e polpa de frutos, flores e diásporos de ervas infestantes também foram transportados. Durante precipitações intensas, *L. praedator* se agregaram as centenas sob áreas cobertas pela vegetação. Grupos de anus-pretos, marimbondos da subfamília Polistinae e moscas sarcófagídeas acompanharam as frentes de enxame de *L. praedator*. A importância da estrutura da paisagem para a colonização dos agroecossistemas por Ecitoninae e a existência de oportunismo químico entre formigas de correição são discutidos (3). Ao contrário da mirmecófita *G. barbadense*, o algodoeiro *G. hirsutum* var. *latifolium* perdeu a atratividade às formigas em razão do melhoramento para incrementar a sua produtividade. Ainda assim, em alguns sistemas de cultivo menos perturbados e mais complexos, as formigas podem ter uma contribuição relevante como um dos principais fatores de mortalidade de pragas do algodoeiro (4).

Palavras-chaves: Complexidade do habitat, Distúrbios, Estrutura de Comunidades, *L. praedator*, Predação

ABSTRACT

Ants can play important roles to agroecosystems functioning. Cotton nectar, cotton aphid honeydew and high densities of herbivores reward predacious ants that patrol cotton. So, these facultative mutualists can protect cotton from herbivores injury. It depends on regional circumstances, on management intensity of specific cotton systems and on dominant ant density and aggressiveness. The general objectives of this study were to evaluate the role of predatory ants as potential agents of biological control- addressing issues such as diversity, composition, predation pressure and colonization by the assembly of ants- and to describe diet composition and inter-specific interactions of the species *Labidus praedator* (1). Agrochemicals applications, pruning absence and soil tillage reduced richness and density of predacious ant. Greater ant densities occurred on EFN (Extrafloral nectaries) of Creole Pima cotton *G. barbadense*, on EFN of *G. hirsutum* stubble re-sprouting and in mulches on soil. Ant communities dominated by *Pheidole* and *Dorymyrmex*, respectively, were associated to agrochemical and tillage disturbances. In minimal disturbance systems, *Pheidole gertrudae* and *Crematogaster victima* dominated ant communities. In pest-infested systems by Cotton leafworm *Alabama argillacea* or by sunnhemp moth *Utetheisa* in *Crotalaria juncea* mulch, ant's communities were dominated by *Solenopsis invicta*. Due to disturbance effects on non-target natural enemies, there was a reduction on ant predation pressure at extensive high yield cotton systems. Aggressive ants occurrence is greater on complex cotton systems (e.g., with permanent soil coverage and myrmecophytes presence) and in pruned second year cotton with disturbance reduction and this can partially explain yield differences between cotton cropping systems (2). Five species from three Ecitoninae genera (*Labidus*, *Nomamyrmex* and *Eciton*) were recorded. Caterpillars dominated *L. praedator* diet composition. Weed's flowers and diaspores and tree's fruits aril and flesh were also transported items. One colony stopped foraging activity after intense rainfall and discrete groups of hundreds of *L. praedator* ants grouped under areas covered by vegetation. Groups of smooth-billed anim birds, polistine wasps and sarcophagid flies followed *L. Praedator* swarm fronts. We discuss the importance of landscape structure for agroecosystems colonization by Ecitoninae and the existence of chemical opportunism between army ants (3). To the contrary to myrmecophyte Pima Creole cotton (*G. barbadense*), commercial domesticated cotton varieties (*G. hirsutum* var. *latifolium*) seems has lost the EFN attractiveness to ants because of the varietal breeding for increase cotton productivity. Still, in some low-input, semi-perennial or multiple cropping cotton systems ants can play an important contribution as a major mortality factor of pests (4). **Key words:** community structure, Disturbance, Habitat complexity, *L. praedator*, Predation

CAPÍTULO 1 - DESCRIÇÃO DO SISTEMA MULTITRÓFICO: ALGODOEIRO, HERBÍVOROS E INIMIGOS NATURAIS

Agroecossistemas multitróficos

Os agroecossistemas freqüentemente possuem mais de três níveis tróficos (planta, herbívoros, predadores e parasitóides, e eventualmente, agentes de hiperparasitismo e de predação intraguilda). As cascatas tróficas *top-down* constituem a base teórica do controle biológico e descrevem uma redução indireta nos danos a uma planta cultivada em razão dos efeitos supressivos dos inimigos naturais sobre as populações de herbívoros-pragas, impedindo que as populações das pragas alcancem o nível econômico de dano (Dyer & Leatorneau 1999, Costamagna *et al.* 2007).

Além das relações tróficas diretas e indiretas, as interações entre animais e plantas também incluem aspectos de história natural das espécies relacionadas. Esse conjunto de informações ecológicas das espécies mais abundantes de agroecossistemas específicos deve ser bem conhecido para que questões mais precisas sejam formuladas e experimentos mais realistas sejam planejados e interpretados (Polis *et al.* 1998). Uma agricultura menos dependente de insumos industriais e de energia só será possível quando conhecimentos de comportamento dos organismos e da estrutura e dinâmica das comunidades permitirem o aperfeiçoamento das estratégias de manejo dos agroecossistemas. A construção desse conhecimento deve considerar escalas espaciais (solo, planta e paisagem) e temporais (fases fenológicas da planta, idade da planta, estação do ano) bem como as práticas culturais inerentes a sistemas de cultivo com diferentes intensidades de manejo (Tabela 1.1).

O algodoeiro (*Gossypium* spp. Malvaceae)

O algodoeiro é uma dicotiledônea pertencente ao gênero *Gossypium* com hábito herbáceo-arbustivo. Existem quatro táxons dessa planta no Brasil: 1) a espécie selvagem endêmica *G. mustelinum* Mier de. ex Seem. chamada de algodão brabo, encontrada em Caicó (RN), Macurerê (BA) e Caraíba (BA) no semi-árido nordestino; 2) a espécie asselvajada *G. barbadense* L. conhecida como quebradinho ou rim-de-boi, encontrada nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste e cultivada principalmente em áreas indígenas e em fundo de quintal com propósito medicinal; 3) *G. hirsutum* L. var. *marie galante* (Watt) Hutchinson chamada de Algodão mocó arbóreo, típica do semi-árido nordestino, decadente a partir da introdução do

bicudo nos anos 80; e 4) *G. hirsutum* L. var. *latifolium* ou algodão herbáceo de fibra média, amplamente distribuída com variedades adaptadas para as diferentes regiões produtoras no Brasil (Silva 2004).

A expansão do algodoeiro herbáceo pode comprometer a variabilidade existente devido aos efeitos do fluxo gênico sobre as variedades crioulas nos centros de origem do algodoeiro brabo e de variabilidade secundária do quebradinho e mocó) no Brasil (Almeida 2007). A conservação dessa diversidade genética é importante porque traços de resistência a pragas e de coloração de fibra estão presentes nas variedades silvestres ou asselvajadas (Beltrão 1999).

O desenvolvimento do algodoeiro é caracterizado por quatro fases fenológicas: vegetativa – V_n ; formação e maturação de botões florais - B_n ; abertura de flores - F_n ; e abertura de capulhos – C_n (Marur & Ruano 2001) [Prancha 1]. Durante a maior parte do seu ciclo, dos 50 aos 120 dias após a emergência, há diversos eventos ocorrendo simultaneamente (Figura 1.1). As principais práticas culturais e os períodos críticos de ocorrência de pragas associados ao algodoeiro, considerando as fases fenológicas da planta, foram registrados na escala do algodoeiro (Figura 1.2).

Apesar de ser considerada planta de ciclo de crescimento anual, o algodoeiro é uma planta perene, que possui um ciclo de crescimento indeterminado. Assim, desde que haja condições favoráveis de umidade e temperatura, as plantas abandonadas após processos como a produção de fibras, a dessecação e a poda, continuam a crescer e a emitir estruturas reprodutivas. Com a rebrota¹ do algodoeiro, há uma recolonização prematura nas safras seguintes por algumas pragas que entram em diapausa ou quiescência ou usam as plantas abandonadas como refúgio (Beltrão *et al.* 1997). Por outro lado, estudos recentes mostram que a poda acima de 20 cm de altura [Prancha 2], mesmo que realizada no algodoeiro herbáceo, é efetiva em reduzir densidades de pragas-chaves, além de possibilitar o incremento da produção (Soares *et al.* 2007).

Trata-se de uma planta com elevada complexidade morfofisiológica, apresentando dois tipos de ramos (vegetativo e reprodutivo), três tipos de folha (prófilo, folha do ramo e folha do fruto) e, pelo menos, duas gemas em cada nó frutífero, podendo compensar a perda de estruturas reprodutivas (Beltrão 1999). Seu fruto é uma cápsula deiscente, chamado de maçã quando está em crescimento, e quando se abre com a pluma, de capulho. A queda ou abscisão de até 60 % das estruturas reprodutivas (*shedding*) é uma estratégia adaptativa baseada na produção supérflua dessas estruturas para compensar os riscos de instabilidade

¹ Rebrota: Plantas e ramos surgidos de gemas dos restos culturais após a roçada ou a poda.

climática e de danos por herbívoros ou patógenos (Pereira *et al.* 2004).

O Algodoeiro apresenta defesas diretas e indiretas contra herbívoros dentre as quais glândulas de gossipol e tricomas em todos os órgãos da planta e a produção de néctar extrafloral e de compostos voláteis (Arimura *et al.* 2005, Soares *et al.* 2005). O gossipol é um terpeno tóxico único da tribo Gossypieae que protege o algodoeiro das pragas [Prancha 3].

Os nectários extraflorais (NEF) do algodoeiro estão situados nas brácteas florais, situados na base do cálice, e nas nervuras foliares principais [Prancha 4]. O volume de produção de néctar é muito maior nos NEF bracteais (Wrackers & Bonifay 2004). Pode haver aumento constitutivo da produção de néctar a partir da maturação das estruturas reprodutivas ou induzido em resposta a herbivoria (Rudgers & Gardener 2004). Diversos estudos mostram que os NEF podem mediar à redução de danos por herbívoros as estruturas das plantas ao provocarem um aumento na densidade de formigas patrulhando as plantas (Oliveira *et al.* 1999). Ou seja, os NEF podem proteger indiretamente a planta contra o ataque de herbívoros.

A redução da concentração de gossipol nas variedades chamadas *glandless*, permitiu o aproveitamento das sementes do algodoeiro na alimentação. Contudo, tais variedades tornaram-se muito mais suscetíveis a danos por herbívoros. Hoje se busca o desenvolvimento de variedades sem gossipol apenas nas sementes (Sunilkumar *et al.* 2006). Já variedades *nectariless* – que produzem menos néctar – são resistentes a algumas pragas e os programas de melhoramento levaram principalmente esse fato em conta.

A quantidade de NEF do algodoeiro parece ter evoluído independentemente, não sendo um traço afetado pelo balanço (*trade-off*) existente entre a expressão das diversas defesas diretas do algodoeiro (Rudgers *et al.* 2004). Isso abre possibilidade de desenvolvimento de variedades que integram uma maior produção de néctar, levando a um provável incremento no controle biológico, com traços morfológicos de resistência (Coloração vermelha, bráctea frego, folha okra, etc.) do algodoeiro.

Herbívoros ou pragas-chaves do algodoeiro

Apesar de mais de uma centena de herbívoros se alimentarem do algodoeiro (Sujii *et al.* 2006), menos de uma dezena de espécies pode adquirir o status de pragas principais na região central do Brasil, dentre as quais: 1) o pulgão (*Aphis gossypii* Glover) [Hemiptera: Aphididae]; 2) o bicudo (*Anthonomus grandis* Boheman) [Coleoptera: Curculionidae]; e 3) algumas espécies de lagartas (complexo *Spodoptera spp.*, *Alabama argillacea* e *Heliothis spp.*) [Lepidoptera: Noctuidae] (Fontes *et al.* 2006). Essas pragas têm em comum tempo de

desenvolvimento curto, alta capacidade reprodutiva por fêmea, capacidade de colonizar rapidamente áreas extensas, múltiplas plantas hospedeiras bem como um histórico de evolução da resistência a inseticidas (Martinelli & Omoto 2006).

A presença do herbívoro, por si só, não faz dele uma praga. Este só deve ser considerado praga quando sua população alcançar o nível econômico de dano² (New 2002). Técnicas simples e diretas de amostragem de artrópodes e doenças associados ao algodoeiro são importantes ferramentas no MIP³ (Alves & Serikawa 2006, Bastos *et al.* 2006, Miranda 2006a, Pereira *et al.* 2006, Saran & Santos 2007, Silvie *et al.* 2007a), pois as estimativas populacionais de pragas, regularmente monitoradas, orientam as decisões de controle.

O bicudo *A.grandis* causou a crise da cotonicultura brasileira nos anos 80, uma vez que como espécie invasora, era menos suscetível a inimigos naturais e às tecnologias de controle disponíveis aquela época. Aspectos como o crescimento das suas fases jovens dentro das estruturas reprodutivas, o uso de refúgios no cerrado na entressafra e a grande capacidade de dispersão explicam seu *status* de praga-chave. Bastos *et al.* (2005) fazem uma revisão sobre sua biologia, danos, amostragem e táticas de controle. Ribeiro (2007) discute os padrões de dispersão, as estratégias de uso de recursos alimentares e de progressão de danos por *A. grandis* no Distrito Federal.

A lagarta-militar, cuja espécie mais conhecida é *Spodoptera frugiperda*, tem se tornado uma praga séria e persistente devido ao uso excessivo e inadequado de inseticidas (em especial do grupo dos piretróides), ao plantio próximo ou em sucessão a gramíneas hospedeiras (como milho, milheto e sorgo) bem como ao clima favorável quente e seco do Centro-Oeste (Miranda 2006b). Além disso, quando o “dossel” do algodoeiro se fecha, populações de lagartas jovens ficam concentradas em áreas de exposição muito pequena na superfície inferior das folhas, podendo escapar ao controle químico. *S. eridanea* junto com *S. cosmioides* são pragas mais recentes do algodoeiro na região de cerrado.

As lagartas do complexo *Spodoptera* spp. avançam e se alimentam agrupadas até o 2º instar como um exército (daí o nome lagarta militar). Dispersam-se no 3º instar usando teias. As lagartas pequenas e médias, geralmente raspam a epiderme das brácteas dos botões florais, flores e maçãs antes de perfurarem estas estruturas. As pré-pupas procuram um abrigo a cerca de dois centímetros abaixo da superfície do solo, onde constroem uma célula pupal com seda

² Nível Econômico de Dano (NED): a mais baixa densidade de população de uma praga que resulta em dano econômico, ou seja, uma quantidade de dano que justifica o custo de medidas de controle e o uso imediato dessas medidas pelo produtores (Stern *et al.* 1959 *apud* Pedigo 1996).

³ Manejo Integrado de Pragas (MIP): É um sistema de suporte a decisão para seleção e uso de táticas de controle de pragas, pontualmente ou coordenadas harmoniosamente em uma estratégia de manejo, baseado em análises de custo benefício que leva em conta interesses e impactos sobre produtores, sociedade e ambiente (Kogan 1998).

e partículas do solo, antes de empupar. O estado de pupa pode durar cerca de dez dias.

Os pulgões do algodoeiro *A. gossypii* iniciam o ataque em áreas localizadas dessa cultura (chamadas de reboleiras), a partir da colonização de alados migrantes. Suas colônias geralmente ficam na face abaxial das folhas (principalmente do ponteiro), brotos e tecidos tenros do algodoeiro (Herzog e Fernandes 2007). Como vetores de doenças podem causar sérios danos às plantas suscetíveis a viroses.

O potencial de crescimento populacional dos pulgões *A. gossypii* pode tornar-se acentuado pelo regime de adubação do solo (Cisneros & Godfrey 2001) e pelo desenvolvimento de resistência a vários grupos de inseticidas (Rodrigues *et al.* 2001).

Contudo, o uso funcional da ocorrência do pulgão, não como praga, mas como alimento para inimigos naturais deveria ser um dos componentes primordiais para o MIP do algodoeiro, já que a sua presença possibilita a manutenção e o acúmulo dos inimigos naturais (Soares *et al.* 2007).

Inimigos naturais dos herbívoros do algodoeiro

Dentre as diversas assembléias de inimigos naturais (aranhas, coleópteros, micro-himenópteros, crisopídeos, etc.) associadas ao algodoeiro (Bastos & Torres 2003, Pires *et al.* 2003, Evangelista Junior *et al.* 2006, Saran *et al.* 2007, Silvie *et al.* 2007b) parecem ser os inimigos naturais mais abundantes na parte aérea do algodoeiro: os predadores de pulgões da família Coccinelidae (*Cycloneda sanguinea* e *Scymnus* sp.); as moscas das famílias Dolichopodidae (*Condylostylus* sp) e Syrphidae; e o parasitóide de lagartas Tachinidae (Sujii *et al.* 2007). Já no solo, as formigas são um dos grupos dominantes dentre os invertebrados predadores epigéicos nos agroecossistemas (Smeeding & Snoo 2003) e os inimigos principais de pragas de Lepidoptera e Coleoptera (Fowler *et al.* 1991).

Algumas características das formigas predadoras as tornam potenciais agentes de controle biológico natural de pragas: populações relativamente estáveis; sistemas de recrutamento rápido; eficiência e resposta a variações na densidade de recursos; versatilidade, com forrageio em diferentes habitats ou estratos; abundância e biomassa elevadas; repelência a certas pragas (Risch e Carrol 1982, Way & Khoo 1992); e capacidade de re-estabelecimento, parcial ou completo, após o distúrbio por algumas espécies ou grupos ecológicos (Andersen & Majer 2004). Os primeiros estudos nos Estados Unidos apontaram *Solenopsis invicta* (Myrmicinae: Solenopsidini), a formiga lava-pé, como um predador benéfico de pragas do algodoeiro (Fillman & Sterling 1985).

Outras características das formigas, como o fato de serem predadoras generalistas e protetoras de agregações de pulgões podem atrapalhar o controle biológico. Assim, o papel delas não necessariamente será economicamente benéfico. Estudos mais recentes apresentam algumas limitações do uso de *S. invicta* como agente de controle biológico nos Estados Unidos porque esta espécie pode:

1 - Interferir negativamente sobre o controle biológico natural efetuado por assembléias de outros inimigos naturais ao consumir predadores e parasitóides num fenômeno chamado de predação intraguildd (Eubanks *et al.* 2002);

2 - Se tornar uma praga que danifica diversos órgãos vegetais (Stewart & Vinson 1991);

3 - Favorecer a sobrevivência e adensamento do hemíptero *A. gossypi* e o alcance do NED através de proteção desse recurso e da interferência sobre outros predadores (Kaplan & Eubanks 2002) e, desse modo, aumentar a chance de perdas significativas;

4 - Reduzir a diversidade de formigas nativas por exclusão competitiva (Ipser & Gardner 2004);

5 - Causar reações alérgicas adversas (Klotz *et al.* 2005), eventualmente fatais, se medidas de proteção pessoal adequadas, como o uso de meias grossas de algodão, não forem tomadas (Goddard 2005).

O papel das formigas no controle biológico conservativo

Fowler *et al.* (1991) sugerem um esquema para um programa de controle de pragas utilizando formigas predadoras composto pelas seguintes etapas:

1. Conhecimento da biologia das pragas e das suas interações com a cultura, componente geralmente mais visado nos estudos de controle biológico e descrito na literatura;

2. Identificar as espécies de formigas dominantes do agroecossistema e avaliar o seu potencial para atuarem como agentes controladores de pragas, com base no conhecimento preciso da bioecologia da espécie potencialmente benéfica;

3. Conhecer as interações entre a espécie benéfica de formiga e as diferentes fases ou estágios do ciclo de vida da praga [Prancha 05]. Estes estágios apresentariam uma suscetibilidade diferenciada ao controle natural por predação e/ou por alteração do comportamento;

Em adição é extremamente importante:

4. Conhecer os efeitos adversos, neutros ou positivos das práticas culturais (físicas, químicas e biológicas) dos sistemas de cultivo sobre a dinâmica e a estrutura de comunidades de formigas. Ou seja, comparar os efeitos da adoção de diferentes práticas⁴ de manejo cultural sobre a estruturação das comunidades de formigas. Para isso, se faz necessária a caracterização dos componentes dos regimes de perturbação (tipo, intensidade, frequência e duração) associados a diferentes sistemas de cultivo;

5. Conhecer a importância relativa das interações entre as formigas e a planta e a sua dinâmica no espaço e no tempo. Nestas interações, as plantas ofertam recompensas, às formigas de modo direto, por meio da secreção de néctar extrafloral, ou indireto, pela secreção do exsudado dos hemípteros (Heil & McKey 2003). Além dessas recompensas, ainda existe um conjunto de artrópodes - herbívoros e predadores - sobre as plantas, que pode ser explorado pelas formigas.

6. Conhecer o tipo e a força da interação entre as formigas, defensoras de recursos nas plantas, e os outros inimigos naturais das pragas, quando estes são abundantes e eficientes no controle de pragas (e.g., coccinelídeos, sírfídeos e crisopídeos no algodoeiro) menos vulneráveis às formigas como hemípteros sugadores (e.g., *A. gossypii*).

Concluídas essas etapas de estudo, é possível especular se o efeito econômico da atividade das formigas dominantes ou mais agressivas em um determinado sistema de cultivo, ou conjunto de práticas culturais adotadas, seria negativo, neutro ou positivo.

Quando as formigas interferem no comportamento ou na sobrevivência dos herbívoros, reduzindo o dano que estes causam a planta, tem-se um efeito protetor. Já quando a presença das formigas implica em maior crescimento e/ou reprodução da planta há um efeito benéfico. Nem sempre um efeito protetor⁵ contra a herbivoria está associado a um efeito benéfico, que aumenta o *fitness* da planta (De la Fuente & Marquis 1999). Por exemplo, pode não haver uma maior produção de frutos (efeito benéfico) mesmo com altos níveis de agressão por formigas se a atividade de patrulhamento (efeito protetor) se concentrar nas folhas (Palmer & Brody 2007). A proteção conferida por formigas contra herbívoros de pequi também não resulta em maior produção de frutos ou sementes por parte das plantas (Oliveira 1997).

Finalmente, caso se mostre economicamente favorável e tecnicamente viável, colônias

⁴ Ou seja, do revolvimento do solo vs. não revolvimento, da aplicação de agroquímicos com seletividade alta vs. baixa, da monocultura vs. diversificação vegetal, da adição vs. remoção de cobertura sobre o solo, etc.

⁵ A existência de proteção de plantas cultivadas perenes por formigas como caju, erva-mate, manga e pêra está mais bem documentada na literatura (Rickson & Rickson 1998, Junqueira *et al.* 2001, Peng & Christian 2004, Mathews *et al.* 2007) que a ocorrência de efeitos benéficos mediados pela presença das formigas.

de formigas predadoras poderiam ser manejadas de modo a otimizar o seu papel na regulação das populações de pragas. É reportado o manejo tradicional de fragmento de ninhos das formigas *Oecophylla smarandigna* em pomares de frutíferas na Ásia (Van Mele 2008) e de *Azteca chartifex sipirit* no sistema de cacau tradicional sombreado pelas árvores mais altas da floresta primária (Delabie 1990). A lógica dessas práticas é que os frutos teriam uma melhor aparência ou menor nível de danos em árvores infestadas por estas formigas, sendo estas, portanto, nessas circunstâncias, agentes protetores destacados das plantas.

Entretanto, há casos de insucesso no controle biológico clássico, como o da introdução de *Ectatomma tuberculatum* para o controle de pragas do algodoeiro (Weber 1946), e riscos de que uma espécie dominante introduzida, como *S. invicta*, adquira o status de invasora forrageando sobre espécies não-alvos. Desse modo, Delabie & Mariano (2000) recomendam a manutenção e o manejo da comunidade de formigas nativas como algo mais realista para os agroecossistemas tropicais perenes e usam como um dos parâmetros valorativos da eficiência das formigas na regulação de pragas a similaridade entre as estruturas de comunidades de formigas desses agroecossistemas e aquelas dos ecossistemas naturais regionais.

O papel das formigas no manejo integrado de pragas do algodoeiro

Embora os manuais de identificação de inimigos naturais raramente tragam imagens ou informações das principais espécies de formigas predadoras e a maior atenção esteja voltada para os inimigos dos gêneros *Trichogramma* [Hymenoptera: Trichogrammatidae] (Parra & Zucchi 2004), *Catolaccus* [Hymenoptera: Pteromalidae] (Ramalho *et al.* 2000) e *Chrysoperla* [Neuroptera: Chrysopidae] (Carvalho *et al.* 2002), diversas associações entre formigas predadoras e pragas do algodoeiro estão documentadas na literatura.

Os ovos e as larvas pequenas de Lepidoptera são mais sensíveis a predação por formigas (McDaniel & Sterling 1982; Agnew & Sterling 1982, Nuessly & Sterling 1994; McDaniel *et al.* 1981; Ruberson *et al.* 1994) assim como as larvas e os adultos tenerais de bicudos (Fillman & Sterling 1985).

É esperado um aumento na predação dos estágios sésseis (ovos e pupas) de Lepidoptera onde há abundância alta e atividade intensa de forrageamento de formigas predadoras (Seagraves & McPherson 2006).

Com a maturação das estruturas reprodutivas, aberturas ou frestas naturais nos botões e capulhos expõem as pupas e os adultos tenerais de bicudos ao ataque das formigas (Agnew & Sterling 1981).

No semi-árido brasileiro, a dessecação rápida do botão amarronzado caído ao solo, além de ser por si só fator chave de mortalidade natural do bicudo, parece facilitar a localização das fases imaturas de *A. grandis* por formigas predadoras, que recrutam, escavam um orifício com bordas rasgadas ou com contorno irregular, entram no botão e matam larvas e pupas do bicudo (Ramalho *et al.* 1993). No sudeste brasileiro, as formigas *Pheidole* spp. reduzem a população de bicudos que entraria em diapausa ao interceptar os adultos tenerais, imediatamente após a sua emergência dos botões (Fernandes *et al.* 1994).

As interações de formigas com lagartas grandes e mariposas adultas de noctuídeos são menos documentadas e há a possibilidade de que a percepção da presença das formigas altere o comportamento de oviposição dos adultos.

As interações das formigas com os pulgões do algodoeiro são mais complexas. Além do néctar extrafloral e das infestações por herbívoros, o exsudado - ou *honeydew* - expelido por pulgões atrai formigas para a parte aérea do algodoeiro [Prancha 04], que iniciam o patrulhamento das agregações desses hemípteros. Elas contribuem para um maior adensamento dos pulgões. Mas isso não faz necessariamente com que estes alcancem o nível econômico de dano (Diaz Galagarra 2003). Não está claro se as formigas poderiam transportar os pulgões entre os ramos de uma planta ou entre as plantas de uma área cultivada. Ou Mesmo, se consomem pulgões em resposta a um aporte extra de açúcar na sua dieta.

Eventualmente, as estruturas vegetativas ou reprodutivas da planta poderiam receber alguma proteção indireta em função do exsudado de pulgões e da produção de néctar. Estas substâncias podem induzir um aumento da atividade de remoção/consumo de artrópodes não voadores (e.g., lagartas por formigas predadoras). Já espécies voadoras de herbívoros podem ser influenciadas por meio de respostas não tróficas ou comportamentais ao ataque de formigas (Rudgers *et al.* 2003, Kaplan & Eubanks 2005).

Está documentada que a presença de *S. invicta* atraída por pulgões só será vantajosa para a planta quando houver altas densidades de lagartas (Stirky & Eubanks 2007). Contudo, essa interação entre formigas predadoras e pulgões pode ser mais fraca e menos freqüente no Brasil devido a menores densidades de *S. invicta*. Esta espécie aqui não tem o *status* e nem as características de invasora como nos Estados Unidos, onde foi realizada a maior parte dos estudos com este e outros sistemas multitróficos (Lach 2003).

Os objetivos gerais desse trabalho são:

1. Caracterizar as assembléias de formigas predadoras encontradas em duas espécies de algodoeiro (domesticado *G. hirsutum* e asselvajado *G. barbadense*) e em solos submetidos a diferentes práticas de manejo cultural (inseticidas, aração, adição de cobertura morta, etc);

2. Discutir as implicações da estrutura de comunidades de formigas predadoras sobre a pressão de predação por formigas, ou potencial de controle biológico natural, na fase reprodutiva do algodoeiro;
3. Descrever dieta e interações interespecíficas da espécie *Labidus praedator* F. Smith (Formicidae: Ecitoninae) em uma das áreas estudadas.

Existem diversos sistemas de cultivo de algodoeiro no Brasil. Como situações extremas, há policultura com a planta permanecendo no sistema por mais de um ano, desenvolvido por agricultores familiares descapitalizados em pequenas áreas e com baixas produtividades e os sistemas altamente dependentes de insumos industriais com altíssimas produtividades. As escalas de produção e o nível de emprego de tecnologias são bem diferenciados (Tabela 1.1.). Nos sistemas extensivos, o algodoeiro é uma planta de ciclo de crescimento anual, enquanto em áreas pequenas a mesma população de plantas pode permanecer em campo, com ou sem poda, por mais de um ano (Beltrão & Cardoso 2004).

A região central do Brasil hoje concentra 90% da produção nacional de algodão. No centro-oeste predomina grandes extensões com cultivo de algodoeiro irrigado de alta tecnologia, via pivô central com produtividades de até mais de 2000 Kg de fibra/hectare. Nessa região, o algodoeiro é semeado em novembro e em dezembro e colhido de maio a agosto. O ciclo do crescimento do algodão dura de 150 dias a 180 dias. De maio a setembro, o frio e a escassez de chuvas impedem o cultivo do algodão (Fontes *et al.* 2006).

Paralelamente, ocorre a expansão crescente dos sistemas de Plantio Direto, que combinam rotação de culturas e formação de *mulch*⁶, onde o algodoeiro é sucedido por soja, milho e, eventualmente, por outras culturas de inverno formadoras de palha - milho, braquiária, crotalária, sorgo, etc. (Saturnino 2001).

Os sistemas de produção de algodoeiro em expansão são aqueles que adotam variedades de algodoeiro de maturação precoce⁷, de fibras coloridas⁸ (Beltrão 2004), transgênicas resistentes⁹ a algumas pragas (Santos 2007). Esses sistemas demandam estudos para viabilizar o aperfeiçoamento das estratégias de MIP. (Figura 1.3)

Esta cultura está sujeita a altos riscos econômicos derivados de um complexo de pragas, ervas infestantes e doenças. Isso torna necessário o controle químico das pragas que pode ter conseqüências indesejadas, como a contaminação dos trabalhadores e a poluição ambiental. Além disso, como efeitos secundários do controle químico, há a aceleração da evolução da resistência de herbívoros aos agroquímicos e a redução da densidade e da

⁷ CNPA Precoc 1, CNPA 7H, 7MH, CNPA e CNPA SM; ⁶ BRS 200 Marrom, BRS Verde, BRS Safira e BRS Rubi; ⁷DP90B e NU Opal: curuquerê, a lagarta-das-maçãs e a lagarta-rosada por expressarem a proteína Cry 1AC, derivado do *Bacillus thuringiensis* subes. *kurstaki* (Btk)

⁸ Restos culturais colocados sobre o solo para: proteger o solo da erosão, reduzir problemas com pragas, limitar a perda de nitrato e /ou controlar o crescimento de infestantes. Na maioria dos casos, uma cobertura de inverno é dessecada com herbicidas ou cortada antes que a cultura de verão seja plantada, deixando resíduos (e.g., colmos e palha do milho, etc.) sobre a superfície do solo.

diversidade de inimigos naturais, o que transforma pragas de importância secundária (afídeos e lagartas) em pragas principais. Mesmo com estratégias de manejo de resistência no uso de agroquímicos, as perdas de colheita são da ordem de 30%. Há duas estratégias para o manejo de pragas. Uma objetiva a erradicação da principal praga, o bicudo, enquanto a outra, o MIP, tenta manter a população da praga a população da praga abaixo do nível econômico de dano (NED) através de estratégias adicionais ao controle químico (Deguine et al. 2008).

O período crítico de competição com plantas infestantes se dá entre os 15 e 70 dias após a emergência do algodoeiro. Nesse intervalo, o controle de das ervas infestantes deve ser executado (Christoffoleti *et al.* 2007). A suscetibilidade a insetos pragas e ácaros ocorre durante todo o ciclo da cultura, havendo pragas tipicamente iniciais (insetos brocadores, sugadores e desfolhadores), intermediárias (insetos desfolhadores, picadores-sugadores e especializados de estruturas reprodutivas, além de ácaros) e finais (insetos sugadores de sementes), que podem provocar danos aos órgãos vegetativos (folhas, gemas, raízes) e reprodutivos (botões florais, flores, frutos e sementes). No Brasil Central, para garantir o retorno econômico desse cultivo, podem ser realizadas de 12 a 16 aplicações de agrotóxicos (Miranda 2005) e até quatro de herbicidas, ao longo de um ciclo dessa cultura.

Se, por um lado, o elevado número de pulverizações tem garantido retorno econômico imediato, no médio e longo prazo pode aumentar os custos de produção, reduzir a rentabilidade líquida e, até mesmo, comprometer a viabilidade econômica do cultivo convencional do algodão (Gliessman 2001, Altieri 2002). Em estudos realizados nos Estados Unidos, os custos das aplicações excessivas de inseticidas não garantiram um controle adequado de pragas do algodoeiro devido à evolução da resistência das pragas aos agroquímicos usados (organoclorados, organofosforados e aos carbamatos) e levaram a uma crise de produção com a redução da rentabilidade líquida e da área cultivada nos Estados Unidos (Meltcalf 1986).

O número de capulhos é o mais importante e significativo componente de produção do algodoeiro, e depende fundamentalmente dos frutos dos ramos do baixeiro e do terço médio das plantas. O número de capulhos por planta e o peso de um capulho decrescem em maiores densidades tanto no algodoeiro branco quanto no colorido (Silva et al. 2003).

O algodoeiro tem destaque socioeconômico devido à extensão das áreas ocupadas, a forte dependência de insumos industriais - ou de mão-de-obra familiar - e a alta rentabilidade. Dele de tudo se aproveita, mas principalmente das suas fibras para confecção de tecidos e das sementes para ração animal ou produção de biocombustíveis (Freire 2006).

Referências Bibliográficas

- Agnew, C.W. & Sterling, W.L. 1981. Predation of boll weevils [Coleoptera, Curculionidae] in partially open cotton bolls by the red imported fire ant Hymenoptera, Formicidae. *Southwestern Entomologist* 6: 215-219.
- Agnew, C.W. & Sterling, W.L. 1982. Predation rates of the red imported fire ant on eggs of the tobacco budworm. *Protection Ecology* 4: 151-158.
- Almeida, V.C. 2007. Caracterização genética e *in situ* de *Gossypium barbadense* na região Norte do Brasil. Natal, RN. 67 p. il. Dissertação de mestrado em Genética e Biologia Molecular – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, UFRN.
- Altieri, M.A. 2002. Agroecologia – bases científicas para uma agricultura sustentável Guaíba: AS-PTA/Agropecuária.
- Alves, A.P. & Serikawa, R.H. 2006. Controle químico de pragas do algodoeiro. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras* 10 (3): 1197-1209
- Andersen, A.N. & Majer, J.D. 2004. Ants show the way down under: invertebrates as bioindicators in land management. *Frontiers in Ecology and Environment* 2(6): 291-298.
- Arimura, G.; Kost, C. & Boland, T. W. 2005. Herbivore-induced, indirect plant defences. *Biochimica et Biophysica Acta* 1734: 91– 111
- Bastos, C.S.; Pereira, M.J.B.; Takizawa, E.K.; Ohl, G. & Aquino, V.R. 2005. Bicudo do algodoeiro: identificação, biologia, amostragem e táticas de controle. Circular Técnica nº 79 Embrapa CNPA, Campina Grande.
- Bastos, C.S.; Picanço, M.C. & Silva, T.B.M. 2006. Sistemas de amostragem e tomada de decisão no manejo integrado de pragas do algodoeiro. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras* 10: 1119-1146.
- Bastos, C.S. & Torres, J.B. 2003. Controle Biológico como opção no manejo de pragas do algodoeiro. Embrapa CNPA Circular técnica 72 Campina Grande, PB.
- Beltrão, N.E.M. 1999. O agronegócio do algodão no Brasil. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. 2v.
- Beltrão, N.E.M. 2004. Algodão colorido no Brasil e no mundo. In: N.E.M. Beltrão; A. E. de Araújo. (Org.). Algodão, o produtor pergunta, a Embrapa responde. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, (Coleção 500 perguntas, 500 respostas). Cap.XX, p. 239-257
- Beltrão, N.E.M. & Cardoso, G.D. 2004. Aspectos gerais da cotonicultura brasileira: tipificação de produtores e tamanho das propriedades. *Bahia Agrícola* 6 (2): 7-10
- Beltrão, N.E. M.; Magalhães, C.N. & Vasconcelos, O. 1997. Deve-se ou não utilizar o algodão no 2º ano do seu ciclo (vulgar soqueira) tendo o bicudo como praga? Campina Grande: Embrapa Algodão, 1997. 6 p. (Embrapa Algodão. Comunicado Técnico, 59).
- Carvalho, G.A.; Carvalho, C.F.; Souza, B. & Ulhoa, J.L.R. 2002. Seletividade de inseticidas a

- Chrysoperla externa* (Hagen) (Neuroptera: Chrysopidae). *Neotropical Entomology*. 31 (4): 615-621.
- Christoffoleti, P.J.; Moreira, M.S.; Ballaminut, C.E. & Nicolai, M. 2007. Manejo de plantas daninhas na cultura do algodão. In: Algodão no cerrado do Brasil. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, 2007. 918 p.
- Cisneros, J.J. & Godfrey, L.D. 2001. Midseason Pest Status of the Cotton Aphid (Homoptera: Aphididae) in California Cotton: Is Nitrogen a Key Factor? *Environmental Entomology* 30(3): 501-510
- Costamagna, A.C; Landis, D.A., & Difonzo, C.D. 2007. Suppression of soybean aphid by generalist predators results in a trophic cascade in soybeans. *Ecological Applications* 17: 441-451.
- Deguine, J.; Ferron, P. & Russell, D. 2008. Sustainable Pest Management for Cotton Production. A Review. *Agronomy for Sustainable Development* 28: 113-137
- De la Fuente, M.A.S & Marquis, R.J. 1999. The role of ant-tended extrafloral nectaries in the protection and benefit of a Neotropical rainforest tree. *Oecologia* 118:192–202
- Delabie, J. H. C. 1990. The ant problems of cocoa farms in Brazil. In: Vander meer, R. K.; Jaffe, K & Cedeno, A. *Applied myrmecology: a world perspective*.
- Delabie, J.H.C. & Mariano, C.S.F. 2000. Papel das formigas (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) no controle biológico natural das pragas do cacauzeiro na Bahia: síntese e limitações. In: *Proceedings, XIII International Cocoa Research Conference*. Lagos, Nigeria : Cocoa Producer's Alliance. v. 1. p. 725-731.
- Diaz Galarraga, R. R. 2003. Impact of the red imported fire ant upon cotton arthropods. Master's thesis, Texas A&M University.
- Dyer, L.A. & Letourneau, D.K. 1999. Trophic cascades in a complex terrestrial community. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 96:5072-5076.
- Eubanks, M. D.; Blackwell, S. A.; Parrish, C. J.; Delamar, Z.D. & Hull-Sanders, H. 2002. Intraguild predation of beneficial arthropods by red imported fire ants in cotton. *Environmental Entomology* 31:1168-1174.
- Evangelista Junior, W.S.; Zanuncio Junior, J.S. & Zanuncio, J.C. 2006. Controle biológico de artrópodes pragas do algodoeiro com predadores e parasitóides. *Revista de Oleaginosas e Fibras* 10 : 1147-1165.
- Fernandes, W. D.; Oliveira, P. S.; Carvalho, S. L. & Habib, M. E. M.. 1994. Pheidole ants as potential biological control agents of the boll weevil, *Anthonomus grandis* (Col, Curculionidae), in Southeast Brazil. *Journal of Applied Entomology* 118:437-441.
- Fillman, D.A. & Sterling, W.L. 1985. Inaction levels for the Red Imported Fire Ant, *Solenopsis invicta* (Hym, Formicidae) - a predator of the boll weevil, *Anthonomus grandis* (Col, Curculionidae). *Agriculture Ecosystems & Environment* 13:93-102.
- Fontes, E.M.G.; Ramalho, F. de S; Underwood, E.; Barroso, P.A.V.; Simon, M.F.; Sujii, E.R.; Pires,

- C.S.S.; Beltrão, N.; Lucena, W.A. & Freire, E.C.2006. The cotton agricultural context in Brazil. In: Environmental risk assessment of genetically modified organisms: Vol. 2. Methodologies for Assessing Bt Cotton in Brazil (eds. A. Hilbeck *et al.*)
- Fowler, H.G.; Forti, L.C.; Brandão, C.R.F.; Delabie, J.H.C. & Vasconcelos, H.L. 1991. Ecologia nutricional de formigas. In: Panizzi, A.R. & Parra, J.R.P. (eds.), Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas. São Paulo, Editora Manole & CNPq, 359p.
- Freire, R.M.M. 2006. Subprodutos do algodão. In: Beltrão, N. E. M (ed.). Cultivo do algodão herbáceo na agricultura familiar. Embrapa algodão – Sistemas de produção 2º Ed. Disponível em:<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoAgriculturaFamiliar_2ed/subproduto.html> Acesso em: 14 de Março de 2008.
- Gliessman, S.R. 2001. Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável. 2º ed. Porto Alegre : Ed. UFRGS.
- Goddard, J. 2005. Personal protection measures against fire ant attacks. *Annals of Allergy, Asthma, & Immunology* 95(4): 344-349.
- Heil, M. & McKey, D. 2003. Protective ant-plant interactions as model systems in ecological and evolutionary research. *Annual Review of Ecology Evolution and Systematics* 34: 425-453.
- Herzog, T.R.R. & Fernandes, G.M. 2007. Distribuição espacial de *Aphis gossypii* (Glover, 1877) (Hemíptera: Aphididae) em algodoeiro Bt e Convencional. In: VI Congresso Brasileiro do Algodão, 2007, Uberlândia. Anais do VI Congresso Brasileiro do Algodão, 2007.
- Ipsler, R.M. & Wayne, A.G. 2004. A Review of the Scientific Literature on the Biology, Ecology, and Foraging Strategies of Two Invasive Ant Species in North America. *Sociobiology* 44 (3): 485-503
- Junqueira, L.K.; Diehl, E. & Diehl-Fleig, E. 2001. Visitor ants (Hymenoptera: Formicidae) of *Ilex paraguariensis* (Aquifoliaceae). *Neotropical Entomology* 30 (1): 161-164
- Kaplan, I. & Eubanks, M. D. 2002. Disruption of cotton aphid (Homoptera: Aphididae) - Natural enemy dynamics by red imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae). *Environmental Entomology* 31: 1175-1183.
- Kaplan, I. & Eubanks, M. D. 2005. Aphids alter the community-wide impact of fire ants. *Ecology* 86: 1640-1649.
- Klotz, J.H.; Shazo, R.D.; Pinnas, J.L.; Frishman, A.M.; Schmidt, J.O.; Suiter, D.R.; Price, G.W. & Klotz, S.A. 2005. Adverse reactions to ants other than imported fire ants. *Annals of Allergy, Asthma and Immunology* 95 (5): 418-425
- Kogan, M. 1998. Integrated Pest Management: Historical perspectives and contemporary developments. *Annual Review of Entomology* 43: 243-270.
- Lach, L. 2003. Invasive ants: unwanted partners in ant-plant interactions? *Annals of the Missouri Botanical Garden* 90: 91-108.
- Martinelli, S. & Omoto, C. 2006. Resistência de Lepidópteros-Praga a Inseticidas na Cultura do Algodão no Brasil. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras* 10: 1167-1182.

- Marur, C.J. & Ruano, O. 2001. A reference system for determination of developmental stages of upland cotton. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras* 5 (2): 313-317.
- Mathews, C.R.; Brown, M.B. & Bottrell, D.G. 2007. Leaf Extrafloral Nectaries Enhance Biological Control of a Key Economic Pest, *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae), in Peach (Rosales: Rosaceae). *Environmental Entomology* 36(2): 383-389.
- McDaniel, S.G. & Sterling, W.L. 1982. Predation of *Heliothis virescens* (F) eggs on cotton in east Texas. *Environmental Entomology* 11: 60-66.
- McDaniel, S.G.; Sterling, W.L. & Dean, D.A. 1981. Predators of tobacco budworm larvae in Texas cotton. *Southwestern Entomologist* 6: 102-108.
- Meltcaf, R.L. 1986. The ecology of insecticides and the chemical control of insects. In: Kogan, M. Ecological theory and integrated pest management practice. John Wiley & Sons.
- Miranda, J.E. 2005. Controle de lagartas do algodoeiro com o uso de inseticidas biológicos em lavouras irrigadas e seu efeito sobre a produtividade. Campina Grande: Embrapa Algodão. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2005 (Comunicado Técnico).
- Miranda, J.E. 2006a. Manejo Integrado de Pragas do Algodoeiro no Cerrado Brasileiro. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006 (Circular Técnica).
- Miranda, J.E. 2006b. Distribuição vertical de lagartas de *Spodoptera frugiperda* no algodoeiro. Comunicado Técnico nº 277 Embrapa CNPA
- New, T.R. 2002. Pests. In: New, T.R. 2002. Insects and pest management in Australian Agriculture. Oxford University Press. 346 p.
- Nuessly, G.S. & Sterling, W.L. 1994. Mortality of *Helicoverpa zea* (Lepidoptera, Noctuidae) eggs in cotton as a function of oviposition sites, predator species, and desiccation. *Environmental Entomology* 23:1189-1202.
- Oliveira, P.S. 1997. The ecological function of extrafloral nectaries: herbivore deterrence by visiting ants and reproductive output in *Caryocar brasiliense* (Caryocaraceae). *Functional Ecology* 11: 323-330.
- Oliveira, P.S.; Rico-Gray, V.; Diaz-Castelazo, C. & Castillo-Guevara, C. 1999. Interaction between ants, extrafloral nectaries and insect herbivores in Neotropical coastal sand dunes: herbivore deterrence by visiting ants increases fruit set in *Opuntia stricta* (Cactaceae). *Functional Ecology* 13: 623-631.
- Palmer, T.M. & Brody, A.K. 2008. Mutualism as reciprocal exploitation: African plant-ants defend foliar but not reproductive structures. *Ecology* 88: 3004-3011.
- Parra, J.R.P. & Zucchi, R.A. 2004. *Trichogramma* in Brazil: feasibility of use after twenty years of research. *Neotropical Entomology* 33 (3): 271-281.
- Pedigo, L.P. 1996. Economic Thresholds and Economic Injury Levels. In: E. B. Radcliffe and W. D. Hutchison [eds.], *Radcliffe's IPM World Textbook*, University of Minnesota, St. Paul, MN. Available at: <URL: <http://ipmworld.umn.edu/chapters/pedigo.htm>>. Accessed on 15/03/2008.

- Pereira, F.F.; Busoli, A.C. ; Lopez, V.A.G. ; Soares, J.J.; Melo, R.S.; Ferreira, A. 2004. Causas de abscisão e destruição de estruturas reprodutivas de plantas de algodoeiro. *Revista de Oleaginosas e Fibras* 8: 779-784.
- Pereira, M.J.B.; Albuquerque, F.A. & Bastos, C.S. 2006. Pragas do algodoeiro: identificação, biologia e sintomas de ataque. *Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibras* 10(3): 1073-1117.
- Pires, C.S.S; Sujii, E. R. & Fontes, E.M.G. Avaliação ecológica de risco de plantas geneticamente modificadas resistentes a insetos sobre inimigos naturais. In: Pires, C.S.S.; Fontes, E.M.G.; Sujii, E.R.(Org.). *Impacto ecológico de plantas geneticamente modificadas: o algodão resistente a insetos como estudo de caso*. 1 Ed. Brasília: Embrapa, 2003, v. 1, p. 85-115.
- Polis, G.A.; Wise D.H.; Hurd, S.D.; Sanchez-Pinero, F.; Wagner, J.D.; Jackson, C. T. & Barnes J. D. 1998. The interplay between natural history and field experimentation. In: W. Resetarits & J. Bernardo, editors. *Issues and perspectives in experimental ecology*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Ramalho, F.S.; Gonzaga, J.V. & Silva, J.R.B. 1993. Métodos para determinação das causas de mortalidade natural do bicudo do algodoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 28(5): 877-887.
- Ramalho, F.S.; Medeiros, R.S.; Lemos, W.P.; Wanderley, P.A.; Dias, J.M. & Zanuncio, J.C. 2000. Evaluation of *Catolaccus grandis* (Burks) (Hym., Pteromalidae) as a biological control agent against cotton boll weevil. *Journal of Applied Entomology* 124: 359-364.
- Ribeiro, P. de A. 2007. Ecologia do bicudo-do-algodoeiro *Anthonomus grandis* Boheman, 1843 (Coleoptera: Curculionidae) no Cerrado do Brasil Central. 112p. Tese de Doutorado em Ecologia - Universidade de Brasília.
- Rickson, F.R. & Rickson, M.M. 1998. The cashew nut, *Anacardium occidentale* (Anacardiaceae), and its perennial association with ants: extrafloral nectary location and the potential for ant defense. *American Journal of Botany* 85:835–949.
- Risch, S. & Carrol, R.C. 1982. The ecological role of ants in two mexican agroecosystems. *Oecologia* 55:114-119.
- Rodrigues, S.M.M.; Bueno, V.H.P. & Bueno Filho, J.S.S. 2001. Desenvolvimento e avaliação do sistema de criação aberta no controle de *Aphis gossypii* Glover (Hem.: Aphididae) por *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hym.: Aphidiidae) em casa-de-vegetação. *Neotropical Entomology* 30 (3): 433-436.
- Rosolem, C.A. 2007. Fenologia e ecofisiologia no manejo do algodoeiro. In: Freire, E. C. *Algodão no cerrado do Brasil*. Abrapa, Brasília, DF.
- Ruberson, J.R.; Herzog, G.A.; Lambert W.R. & Lewis, W.J. 1994. Management of the beet armyworm (Lepidoptera, Noctuidae) in cotton: Role of natural enemies. *Florida Entomologist* 77: 440-453.
- Rudgers, J.A. & Gardener, M.C. 2004. Extrafloral nectar as a resource mediating multi-species interactions in communities. *Ecology* 86: 1495-1502
- Rudgers, J.A.; Hodgen, J.G. & White, J.W. 2003. Behavioral mechanisms underlie an ant-plant

- mutualism. *Oecologia* 135: 51-59.
- Rudgers, J. A.; Strauss, S. Y. & Wendel, J. F. 2004. Trade-offs among anti-herbivore resistance traits: insights from *Gossypieae* (Malvaceae). *American Journal of Botany* 91: 871-880
- Santos, W.J. Impacto das Cultivares Transgênicas no Manejo de Pragas do Algodoeiro. 2007. In: Farias, F.J.C.; Rodrigues, S.M.M.; Lamas, F.M. (Org.). Tecnologia para o algodoeiro no Cerrado do Mato Grosso. 1 ed. Campina Grande - PB: Embrapa Algodão.
- Saran, P.E. & Santos, W. J. 2007. Manual de pragas do algodoeiro. Campinas-SP: FMC Agrícola.
- Saran, P.E.; Thomazoni, D.; Serra, A.P. & Degrande, P.E. 2007. Manual de Insetos Benéficos do Algodoeiro. Campinas-SP: FMC Agrícola.
- Seagraves, M.P. & McPherson R.M. 2006. Monitoring red imported fire ant (Hymenoptera : Formicidae) foraging behavior and impact on foliage-dwelling arthropods on soybean produced under three ant suppression regimes. *Journal of Entomological Science* 41 (4): 374-384
- Silva, A.S. 2004. Determinação do fluxo gênico entre lavouras de algodão e entre lavouras de algodão e populações naturais de *Gossypium barbadense* visando fornecer subsídios para a liberação de variedades transgênicas de algodão. Relatório Final. Campina Grande, Paraíba. Fundação Parque Tecnológico da Paraíba. Embrapa Algodão. 52 p.
- Silva, M.N.B.; Beltrão, N.E.M.; Dantas, E.S.B.; Cardoso, G.D.; Pereira, J.R. & Gondim, T.M. 2003. População de plantas em algodão colorido BRS 200 em cultivo de sequeiro no Seridó Paraibano, sob manejo orgânico. In: IV Congresso Brasileiro de Algodão, 2003, Goiânia. Algodão: um mercado em expansão. Campina Grande: Embrapa Algodão.
- Silvie, P. ; Belot, J. ; Michel, B. ; Takizawa, E.; Busarello, G.D. & Thomazoni, D. 2007a. Manual de identificação das pragas e seus danos no cultivo do algodão. Cascavel - PR: Gráfica Igol, 2007 Boletim técnico nº 38.
- Silvie, P.; Leroy T.; Michel, B.; Bornier, J.P. & Thomazoni, D. 2007b. Manual de identificação dos inimigos naturais no cultivo do algodão. Cascavel - PR: Gráfica Igol, 2007. Boletim técnico nº 35.
- Smeding, F.W. & Snoo, G.R. 2003. A concept of food-web structure in organic arable farming systems. *Landscape and Urban Planning* 65: 219-236.
- Soares, J.J.; Lara, F.M.; Melo, R.S. & Ferreira, A.M.C. 2005. Perspectivas do uso de variedades resistentes no MIP-Algodão. Campina Grande: Embrapa Algodão. Documentos 141.
- Soares, J.J.; Silva, O.R.R.F. & Beltrão, N.E.M. 2007. Viabilidade da poda em algodoeiro *Gossypium hirsutum* L. no vale do Yuyu-Bahia. In: Resumos do VI Congresso Brasileiro do Algodão, 2007, Urbelândia.
- Stewart, J.W. & Vinson, S.B. 1991. Red imported fire ant damage to commercial cucumber and sunflower plants. *Southwestern Entomologist* 16: 168-170.
- Styrsky, J.D. & Eubanks, M.D. 2007. Ecological consequences of interactions between ants and honeydew-producing insects. *Proceedings of the R. Society of London. Series B, Biological Sciences* 274 (1607): 151-164.

- Sujii, E.R., Beserra, V.A., Ribeiro, P.H., Silva-Santos, P.V., Pires, C.S.S., Schmidt, F.G.V., Fontes, E.M.G. & Laumann, R.A. 2007. Comunidade de inimigos naturais e controle biológico natural do pulgão, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) e do curuquerê, *Alabama argillacea* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do algodoeiro no Distrito Federal. Arquivos do Instituto Biológico 74(4): 329-336.
- Sujii, E.R., Lövei, G.L., Sétamou, M., Silvie, P., Fernandes, M.G., Dubois, G.S.J. & Almeida, R.P. 2006. Non-target and biodiversity impacts on non-target herbivorous pests. p. 133-154. In: Hilbeck, A., Andow, D.A. & Fontes, E.M.G. (Eds) Environmental Risk Assessment of Genetically Modified Organisms Vol. 2: Methodologies for Assessing Bt Cotton in Brazil. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Sunilkumar, G.; Campbell, L.M.; Puckhaber, L.; Stipanovic, R.D. & Rathore, K.S. 2006. From the Cover: Engineering cottonseed for use in human nutrition by tissue-specific reduction of toxic gossypol PNAS 103: 18054 - 18059.
- Van Mele, P. 2008. A historical review of research on the weaver ant *Oecophylla* in biological control. Agricultural and forest Entomology 10: 13-22
- Wackers, F.L & Bonifay, C. 2004. How to be sweet? Extrafloral nectar allocation by *Gossypium hirsutum* fits optimal defense theory predictions. Ecology 85(6): 1512-1518.
- Way, M.J & Khoo, K.C. 1992. Role of ants in pest management. Annual Review of Entomology 37: 479-503.
- Weber, N.A. 1946. Two common ponerine ants of possible economic significance, *Ectatomma tuberculatum* (Olivier) and *E. ruidum* Roger. Proceedings of the Entomological Society of Washington 48: 1-16.

Tabela 1.1. Práticas de manejo e características socioeconômicas associadas a sistemas de cultivo* de algodoeiro dentro um gradiente de intensificação.

Práticas de manejo potencialmente adotadas

Sistema de cultivo agroecológico	Sistema de cultivo extensivo
Adubação orgânica (e.g., esterco, águas residuárias, biofertilizantes, adubo verde, etc)	Adubação nitrogenada
Cobertura morta (e.g., leucena, etc)	Cobertura morta (e.g., palha de milho, milheto, sorgo, etc)
Capina seletiva	Herbicidas
Aplicação de bioinseticidas (extrato de nim, torta de mamona, <i>Bacillus</i>	Pesticidas pouco seletivos
Consórcio com plantas provedoras de pólen e néctar para inimigos naturais (e.g., feijão-macassar?)	Manejo da resistência de pragas a inseticidas (misturas e rotação de princípios ativos)
Liberações inundativas de predadores e parasitóides	
Uso de plantas armadilhas ou plantas iscas (e.g., gergelim, “rabo de raposa” ou “gervão” - <i>Stachytarphetta cayenensis</i> - “pega-pega” ou “amor de velho” - <i>Mentzelia fragili</i>) para o controle da mosca-branca	
Catação e queima de botões florais caídos	
Variedades precoces resistentes ao bicudo	Variedades resistentes a pulgões e lagartas
Monitoramento das populações de bicudo (armadilhas de feromonios, porcentagem de botões infestados) - praga principal	Lagartas, pulgões, bicudos e mosca branca são monitorados
Paisagem heterogênea (milho, mandioca, jerimum, inhame, algodoeiro, feijão e criações de animais etc)	Paisagem homogênea (Soja ou milho ou algodoeiro)
Maiores espaçamentos	Menores espaçamentos
Plantio nas primeiras chuvas	Pivô central e sequeiro
Poda das plantas entre 30 a 40 cm ao final da safra e aproveitamento dos restos culturais pelos animais.	Roçada mecânica, aplicação de herbicidas ou incorporação com grade dos restos culturais
Ciclo semi-perene em sistemas tradicionais (e.g., plantas com até 5 anos)	Ciclo anual
Variedades produtoras de fibra naturalmente colorida	Revolvimento mínimo do solo
Quebra-vento (e.g., leucena, guandu, nim, mandacaru, umarizeira, etc)	Rotação de culturas

Características sócio-econômicas:

Baixo uso de insumos externos insumos de produção própria (sementes, esterco de gado, pó de folhas de nim, etc)	Alto uso de insumos externos (agroquímicos, combustíveis, etc)
alta eficiência energética	baixa eficiência energética
Convivência com as pragas	Erradicação das pragas
Baixas a médias produtividades	Altas produtividades
agricultores familiares com crédito produtivo reduzido	Empresários bem capitalizados
Baixo emprego de tecnologias	Alto emprego de tecnologias
Mão de obra familiar	Alta mecanização
Pequenas propriedades	Áreas extensas
Resgate de práticas e saberes do sistema de cultivo "mocó-seridó".	

*Com base em informações de Lima & Oliveira (2002), Beltrão e Cardoso (2004), Lima (2005), DIACONIA (2006), Fontes et al. 2006 e Freire (2007).

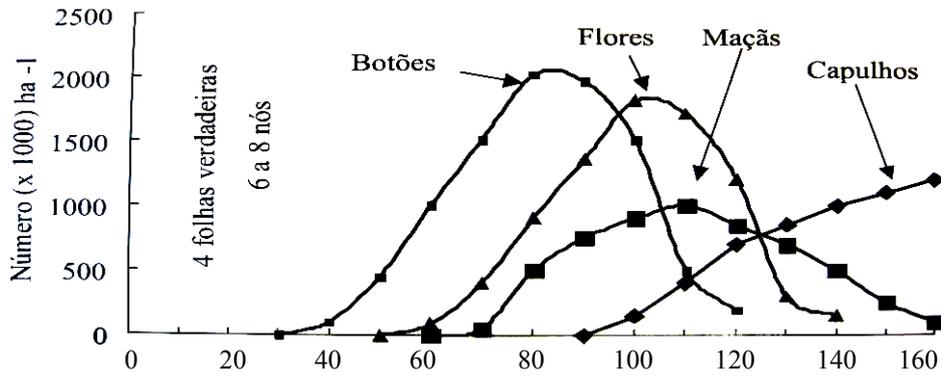


Figura 1.1. Fenologia do algodoeiro: Produção de estruturas reprodutivas x DAE (Dias após a emergência da planta). Note que há diversos eventos ocorrendo simultaneamente (Rosolem 2007). Períodos interessantes para avaliação dos artrópodes associados ao algodoeiro seriam aos 40, 60, 80, 100, 120 e 140 dias após a emergência.

OCORRÊNCIA	ESTÁDIO DE DESENVOLVIMENTO DA CULTURA																												
	V1	V2	V3	V4	V5	Vn	B1	B2	B3	B4	Bn	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	Fn	FC	C1	C2	C3	C4	C5	C6	Cn		
DESBASTE																													
TRIPES																													
BROCA DA RAIZ																													
PULGÃO																													
INÍCIO DE APLICAÇÃO DE REGULADOR DE CRESCIMENTO																													
PRIMEIRA ADUBAÇÃO EM COBERTURA (N ou N+K ₂ O)																													
LAGARTA DA MAÇÃ																													
PERCEVEJOS																													
BICUDO																													
CURUQUERÊ																													
SEGUNDA ADUBAÇÃO EM COBERTURA																													
SPODOPTERA																													
ÁCAROS																													
LAGARTA ROSADA																													
APLICAÇÃO DE MATURADOR E DESFOLHANTE																													

Figura 1.2. Modelo dos principais períodos críticos de ocorrência de pragas e de algumas das práticas culturais na cultura do algodoeiro segundo a escala do algodoeiro (Marur & Ruano 2001).

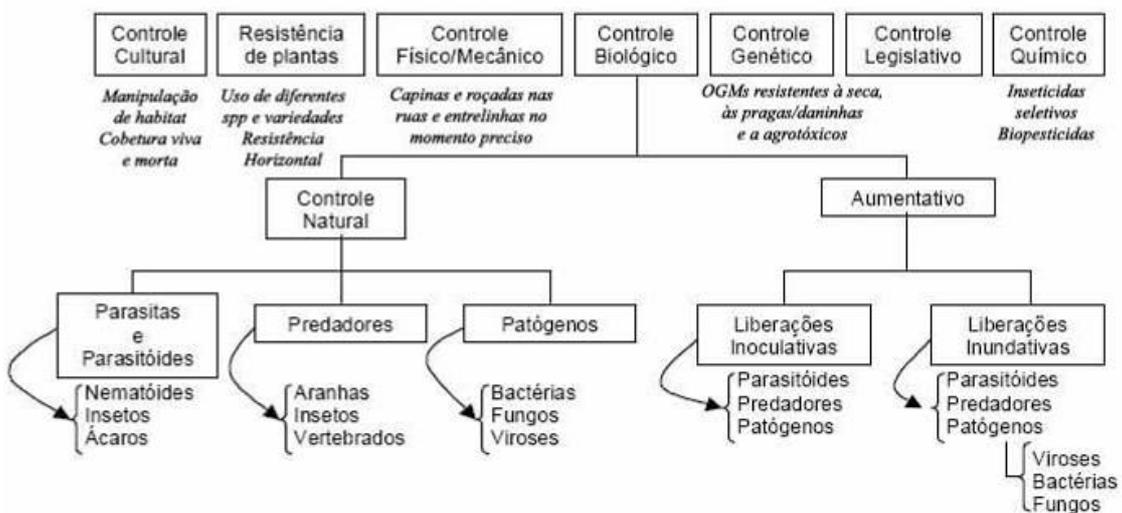


Figura 1.3. Estratégias de MIP com destaque para formas e agentes de controle biológico (Adaptado de Bastos & Torres 2003). O controle natural também é conhecido como conservativo.



PRANCHA 1. FASES FENOLÓGICAS DO ALGODOEIRO

a) Vegetativa (V_n); b) Formação de botões florais sobre os restos de palhada (B_n); c) Formação de flores e desenvolvimento dos frutos (F_n) com o fechamento do dossel e as conseqüentes alterações microclimáticas de temperatura e umidade sobre a superfície do solo; d) Maturação de maçãs e abertura de capulhos (C_n) após uso de desfolhante com acúmulo de resíduos.



PRANCHA 2. SISTEMAS CONSERVACIONISTAS DE PRODUÇÃO DE ALGODOEIRO

- a) algodoeiro *G. hirsutum* de segundo ano, rebrotado após a poda a 20 cm
- b) rebrota de algodoeiro *G. hirsutum* sobre palha seca de Braquiária;
- c) Algodoeiro *G. barbadense* de segundo ano



PRANCHA 3. MORFOLOGIA E ORGANOGRAFIA DO ALGODOEIRO G. BARBADENSE

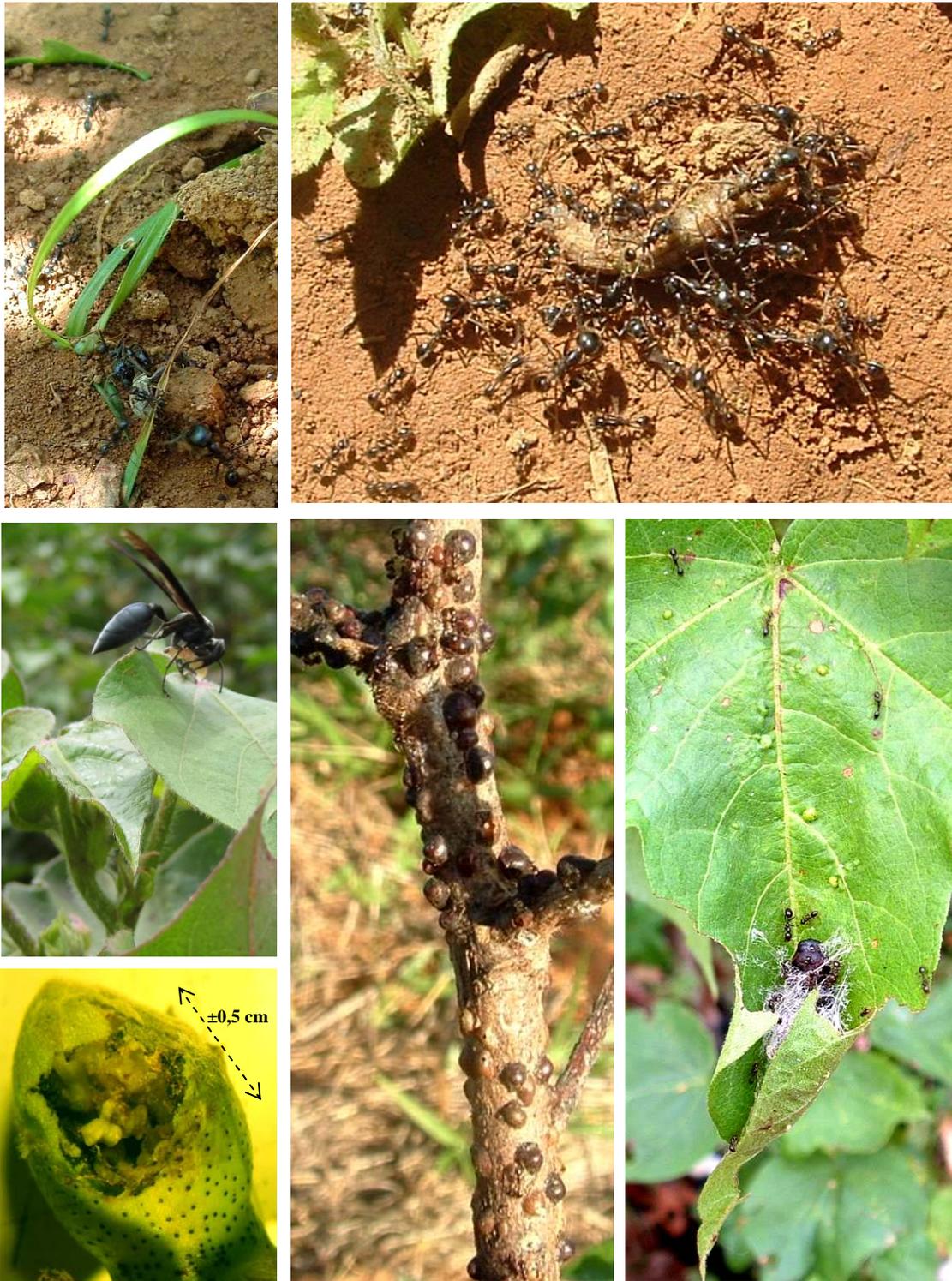
A) Gemas; B) Botão Floral com glândulas de gossipol; C) Capulho sem fibra D) Sementes sem fibra

Editado de Köhler's *Medizinal-Pflanzen in naturgetreuen Abbildungen mit kurz erläuterndem Texte* : Atlas zur Pharmacopoea germanica, 1887



PRANCHA 4. MUTUALISMOS FACULTATIVOS DE PROTEÇÃO ENTRE ALGODOEIRO E FORMIGAS E ENTRE FORMIGAS E HEMÍPTEROS

- a) Coleta de néctar em NEF bracteais em botão floral de algodoeiro por formigas *Pheidole gertrudae*;
- b) Coleta de néctar em nectários extraflorais foliares de *G. barbadense* por *P. gertrudae*;
- c) Proteção de colônia de pulgões em troca de *honeydew* e patrulhamento de *G. hirsutum* do solo ao ponteiro *S. invicta*.



PRANCHA 5. PREDÇÃO DE HERBÍVOROS POR HYMENOPTERA

a) Transporte de bicudo adulto por *Labidus praedator* ; b) Predação em grupo organizada de lagarta-militar por *L. praedator*; c) Predação de larva de bicudo por marimbondo (Vespidae : Polistinae); d) Marca características de predação de fases imaturas de bicudo por marimbondo em botão floral do algodoeiro; e) Patrulhamento de colônia de coccídeos parasitadas em troca de exsudado na fase de formação de capulhos por *S. invicta*; f) Comportamento de guarda de pupa de *Alabama argillacea* por poucas operárias de *S. invicta* por alguns dias até a percepção da maturação do adulto no interior do casulo, quando ocorre o recrutamento.

CAPÍTULO 2 - INFLUÊNCIA DE PRÁTICAS DE CULTIVO DO ALGODOEIRO NA ESTRUTURA DE COMUNIDADES DE FORMIGAS PREDADORAS

ABSTRACT – Predacious ant's diversity, composition, predation pressure and colonization pattern allow to evaluate its potential role as natural enemy of pests. The aims of this study were evaluate how agricultural practices in cotton cropping systems influence ant community structure (e.g., species diversity, dominance, composition and density) in habitats such as soil surface and cotton specie. We sampled diverse cotton and soil management systems using standardized direct sampling surveys and sardine baits grids. Mean bait occupation allowed estimate Predation pressure by ants. NMDS (Non-Metric Dimensional Scale), cluster analysis and diversity t test were used for compare the effects of cultural practices on ant communities. Agrochemicals application, pruning absence and soil tillage reduced richness and density of predacious ant. Greater ant densities occurred on EFN (Extrafloral nectaries) of Creole Pima cotton *G. barbadense*, on EFN of *G. hirsutum* stubble re-sprouting and in mulches on soil. Ant communities dominated by *Pheidole* and *Dorymyrmex*, respectively, were associated to agrochemical and tillage disturbances. In minimal disturbance systems, *Pheidole gertrudae* and *Crematogaster victima* dominated ant communities. In pest-infested systems by Cotton leafworm *Alabama argillacea* or by sunnhemp moth *Utethesia* in *Crotalária juncea* mulch, ant's communities were dominated by *Solenopsis invicta*. Due to disturbance effects on non-target natural enemies, there was a lower ant predation pressure at extensive high yield cotton systems. Aggressive ants occurrence is greater on complex cotton systems (e.g., with permanent soil coverage and myrmecophytes presence) with disturbance reduction. Low-input or semi-perennial cotton systems on Northeast Brazil are ideal for multitrophic studies and require more research effort on plant-insects interactions.

KEY WORDS: Disturbance regime, Pesticides, Herbicides, Tillage, Habitat complexity, *Gossypium barbadense*, Extra-Floral Nectar (EFN), Stubble re-sprouting

Introdução

As formigas são importantes para o funcionamento dos ecossistemas ao executar funções ecológicas como detritívoria, ciclagem de nutrientes, dispersão secundária de sementes, a melhoria da estrutura do solo, a predação de diásporos de ervas infestantes (Folgarait 1998, Altieri 1999). A predação de herbívoros por formigas pode ser aproveitada na agricultura quando o comportamento e a dinâmica populacional das pragas são alterados

devido ao aumento da diversidade e/ou da densidade das formigas (Philpott & Armbrecht 2006, Gove 2007). Contudo, antes de se especular sobre o papel delas como agentes de controle biológico estudos básicos que determinem diversidade, atributos comportamentais, pressão de predação e respostas as práticas de manejo agrícola necessitam ser conduzidos (Altieri & Schimdt 1984). Em termos funcionais, espécies abundantes e constantes ao longo de um ciclo de cultivo apresentariam maior importância ecológica para a funcionalidade do ecossistema (Majer & Recher 1999).

Os herbívoros mais sensíveis a predação por formigas no algodoeiro são os ovos, as larvas pequenas e as pupas de Lepidoptera (Nuessly & Sterling 1994; Ruberson et al. 1994) e larvas, pupas e adultos de bicudos (Fillman & Sterling 1985, Ramalho *et al.* 1993, Fernandes et al. 1994). O controle natural do bicudo principalmente por *Solenopsis invicta* [Formicidae: Myrmicinae] nos Estados Unidos resultou em maiores produtividades que o controle químico. Inimigos naturais combinados com fatores físicos (e.g., dessecação) contribuem com mortalidade de até 100% de ovos e primeiros estágios larvais de bicudo sob condições de campo (Sterling *et al.* 1984).

A densidade e agressividade das formigas dominantes estão condicionadas pela qualidade dos NEF, pelas variações climáticas (Rudgers & Strauss 2004) e pela intensidade das práticas de manejo. Os sistemas de cultivo de algodão existem dentro de um gradiente de intensificação no Brasil (Tabela 1.1). Pode haver uma redução de danos mediada pelas formigas em alguns destes sistemas.

As práticas de cultivo do algodoeiro incluem a forma de preparo do solo e de adubação, as estratégias de controle de praga, o tipo de irrigação e a escolha de variedades. Elas compõem um regime de distúrbio utilizado para assegurar a produção do algodoeiro. Este é composto por intervenções físicas ou químicas, com frequência, intensidade¹⁰ e duração¹¹ variáveis, associadas às práticas de manejo adotadas para os sistemas de cultivo (Figura 2.1).

Há um declínio significativo nas populações de predadores do algodoeiro a partir do início da aplicação de inseticidas de baixa seletividade para controlar populações de lagartas e do bicudo (van Hamburg & Guest 1997). A diversidade de espécies de formigas é quase sempre mais baixa em cultivos que em áreas naturais (Lobry de Bruyn 1999), em decorrência do impacto¹² de práticas agrícolas sobre condições e recursos necessários a grupos mais

¹⁰Nível de seletividade de praguicidas. A seletividade ecológica é obtida pela adoção de técnicas de aplicação que minimizam a exposição do inimigo natural ao inseticida. Já a fisiológica é obtida pelo emprego de compostos que são mais tóxicos às pragas do que aos inimigos naturais.

¹¹ Tempo de toxicidade ou de efeito residual

¹² Agrupamentos funcionais têm sido utilizados para examinar os efeitos das diversas formas de conversão de áreas naturais em antropizadas, permitindo a comparação da resposta aos distúrbios de comunidades de formigas

especializados de formigas. Após aplicações de agroquímicos a abundância e riqueza de formigas predadoras são bastante reduzidas ao menos por três semanas (Guerra *et al.* 1982, Brust *et al.* 1986, Fernandes *et al.* 2000, Ramos *et al.* 2004).

Também há fatores de complexidade de habitat nos sistemas de cultivo. O habitat pode ser pensado como o solo, a planta ou a paisagem circundante que compõe o agroecossistema. Vários trabalhos mostram que a riqueza e a densidade de artrópodes benéficos como carabídeos, formigas e aranhas aumenta com práticas agrícolas que reduzem o revolvimento do solo (Stinner & House 1990, Radford *et al.* 1995, Civinades 2002, Lange *et al.* 2005) ou cobrem o solo com cobertura morta ou viva durante a fase inicial de cultivo (Ali *et al.* 1986, Woolwine & Reagan 2001, Cederbaum *et al.* 2004). Em culturas perenes, a redução ou remoção do sombreamento, reduz a diversidade de formigas predadoras epigéicas e altera a espécie dominante na comunidade (Philpott *et al.* 2006).

Solos cobertos com cultivos secundários consorciados, com infestantes ou com cobertura morta são habitats mais complexos que solo nu após a queima ou aração (Harvey & Eubanks 2004, Santos *et al.* 2007). Plantas com arquitetura mais ramificada e com maior quantidade de recursos alimentares, sob a forma de NEF, também apresentam uma maior complexidade que plantas domesticadas que tiveram a qualidade das suas defesas reduzidas (Castro & Queiroz 1987, Langelloto & Denno 2004, Chen & Welter 2005). Em uma escala maior, paisagens mais heterogêneas são mais complexas que paisagens homogêneas (Tscharrntke *et al.* 2005).

Se complexidade do habitat e os distúrbios influenciam a estrutura e organização de comunidades de formigas (Greenslade & Greenslade 1977), a hipótese desse estudo é que as comunidades de formigas são mais diversas e densas em ambientes menos perturbados e mais complexos. Visando testar esta hipótese três questões científicas foram formuladas:

a) Como práticas dos sistemas de cultivo (e.g., distúrbios e complexidade do habitat) influenciam diversidade, composição de espécies e densidade de formigas sobre as plantas e sobre o solo?

b) Qual a influência da aplicação de praguicidas sobre a pressão de predação por formigas ?

c) Grupos de plantas de 2º ano produzem uma maior quantidade de capulhos por metro linear que plantas de 1º ano sem aplicação de inseticidas?

com composição diferente (Andersen 1995, Hoffman & Andersen 2003). No Brasil foram propostas guildas de formigas para a mata atlântica (Delabie *et al.* 2000) e para o cerrado (Silvestre & Brandão 2003).

Materiais e Métodos

Descrição das áreas de Estudo

EMBRAPA CENARGEN

Plantio experimental de pequena escala (0-1 ha.), situado no município de Brasília (DF), 15°43'44" Sul e 47°54'00" Oeste, a cerca de 1000m de altitude [Prancha A]. Há uma área cultivada com algodoeiro *G. hirsutum* var. *latifolium* irrigado por aspersão e outra pequena área com algodoeiro herbáceo de cultivo de segundo ano. Quer dizer, com rebrota de plantas podadas do ano anterior. Além disso, há algodoeiros *G. barbadense* em casa de vegetação e em campo.

O algodoeiro foi plantado em Dezembro, tendo como bordadura capim braquiária e ervas infestantes. Não foram usados inseticidas no plantio 2006/2007. O roço¹³ eventualmente era realizado, resultando em cobertura morta de braquiária e rebrotas¹⁴ de *G. hirsutum*. Os sistemas de manejo de solo com cobertura morta (crotalária, braquiária e bananeira) foram avaliados nessa área.

COPERBRÁS

Plantio comercial de média escala (1-10 ha.) situado no Núcleo Rural Rio Preto (DF), 15°45'56" Sul e 47° 33'27" Oeste, a cerca de 900 m de altitude [Prancha B]. Nos anos agrícolas de 2004/2005 e 2005/2006 foi plantada soja a partir do início da estação chuvosa. Ao final da sua colheita, o maquinário roçava a área e era aplicado herbicida. Posteriormente, a área era deixada cerca de seis meses em pousio, sendo ocupada principalmente por braquiária e outras ervas infestantes que eram removida com herbicida anteriormente ao novo plantio.

No ano agrícola de 2006/2007 algodão foi plantado em Dezembro. Segundo o produtor Genival inseticidas seletivos são aplicados do plantio até 90 dias após a emergência das plantas e, após esse período, inseticidas a base de piretróides. O solo foi corrigido e adubado com fertilizantes químicos. Para o controle de infestantes herbicidas e capina manual foram utilizados. Os inseticidas e acaricidas de uso mais comum foram: *Diflubenzuron*, *Carbosulfan*, *Malathion*, *Luferunon*, *Abamectin*, *Cypermethrin*, *Diafentiuron*, *Deltametrine*, *Zetametrine*, *Bifenthrin*, *Endosulfan*, *Enxofre*, *Thiametoxam* dentre outros. Na safra de 2007/2008 não houve plantio de algodão.

FAZENDA PAMPLONA

Plantio comercial de grande escala (mais de 10 ha.) situado no município de Cristalina (GO), 16°14'46" Sul e 47°36'43" Oeste, a cerca de 1000m de altitude [Prancha B]. Há sistemas de produção irrigados por sequeiro e por pivô central.

Adota sistemas de plantio direto. Nos talhões sob sequeiro, o algodão é plantado em Novembro e colhido em Maio. Tem como culturas sucessoras soja, milho, nabo forrageiro ou

¹³ Roço: Corte de vegetação e das plantas de algodão rente ao solo, utilizando-se uma roçadeira ou outro implemento agrícola.

braquiária. Nos talhões sob pivô, tanto o tipo de solo quanto as condições meteorológicas determinam a intensidade e a frequência da irrigação. O plantio do algodoeiro é ocorre em Dezembro e a sua colheita em Junho. O algodoeiro do pivô pode ser sucedido por milho, nabo e trigo nesta ordem.

Práticas de revolvimento do solo são evitadas e o controle das rebrotas se dá com herbicidas. O controle das plantas infestantes ocorre por meio de aplicações dos herbicidas *glifosato* e *carfentrazone* cerca de 10 dias antes do plantio de modo a gerar palha de milheto e braquiária.

O formicida *fipronil* é usado a partir dos 30 dias anteriores a data de plantio do algodoeiro para o controle das formigas cortadeiras. Constatada necessidade de controle após o plantio, há pulverização aérea da faixa da bordadura do algodão.

Para o controle de pragas é seguido um protocolo de monitoramento de pragas e níveis de controle foram estabelecidos visando à redução do número de pulverizações.

Para o controle do pulgão são usados principalmente *Endosulfan* e *Carbosulfan*. Segundo relato do produtor Ronei, com a substituição de variedades suscetíveis a viroses do vermelhão e do mosaico das nervuras, por variedades de algodoeiro resistentes o nível de ação aumentou de 5% das plantas infestadas para 60% das plantas.

O bicudo como principal praga do algodoeiro tem o seu controle induzido pelo Plano Estratégico de Controle do Bicudo do Algodoeiro do Estado de Goiás (Fundação GO 2006).

Segundo o produtor, pragas que vêm causando crescente preocupação aos produtores e podem ser consideradas como mais danosas são as lagartas do complexo *Spodoptera* spp. (Lepidoptera: Noctuidae). Os inseticidas fisiológicos e de choque pela lavagem dos inseticidas são lavados pela chuva no início do ciclo da cultura. Foi observado pelo mesmo produtor que lagartas de *Spodoptera* spp. costumam empupar entre a camada de palha acamada e a superfície do solo.

Coleta dos organismos e dados registrados

O estudo foi conduzido em parcelas de sistemas de cultivo de algodoeiro localizados no Distrito Federal e entorno com altitude em torno de 1000 m durante as safras de 2006/2007 e de 2007/2008, de Novembro a Maio.

O clima da região é tropical estacionário Aw, com verões úmidos e invernos secos (Köppen 1948). A faixa de temperatura média é de 20°C a 26°C. A precipitação varia de 1300 a 1500 mm/ano durante a estação chuvosa (Nimer 1989).

Os locais de estudo (Pranchas A e B) e os diversos sistemas de cultivo com comunidades de formigas avaliadas estão descritos nas tabelas 2.1 e 2.2. A área experimental foi inserida no estudo por conter assembléias de formigas sobre diferentes espécies de algodoeiro (*G. hirsutum* e *G. barbadense*), e por um regime de distúrbio não convencional.

Foi atribuído um nome para cada sistema de cultivo avaliado Os cultivos de

¹⁴ Rebrotas: Plantas e ramos surgidos de gemas dos restos culturais.

algodoeiros normalmente foram podados após a produção dos capulhos.

As comunidades de formigas amostradas sobre as plantas, com botões e flores, e sobre os solos, estão especificadas nas tabelas abaixo:

Tabela I. Descrição das características locais dos sistemas de cultivo amostrados no Distrito Federal.

Sistema	Descrição do sistema de cultivo do algodoeiro
GB Herbivoria	Cultivo de <i>G. barbadense</i> de 2º ano em casa de vegetação sem inseticidas, com as plantas infestadas por curuquerê <i>Alabama argillacea</i>
GB Sem poda	Cultivo de <i>G. barbadense</i> de 3º ano em casa de vegetação sem inseticidas e sem poda
GB Sem distúrbio	Cultivo de <i>G. barbadense</i> de 2º ano em campo experimental sem inseticidas
GB Inseticidas	Cultivo de <i>G. barbadense</i> de 3º ano em campo experimental 10 dias após a aplicação de inseticidas
GH 2º ano	Cultivo de <i>G. hirsutum</i> de 2º ano em campo experimental sem inseticidas
GH 1º ano	Cultivo de <i>G. hirsutum</i> de 1º ano em campo experimental sem inseticidas
GH Inseticidas 1	Cultivo de <i>G. hirsutum</i> de 1º ano em campo experimental 10 dias após a aplicação de inseticidas
GH inseticidas 2	Cultivo de <i>G. hirsutum</i> de 1º ano em campo comercial (Faz. Coperbrás) com aplicações de inseticidas

Tabela II. Descrição das características dos sistemas de manejo do solo amostrados no Distrito Federal e entorno.

Sistema	Descrição do sistema de manejo do solo
Inseticidas 3	Incorporação dos restos culturais por aração e gradagem do solo e aplicação de inseticidas em campo comercial (Faz. Coperbrás) com cultivo de <i>G. hirsutum</i>
Inseticidas 4	Revolvimento mínimo do solo e aplicação de inseticidas em campo comercial (Faz Pamplona) com cultivo de <i>G. hirsutum</i>
Inseticidas 5	Revolvimento mínimo do solo e aplicação de inseticidas <i>G.</i> em campo comercial (Faz Pamplona) com cultivo de <i>G. hirsutum</i> sobre cascalho
CV Infestantes	Incorporação dos restos culturais por aração e gradagem do solo, sem aplicação de inseticidas com cultivo de <i>G. hirsutum</i> e capina manual de infestantes
Solo revolvido	10 dias após aração e gradagem do solo para incorporação dos restos culturais de <i>Crotalaria juncea</i>
CM Crotalária	10 dias após o roço da biomassa aérea de <i>C. juncea</i> . Cobertura morta de crotalária
CM Braquiária	Cobertura morta de braquiária sob cultivo de <i>G. hirsutum</i> de 2º ano
CM bananeira	Cobertura morta de folhas e talos de bananeira

As comunidades de formigas foram amostradas nestes sistemas no período da manhã por meio dos seguintes métodos (Figura 2.2):

a) Coleta direta sobre os algodoeiros. Os nectários extraflorais de botões e das flores e a base de cada planta foram observados por 3 minutos, registrando-se a presença ou ausência de espécies de formigas por planta e a porcentagem de arbustos com formigas, em um total de 20 plantas por sistema.

b) Grids de iscas de sardinha¹⁵ sobre o solo. Iscas de sardinha triturada em óleo foram dispostas sobre o solo, separadas entre si por 10 m em um *grid*, e recolhidas 45 minutos após sua colocação. A remoção dessas iscas pelas formigas permite estimar a eficiência ou pressão de predação por formigas (Altieri & Schimdt 1984), uma vez que simulam estágios tardios no

¹⁵ Este tipo de iscas alimentar foi a mais atrativa para amostragem de formigas e mimetizam fontes de proteínas, carboidratos e gorduras presentes em presas potenciais (Morais 1980).

solo de Lepidoptera e Coleóptera. *Grids* foram colocados nas quatro fases fenológicas do algodoeiro *G. hirsutum* para cultivos com aplicação de inseticidas e sem o controle químico.

O esforço amostral foi equivalente entre os diferentes sistemas avaliados. Ou seja, 20 iscas de sardinha ou 20 coletas diretas sobre as plantas com botões e flores por sistema.

As formigas coletadas foram conservadas em frascos de 10 ml com álcool 70°, devidamente rotulados com os seguintes dados: o nº da amostra, método de coleta, data, localidade e nome do coletor. Posteriormente foram triadas em microscópio estereoscópico, montadas em triângulo e alfinete entomológico e etiquetadas. O material foi enviado ao especialista Dr. Jacques H. Delabie para identificação e está depositado na coleção de formigas do museu do CEPEC/CEPLAC-BA.

Análise dos dados

Para a análise dos dados, as coletas foram agrupadas pela fase fenológica de floração do algodoeiro em cada sistema de cultivo. Os resultados foram tabulados (colunas = sistemas de cultivo; linhas = espécies). Obteve-se o número total de ocorrências da espécie no conjunto de observações realizadas ou armadilhas instaladas por sistema. Com esses dados, foram calculadas a riqueza observada, índice de diversidade de *Shannon-Weaver*, o índice de dominância de *Berger-Parker*, ocorrência total nas plantas e a porcentagem de plantas com formigas por meio do uso da versão 1.79 do programa PAST (Hammer *et al.* 2001). Os índices de Shannon de pares de sistemas foram submetidos a teste t de diversidade. O índice de dominância de Berger-Parker foi adotado porque mostra a contribuição relativa da espécie dominante para o funcionamento do sistema, se adotamos como parâmetro a abundância (Wilsey *et al.* 2005). As amostras foram ordenadas por meio de NMDS (Escalonamento multidimensional não métrico) e de análise de agrupamento (dendrograma), com base na distância Euclidiana, para avaliação da similaridade de composição entre as comunidades de formigas nos diferentes sistemas (Clarke 1993, Hammer *et al.* 2001).

Estimativas da ocorrência das formigas sobre as plantas do algodoeiro foram realizadas por meio da porcentagem de plantas ou de armadilhas sobre o solo com formigas.

Para avaliar uma possível diferença na produtividade entre algodoeiros de 1º ano e de 2º ano (*G. hirsutum* var. *latifolium*), ambos cultivados em 2007 sem aplicação de inseticidas, optou-se por registrar o número de capulhos das plantas contidas em 1 metro linear. Houve 25 repetições para cada tratamento. Estes dados foram submetidos à análise de *Box plot* e teste t (Hammer *et al.* 2001).

Resultados

A ausência de poda e a aplicação de agroquímicos reduzem a riqueza de formigas, enquanto a idade da planta aumenta. A maior dominância de formigas foi encontrada em plantas não podadas de *G. barbadense* em casa de vegetação com a espécie oportunista *Brachymyrmex* sp. As maiores densidades de formigas predadoras ocorreram em *G. barbadense* e em plantas de *G. hirsutum* var. *latifolium* de 2º ano (Tabela 2.3). A maior diversidade de formigas foi encontrada em *G. barbadense* próximo a mata de galeria sem aplicação de agroquímicos (Tabela 2.4).

Todas as plantas de *G. barbadense* são ocupadas por formigas. A baixa taxa de ocupação de algodoeiros *G. hirsutum* por formigas (<20% das plantas observadas) sugerem que as formigas predadoras forrageiam principalmente sobre o solo e raramente sobre as plantas de 1º ano. Contudo, quando há maiores populações de pulgões a ocupação é maior porque as formigas podem alterar suas trilhas em direção à parte aérea das plantas para exploração de exsudados de pulgões ou de néctar eventualmente presentes em *G. hirsutum*. As formigas, principalmente do gênero *Dorymyrmex*, se tornaram o grupo de predadores mais frequentes sobre o algodoeiro *G. hirsutum* de 2º ano chegando a ocupar mais da metade das plantas observadas. O mesmo ocorreu para *Crematogaster victima* (Smith, 1858) em *G. barbadense* (Tabela 2.3).

O Distúrbio de origem química (agroquímicos) ou física (revolvimento do solo) reduz a riqueza de formigas predadoras. O comportamento agressivo e territorialista das generalistas *Pheidole gertrudae* (Forel, 1886), *Solenopsis invicta* (Buren, 1972) e *C. victima* resultou na redução da riqueza de formigas mesmo com aumento da complexidade no sistema com cobertura morta de braquiária. As maiores densidades de formigas ocorreram nos sistemas com cobertura do solo, independentemente do tipo de cobertura. O distúrbio químico provocou uma maior redução na densidade de formigas que o distúrbio físico, sendo, assim, mais severo que a aração e a gradagem do solo (Tabela 2.5). A maior diversidade de formigas predadoras foi encontrada no sistema sujeito a capina manual infrequente com cobertura viva de infestantes sobre o solo (Tabela 2.6).

Não houve registro de formigas sobre as plantas no sistema comercial. Quando as condições são restritivas em função de um regime de distúrbio impactante raramente foi registrada a presença de formigas. Isso ocorreu em alguns sistemas de cultivo da fazenda Pamplona em que as formigas foram submetidas tanto aos distúrbios de origem química quanto a estresses (e.g., de saturação hídrica no pivô central e de altas temperaturas no solo de cascalheira).

Ocorreram agrupamentos com base na espécie dominante de formiga que pertencia aos gêneros *Pheidole* e *Dorymyrmex* nos sistemas com distúrbio químico ou físico, respectivamente. Nos sistemas sem distúrbio houve a formação de comunidades dominadas por: *S. invicta* (Plantas infestadas por *Alabama argillacea* em estufa ou cobertura morta de crotalária); *C. victima* (Proximidade a mata de galeria); *P. gertrudae* (nas coberturas mortas mais fechadas e adensadas de braquiária e de bananeira); ou *Brachynymex* sp (casa de vegetação sem poda das plantas e redução da produção de néctar) (Figuras 2.3, 2.4, 2.5 e 2.6). A ordenação por escala dimensional não métrica e o dendrograma são maneiras de representar a similaridade de composição de formigas predadoras entre diferentes sistemas de cultivo. Quanto mais próximos pontos ou ramos estão entre si, mais similares são os sistemas de cultivo.

No algodoeiro *G. hisurtum* com cobertura morta de braquiária, ao contrário do que era esperado, houve uma baixa riqueza (n=3) de espécies de formigas devido à formação de um mosaico competitivo entre *S. invicta*, *P. gertrudae* e *C. victima*. A hierarquia de dominância existente entre essas formigas generalistas parece ser afetada pelo tipo de perturbação: a química favoreceria a dominância por *P. gertrudae*; o roço, por *S. invicta*; e o baixo nível de distúrbio por *C. victima*, que passa a expandir sua área de forrageio em direção ao solo.

A pressão de predação inferida pela taxa de remoção de iscas pelos gêneros *Pheidole* e *Solenopsis* é semelhante entre a área com inseticidas e sem inseticidas até a fase de formação dos botões florais. Contudo, na área sem inseticidas o gênero *Dorymyrmex* ocupa o restante das iscas é na fase vegetativa do cultivo. Com a floração, há redução da pressão de predação potencial por formigas na área com inseticidas (Figura 2.7).

Houve uma mudança gradual na estrutura da comunidade de formigas predadoras no solo do algodoeiro sem distúrbio químico. *Dorymyrmex* persiste como espécie dominante em altas densidades após o revolvimento mecânico do solo provavelmente devido a uma maior tolerância aos estresses, enquanto *Solenopsis* e *Pheidole* passam a dominar o sistema a partir da floração.

Plantas *G. hisurtum* de 2º ano em média produziram mais capulhos que as de 1º ano, ambos sem aplicação de inseticidas (Figura 2.8). Também foi observada nessas plantas uma menor presença de pragas. A maior taxa de ocupação nas plantas de 2º ano por formigas pode ser um dos mecanismos responsáveis por esse resultado.

Discussão

Estresses da irrigação freqüente e das características do solo (p. ex. cascalho), em adição ao distúrbio químico influenciam na estruturação das assembléias de formigas, extremamente simplificadas e de baixa densidade, nas áreas extensivas. Densidades e diversidade muito baixas de formigas e uma composição restrita a espécies generalistas com características de invasoras também foram encontradas em algodoeiro transgênico (Ramirez et al. 2005) e em algodoeiro com revolvimento do solo (Marti & Olson 2006).

Assim, a possibilidade de aproveitar o revolvimento mínimo do solo e a formação de palhada adotadas por alguns produtores visando ao aumento das densidades de formigas predadoras é limitada pela aplicação freqüente de herbicidas dessecantes e de inseticidas. Da existência de populações infreqüentes e esparsas de formigas ao longo da maior parte do ciclo do cultivo nas áreas extensivas infere-se uma dinâmica de extinção e recolonização por formigas. O baixo número de armadilhas ocupadas por formigas encontradas nos sistemas de cultivo extensivos pode ser pelo fato das populações estarem se recuperando do último distúrbio (Rossi e Fowler 2004).

A pressão de predação por formigas foi reduzida nas propriedades comerciais. O distúrbio químico remove um dos predadores responsáveis pelo controle de noctuídeos. *Outbreaks* de populações de pragas secundárias como *Spodoptera* sp. e *Aphis gossypii* se tornam mais freqüentes com a supressão química das populações não-alvo de inimigos naturais (Butler et al. 2007, Perfecto 1990, 1991, Perfecto & Sediles 1992). Freqüência e intensidade altas de distúrbio modificam a atividade de forrageamento das formigas, limitando o seu impacto sobre as populações de *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera) (Mansfield et al. 2003). Além disso, a presença continuada de plantas hospedeiras usadas nos esquemas de rotação (milho, milheto, etc.) torna o algodoeiro mais vulnerável a danos por lagartas, mesmo com o controle geralmente satisfatório do bicudo.

As populações dos inimigos naturais nem sempre estão presentes antecipadamente, ou são constantes e com crescimento rápido o suficiente para manter a população da principal praga do algodoeiro abaixo do nível econômico de dano. Maiores densidades de predadores, sob um menor controle das ervas infestantes, ocorreram após o período de maior vulnerabilidade das estruturas reprodutivas do algodoeiro (Showler & Greenberg 2003). Entretanto, um aumento na densidade de predadores, inclusive *S. invicta*, por meio da adição das coberturas de inverno e da conservação do habitat¹⁶ pode ser eficaz uma vez que reduz a

¹⁶ O plantio deve reduzir os distúrbios no solo para manter os inimigos naturais nas faixas do cultivo de cobertura. À medida que esse cultivo morre, ou é podado, os inimigos naturais irão dispersar para o algodoeiro.

freqüência de alcance do nível de ação para *Heliothes* sp. (Lepidoptera) (Tillman *et al.* 2004);

Uma menor diversidade observada sobre as plantas ocorreu no algodoeiro *G. barbadense* não podado em casa de vegetação quando comparada a mesma planta podada. Isso ocorreu em razão da redução da qualidade ou da quantidade¹⁷ de néctar extrafloral disponível. Assim, só as demandas nutricionais de espécies menos agressivas de formigas seriam atendidas. Mudanças na ocupação de plantas por formigas em direção a hierarquia de dominância (ou seja, por espécies mais agressivas) parecem ocorrer em plantas que crescem mais rápido. Já em plantas que crescem mais lentamente ocorrem mudanças na direção oposta a esta hierarquia (Palmer *et al.* 2000). Esta hipótese merece futura avaliação em áreas abertas em localidades diferentes em algodoeiros, podado e não podado com a mesma idade, e a diferentes distâncias de fragmentos de vegetação nativa.

Houve manutenção de uma alta densidade de *S. invicta* em dois sistemas: roço de *Crotalaria juncea* e *G. barbadense* infestado por *A. argillacea*. Houve uma alta densidade de *P. gertrudae* nas demais coberturas mortas. Uma camada desse tipo de cobertura sobre o solo ao disponibilizar uma maior biomassa de presas promoveria uma maior abundância dessas formigas. Isso aumentaria a predação de pupas e de sementes de ervas infestantes e poderia influenciar a dinâmica populacional das infestantes e de herbívoros (Pullaro *et al.* 2006).

O uso de plantas de cobertura específicas no pré-cultivo no sistema plantio direto pode proporcionar condições para alterar a estrutura da comunidade de formigas favorecendo a dominância de espécies mais agressivas como as dos gêneros *Solenopsis* e *Pheidole*. A hipótese de que o aumento da densidade e alteração da dominância comunidade de formigas predadoras, mediadas pelo uso de coberturas vegetais mortas ou plantas consorciadas, incrementa a eficácia do controle biológico natural merece novos estudos.

Foi verificada uma maior produtividade em rebrotas de algodoeiro. Na área experimental nem os pulgões, nem as lagartas alcançaram o nível econômico de dano em 2007. A redução de ocorrência de algumas pragas e um maior número de capulhos produzidos em plantas de *G. hisurtum* de 2º ano foram encontrados por Soares *et al.* (2007) e citados em uma revisão por Silvie *et al.* (2006), que reconhece uma enorme carência de estudos do uso da poda como forma de controle de pragas. Contudo, mesmo maiores densidades de formigas nas rebrotas e, assim, uma maior pressão de predação sobre fases jovens de Lepidoptera ou uma alteração do comportamento de oviposição das fêmeas adultas não explica

¹⁷ A maioria dos seus NEF foliares estavam não funcionais e, assim, não suficientemente compensadores a formigas mais agressivas com maiores necessidades energéticas. Uma possibilidade seria a prevalência do parasitismo por fungos ou alga verde que entope NEF e simula uma redução experimental na quantidade de néctar. Isso poderia interferir na densidade e na espécie dominante da assembléia de formigas visitantes (Rudgers & Strauss 2004).

necessariamente uma maior produção de capulhos.

Diversos outros mecanismos também poderiam estar envolvidos: a) assincronia fenológica das plantas podadas em relação ao pico de colonização pelo bicudo por produzirem as estruturas reprodutivas com antecedência. As percentagens de botões danificados por bicudos se mantiveram abaixo do nível de controle estipulado até a 11ª semana após a poda no Nordeste (Miranda *et al.* 2004); b) aumento da resistência da planta a herbívoros; c) redução dos efeitos da competição com ervas infestantes pelo fato da planta já estar estabelecida, precisando de uma menor alocação de energia para crescimento; d) aumento da alocação de recursos em reprodução e defesa.

Essa dúvida quanto ao principal mecanismo explicativo para essa maior produtividade do algodoeiro de 2º ano poderia ser um incentivo a estudos em sistemas de baixo uso de insumos, como alguns existentes na região Nordeste do Brasil (Lima 2005), que pretendem explorar a agricultura orgânica ou sistemas de produção de fibras naturalmente coloridas. Ainda assim, são necessários ajustes no manejo desse sistema para assegurar um controle satisfatório do percevejo *Dysdercus* sp., do bicudo e de ácaros tetraniquídeos que alcançaram o Nível Econômico de Dano (NED).

Se a interação entre formigas agressivas e NEF e/ou exsudados de pulgões é limitada ou rompida pelo melhoramento produtivo (Chen & Welter 2005) ou pelos distúrbios do sistema de cultivo, as formigas terão um papel de menor importância em relação às outras assembléias de inimigos naturais, mais abundantes e temporalmente mais frequentes (e.g., Coccinélidos), como fator de mortalidade de pragas do algodoeiro.

Haviam sido os reportados gêneros *Solenopsis*, *Crematogaster*, *Pheidole*, *Dorymyrmex* e *Neivamyrmex* como os mais comuns no algodoeiro no Nordeste do Brasil (Bastos & Torres 2003). Nosso estudo revela que os gêneros *Camponotus* e *Labidus* também têm funções a serem mais bem compreendidos em agroecossistemas próximos a remanescentes de cerrado na região central do Brasil.

As maiores diversidade e densidade de formigas predadoras ocorreram em habitats menos perturbados e mais complexos. Ou seja, em *G. barbadense* e em solos cobertos, sem aplicação de agroquímicos. A idade da planta parece ter algum efeito tanto sobre a colonização por formigas quanto sobre a produtividade o que merece novos estudos. A estruturação de assembléias de formigas predadoras pareceu ser influenciada primariamente pelo regime de stress e distúrbio e secundariamente pela complexidade do habitat. Com a redução dos distúrbios, a qualidade dos recursos ofertados, inerentes à espécie ou idade do algodoeiro ou relacionados à conservação e manipulação do habitat do solo também tiveram um papel na estruturação das assembléias desse grupo de predadores.

Referências Bibliográficas

- Ali, A.D; Hudnall, W.H. & Reagan, T.E. 1986. Effects of soil types and cultural practices on fire ant, *Solenopsis invicta*, in sugarcane. Agriculture, ecosystems & environment 18(1): 63-71
- Altieri, M.A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment 74: 19–31
- Altieri, M.A. & Schmidt, L.L. 1984. Abundance patterns and foraging activity of ant communities in abandoned, organic and commercial apple orchards in northern California. Agriculture, Ecosystems and Environment. 11: 341- 352.
- Andersen, A.N. 1995. A classification of Australian ant communities, based on functional groups which parallel plant life-forms in relation to stress and disturbance. Journal of Biogeography 22: 15-29.
- Bastos, C.S. & Torres, J.B. 2003. Controle Biológico como opção no manejo de pragas do algodoeiro. Embrapa CNPA Circular técnica 72 Campina Grande, PB.
- Brust, G.E.; Stinner B.R. & McCartney, D.A. 1986. Predator activity and predation in corn agroecosystems. Environmental Entomology 15: 1017-1021.
- Butler, J.; Bernal J.S. & Knutson, A.E. 2007. Effects of malathion ULV applied for boll weevil eradication on survival and foraging activity of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta* Buren, in Texas (USA) cotton. International Journal of Pest Management 53: 69-76.
- Castro, A.G. & Queiroz, M.V.B. 1987. Estrutura e organização de uma comunidade de formigas em agro-ecossistema neotropical. Anais da Sociedade Entomológica do Brasil 16: 363-375.
- Cederbaum, S.B.; Carroll J.P. & Cooper, R.J. 2004. Effects of alternative cotton agriculture on avian and arthropod populations. Conservation Biology 18:1272-1282.
- Chen, Y.H. & Welter, S.C. 2005. Crop domestication disrupts a native tritrophic interaction associated with the sunflower, *Helianthus annuus* (Asterales: Asteraceae). Ecological Entomology 30: 673–683.
- Cividanes, F.J.F.J. 2002. Efeitos do sistema de plantio e da consorciação soja-milho sobre artrópodes capturados no solo. Pesquisa Agropecuária Brasileira 37 (1): 15-23.
- Clarke, K.R. 1993. Non-parametric multivariate analysis of changes in community structure. Australian Journal of Ecology 18:117-143.
- Delabie, J.H.C.; Agosti, D. & Nascimento, I.C. 2000. Litter ant communities of the Brazilian Atlantic rain forest region. In: D.Agosti, J.D. Majer, L. Alonso & T. Schultz (eds). Sampling ground-dwelling ants: case studies from the worlds' rain forests. (S. l.): school of Environmental Biology (Bulletin 18)
- Fernandes, W.D.; Cruz, M.C.A.; Faccenda, O. & Valente, T.O. 2000. Impacto de herbicidas em uma guilda de formigas predadoras. Revista Brasileira de Herbicidas 1(3): 225-231
- Folgarait, P.J. 1998. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. Biodiversity and Conservation 7: 1221-1244

- Fundação GO. 2006. Cartilhas técnicas. Vols. 1-10. (Coord. M. A. O. Silva). Disponível em <<http://www.fundacaogo.com.br/publicacao>>. Acesso em: 01 de Março de 2008.
- Gove, A. D. 2007. Ant biodiversity and the predatory function. *Ecological Entomology* 32: 435–436
- Greenslade, P.J.M. & Greenslade, P. 1977. Some effects of vegetation cover and disturbance on a tropical ant fauna. *Insectes Sociaux*, 24(2):163-82
- Guerra, R.T.; Bueno, C.R. & Schubart, H.O. 1982. Preliminary evaluation on the effects of application of the herbicide paraquat and conventional plowing on the mesofauna of the soil in the region Manaus - Amazonas Region. *Acta Amazonica*. 12: 7–14.
- Hammer, O; Harper, D.A.T & Ryan, P.D. 2001. PAST: Palaeontological Statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica* 4(1):9 p.
- Harvey, C.T. & Eubanks, M.D. 2004. Effect of habitat complexity on biological control by the red imported fire ant (Hymenoptera : Formicidae) in collards. *Biological Control* 29: 348-358.
- Hoffman, B.D. & Andersen, A.N. 2003. Responses of ants to disturbance in Australia, with particular reference to functional groups. *Austral Ecology* 28: 444-464.
- Köppen, W. 1948. *Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra*. Fundo de Cultura Econômica, México.
- Langellotto, G.A. & Denno, R.F. 2004. Responses of invertebrate natural enemies to complex-structured habitats: a meta-analytical synthesis. *Oecologia* , 139: 1 – 10 .
- Lange, D; Fernandes, W.D.; Raizer, J.; Grossler, O.S. & Faccenda, O.A. 2005. Atividade de predação por formigas (Hymenoptera: Formicidae) em sistemas de plantio direto e convencional. In: *Anais do XVII Simpósio de Mirmecologia* . Campo Grande, MS. p. 167-169.
- Lima, P.J.B.F. 2005. Algodão agroecológico: uma experiência no semi-árido cearense. *Agriculturas* 2(3): 19-22.
- Lobry de Bruyn, L.A. 1999. Ants as bioindicators of soil function in rural environments. *Agriculture Ecosystems and Environment* 74: 425-441.
- Majer, J.D. & Recher, H. 1999. Are eucalypts Brazil's friend or foe? An entomological viewpoint. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 28: 185-200.
- Mansfield, S.; Elias, N.V. & Lytton Hitchins, J.A. 2003. Ants as egg predators of *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera : Noctuidae) in Australian cotton crops. *Australian Journal of Entomology* 42(4): 349-351
- Marti, O.G. & Olson, D.M. 2007. Effect of tillage on cotton aphids (Homoptera: Aphididae), pathogenic fungi, and predators in south central Georgia cotton fields. *Journal of Entomological Science*. 42(3):354-367.
- Morais, H.C.; 1980. Estrutura de uma comunidade de formigas arborícolas em vegetação de campo cerrado. Dissertação de Mestrado. UNICAMP, Campinas, SP.
- Nimer, E. 1989. Clima. In: IBGE (ed.). *Geografia do Brasil. Região Centro-Oeste*, v.1, p. 23-34.
- Palmer, T.M.; Young, T.P.; Stanton, M.L. & Wenk, E. 2000. Short-term dynamics of an acacia ant community. *Oecologia* 123: 245-235

- Perfecto, I. 1990. Indirect and direct effects in a tropical agroecosystem - the maize-pest-ant system in Nicaragua. *Ecology* 71: 2125-2134.
- Perfecto, I. 1991. Ants (Hymenoptera, Formicidae) as natural control agents of pests in irrigated maize in Nicaragua. *Journal of Economic Entomology* 84: 65-70.
- Perfecto, I. & Sediles, A. 1992. Vegetational diversity, ants (Hymenoptera, Formicidae), and herbivorous pests in a neotropical agroecosystem. *Environmental Entomology* 21: 61-67.
- Philpott, S.M. & Armbricht, I. 2006. Biodiversity in tropical agroforests and the ecological role of ants and ant diversity in predatory function. *Ecological Entomology* 31: 369 – 377
- Philpott, S.M.; Perfecto, I. & Vandermeer, J. 2006. Effects of management intensity and season on arboreal ant diversity and abundance in coffee agroecosystems. *Biodiversity and Conservation* 15: 139–155
- Pullaro, T.C.; Marino, P.C.; Jackson, D.M.; Harrison, H.F. & Keinath, A.P. 2006. Effects of killed cover crop mulch on weeds, weed seeds, and herbivores. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 115: 97–104
- Ramírez, M.; Rodríguez, J.; Mazo, A. & Peck, D.C. 2005. Evaluation of the ant community (Hymenoptera: Formicidae) in conventional (DP5415) and Bt-modified (NuCotn 33B) cotton in the Cauca Valley, Colombia. CIAT Annual Report.
- Radford, B.J.; Key, A.J.; Robertson, L.N. & Thomas, G.A. 1995. Conservation tillage increases soil water storage, soil animal populations, grain yield, and response to fertiliser in the semi-arid tropics. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 35: 223–232.
- Ramos, L.S.; Zanetti, R.; Marinho, C.G.S.; Delabie, J.H.C.; Schlindwein, M.N. & Almado, R.P. 2004. Impacto das capinas mecânica e química do sub-bosque de *Eucalyptus grandis* sobre a comunidade de formigas (Hymenoptera: Formicidae). *Revista Árvore* 28 (1): 139-146
- Rudgers, J.A. & Strauss, S.Y. 2004. A selection mosaic in the facultative mutualism between ants and wild cotton. *Proceedings of the Royal Society of London Series B - Biological Sciences* 271: 2481-2488.
- Santos, I.A.; Júnior, S.B. & Alegre, J. 2007. Agricultura sem fogo na Amazônia Oriental: Formiga como indicador agroecológico. *Biológico* 69 (suppl. 2): 53-56 .
- Saturnino, H.M. 2001. Evolução do Plantio Direto e as Perspectivas nos Cerrados. *Informe Agropecuário* 22 (208): 5-12.
- Seagraves, M.P. & McPherson, R.M. 2006. Monitoring red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) foraging behavior and impact on foliage-dwelling arthropods on soybean produced under three ant suppression regimes. *Journal of Entomological Science* 41:374-384.
- Showler, A.T. & Greenberg, S.M. 2003. Effects of weeds on selected arthropod herbivore and natural enemy populations and on cotton growth and yield. *Environmental Entomology* 32: 39-50.
- Silvestre, R. & Brandão, C.R.F. Grupos funcionales de hormigas: El caso de los gremios del Cerrado, Brasil. In: Fernando Fernández. (Org.). *Introducción a las Hormigas de la Región Neotropical*. Bogotá: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander Von Humboldt, 2003, v. 1,

p. 113-143.

- Stinner, B.R. & House, G.J. 1990. Arthropods and other invertebrates in conservation-tillage agriculture. *Annual Review of Entomology* 35: 299-318,
- Tillman, G.; Schomberg, H.; Phatak, S.; Mullinix, B.; Lachnicht, S.; Timper, P. & Olson, D. 2004. Influence of cover crops on insect pests and predators in conservation tillage cotton. *Journal of Economic Entomology* 97(4): 1217-1232
- Tscharntke, T.; Klein, A.M.; Kruess, A.; Steffan-Dewenter, I. & Thies, C. 2005 Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity-ecosystem service management. *Ecology Letters* 8: 857–874.
- Van Hamburg, H. & Guest, P.J. 1997. The Impact of Insecticides on Beneficial Arthropods in Cotton Agro-Ecosystems in South Africa. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 32: 63–68
- Woolwine, A.E. & Reagan, T.E. 2001. Potential of winter cover crops to increase abundance of *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae) and other arthropods in sugarcane. *Environmental Entomology* 30: 1017-1020.
- Wilsey, J.W.; Chalcraft, D.R.; Bowles, C.M. & Willig, M.R. 2005. Relationship among indices suggest that richness is an incomplete surrogate for grassland biodiversity. *Ecology* 86(5): 1178-1184.

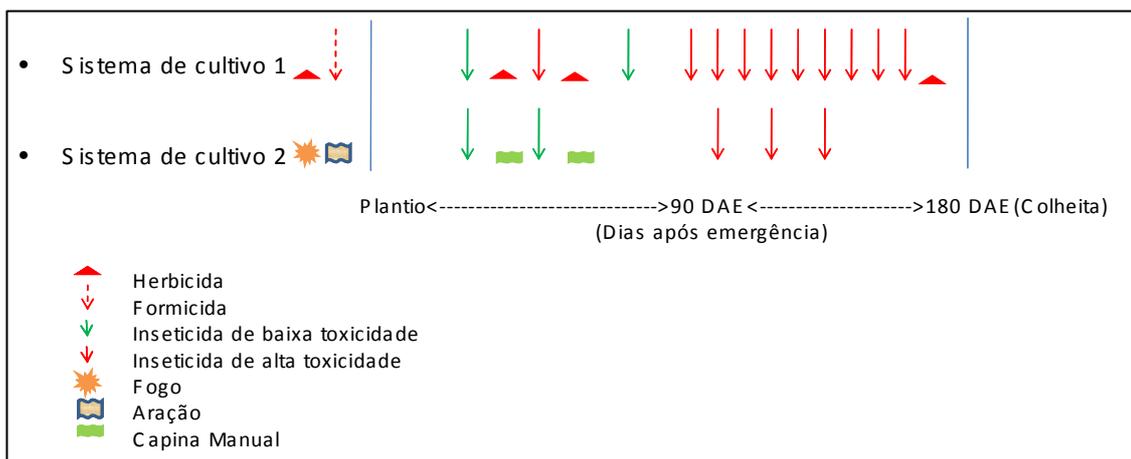
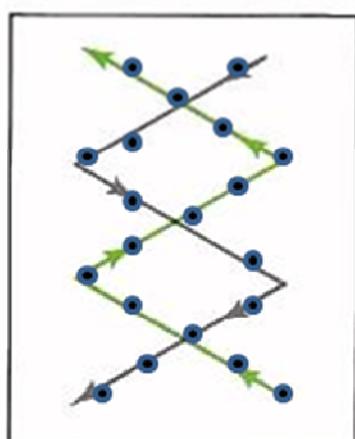


Figura 2.1. Regimes de distúrbios associados a dois sistemas hipotéticos de cultivo. O sistema 1 é análogo ao de uma área extensiva de produção de algodoeiro na região Centro-Oeste. O sistema 2 é similar ao de uma pequena área cultivada no semi-árido brasileiro. Note que a frequência (Número de intervenções físicas e químicas no sistema), intensidade (Agroquímicos de baixa seletividade aos inimigos naturais) e duração dos distúrbios são maiores no sistema 1. Este, portanto, apresenta um regime de distúrbio mais severo.



'Zig Zag'

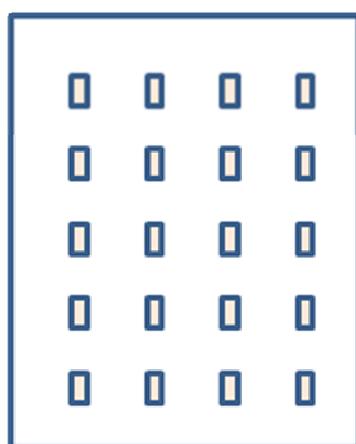


Figura 2.2. Esquemas dos desenhos de amostragem de formigas: a) 20 plantas escolhidas em caminhamento em ziguezague por sistema de cultivo do algodoeiro para coleta direta manual, nos NEF e na base do caule, por tempo padronizado de 3 minutos por planta; b) *Grid* de 20 iscas de sardinha por sistema de manejo do solo, separadas entre si por 10 metros, e recolhidas após 45 minutos.

Tabela 2.3. Estruturas de comunidades de formigas sobre plantas com botões e flores em sete sistemas de cultivo de algodoeiro.

		Nº de observações em que cada espécie de formiga foi coletada						
		Tipo de sistema de cultivo de algodoeiro ¹						
Sub-Família	Espécie	GB infestado	GB sem poda	GB sem distúrbio	GB inseticidas	GH 2º ano	GH 1º ano	GH inseticidas
Dolichoderinae	<i>Dorymyrmex albiconis</i>	0	0	4	9	13	3	1
Formicinae	<i>Brachymyrmex sp.</i>	3	19	2	1	1	2	0
	<i>Camponotus (myrmaphaenus) sp.</i>	2	0	3	0	1	0	0
	<i>Camponotus crassus</i>	6	3	11	4	3	1	1
	<i>Camponotus rufipes</i>	0	0	0	0	1	0	0
	<i>Camponotus sp 1</i>	0	0	0	2	0	0	0
	Myrmicinae	<i>Cephalotes pusillus</i>	1	1	1	0	0	0
<i>Crematogaster victima</i>		0	0	16	0	1	0	0
<i>Pheidole gertrudae</i>		0	0	5	9	2	0	0
<i>Pheidole sp. 2</i>		0	0	0	0	0	1	0
<i>Solenopsis invicta</i>		18	0	0	0	3	1	1
Pseudomyrmecinae	<i>Pseudomyrmex sp. 1</i>	1	0	7	0	1	0	0
	Riqueza observada	6	3	8	5	9	5	3
	Shannon_H	1,26	0,56	1,8	1,36	1,67	1,5	1,1
	Dominância de Berger-Parker	0,58	0,83	0,33	0,36	0,5	0,38	0,33
	Ocorrência total nas plantas	31	23	49	25	26	8	3
	Plantas com formigas (%)	100	100	100	100	90	20	10

1 – Espécies de algodoeiro GB (*G. barbadense*) ou GH (*G. hirsutum*) submetidas a algum tratamento. Os números na parte superior da tabela correspondem as ocorrências das espécies para um total de 20 plantas observadas por sistema. Os números na parte inferior são parâmetros descritores da comunidade.

Tabela 2.4. Resultados dos testes t de comparação dos índices de diversidade (*Shannon-Wiever*) de formigas entre pares de sistemas de cultivo de algodoeiro no DF. NS = Diferença estatisticamente não significativa; t (p *same*).

	GB infestado	GB sem poda	GB sem distúrbio	GB inseticidas	GH 1° ano	GH 2° ano	GH Inseticidas
GB infestado	0	-2,64 (0,01)	-2,67 (0,01)	NS	NS	NS	NS
GB sem poda		0	5,85 (<0,001)	-3,43 (0,001)	-2,4 (0,03)	-3,55 (0,001)	NS
GB sem distúrbio			0	2,63 (0,01)	NS	NS	2,75 (0,05)
GB inseticidas				0	NS	NS	NS
GH 1° ano					0	NS	NS
GH 2° ano						0	NS
GH inseticidas							0

Tabela 2.5. Estruturas de comunidades de formigas sobre solos em oito sistemas de preparo do solo.

		Nº de armadilhas em que cada espécie de formiga foi coletada							
		Tipo de manejo do solo							
Sub-Família	Espécie	Inseticidas 1	Inseticidas 2	Inseticidas 3	Aração	Capina manual infestantes	Cobertura morta crotalária	Cobertura morta braquiária	Cobertura morta bananeira
Dolichoderinae	<i>Dorymyrmex albiconis</i>	1	0	0	10	12	2	0	2
Ecitoninae	<i>Labidus praedator</i>	0	0	0	0	1	1	0	0
Formicinae	<i>Brachymyrmex sp.</i>	0	0	0	0	5	0	0	0
	<i>Camponotus (myrmaphaenus) sp.</i>	0	0	0	0	1	0	0	1
	<i>Camponotus crassus</i>	0	0	0	0	3	0	0	5
Myrmicinae	<i>Camponotus sp. 3</i>	0	0	0	0	0	2	0	2
	<i>Crematogaster victima</i>	0	0	0	0	0	0	7	0
	<i>Linepithema neotropical</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Pheidole gertrudae</i>	0	0	0	0	4	0	15	16
	<i>Pheidole sp. 2</i>	3	0	0	0	1	1	0	1
	<i>Pheidole sp. 3 gp fallax</i>	2	0	0	0	1	0	0	0
	<i>Pheidole sp. 5 gp flavens</i>	0	4	0	0	0	0	0	0
	<i>Solenopsis globularia</i>	0	1	0	0	0	0	0	0
	<i>Solenopsis invicta</i>	0	0	1	1	1	16	5	2
	<i>Solenopsis sp. 1</i>	0	0	2	1	0	0	0	0
Ectatomminae	<i>Ectatomma brunneum</i>	0	0	0	0	0	3	0	0
Ponerinae	<i>Hipoponera sp.</i>	0	1	0	0	0	0	0	0
Riqueza observada		4	3	2	3	9	6	3	7
Shannon_H		1,28	0,87	0,64	0,57	1,76	1,2	0,99	1,42
Dominância de Berger-Parker		0,43	0,67	0,67	0,83	0,41	0,64	0,56	0,55
Captura total nas iscas		7	6	3	12	29	25	27	29
Remoção de iscas por formigas (%)		35	25	15	60	100	100	100	100

1- Os números na parte superior da tabela correspondem a ocorrências das espécies para um total de 20 armadilhas por sistema. Os números na parte inferior são parâmetros descritores da comunidade.

Tabela 2.6. Resultados do teste t de comparação dos índices de diversidade (*Shannon-Wiever*) de formigas entre pares de sistemas de manejo do solo no DF. NS = Diferença estatisticamente não significativa; t (p *same*).

	Inseticidas 1	Inseticidas 2	Inseticidas 3	Capina manual infestantes	Cobertura morta crotálaria	Aração	Cobertura morta braquiária	Cobertura morta bananeira
Inseticidas 1	0	NS	NS	1,82 (0,08)	NS	NS	NS	NS
Inseticidas 2		0	NS	-2,73 (0,02)	NS	NS	NS	NS
Inseticidas 3			0	3,27(0,02)	NS	NS	NS	2,35 (0,057)
Capina manual infestantes				0	1,83 (0,07)	3,58 (0,001)	3,27(0,02)	NS
Cobertura morta crotálaria					0	NS	NS	NS
Aração						0	NS	2,55 (0,01)
Cobertura morta braquiária							0	NS
Cobertura morta bananeira								0

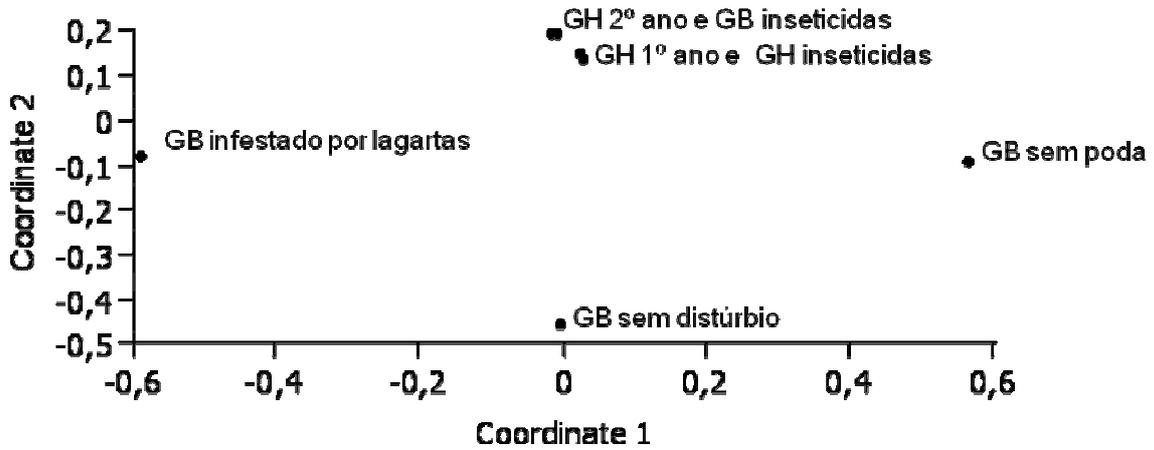


Figura 2.3. Escalamto multidimensional não métrico, por meio de índice Euclidiano de similaridade, baseado na estruturas de comunidades de formigas sobre as plantas associadas a sete sistemas de cultivo de algodoeiro na região do Distrito Federal e entorno. *Shepard plot stress = 0,0952*.

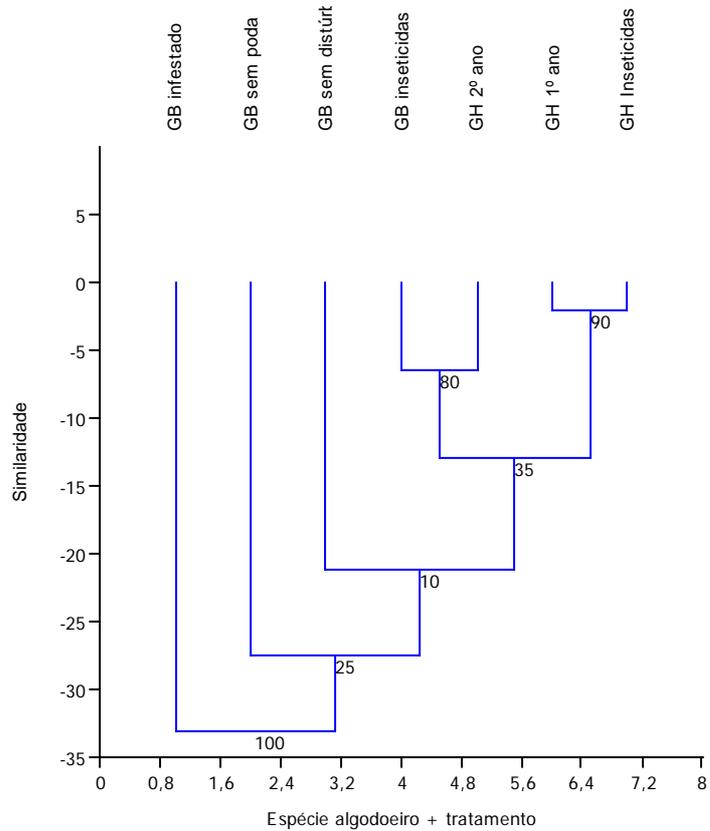


Figura 2.4. Dendrograma representando as seqüências dos agrupamentos das comunidades de formigas nas plantas de sete sistemas, obtidos pelo emprego do método do Ward, com base nas distâncias de Euclides, a partir de “bootstrap” dos dados

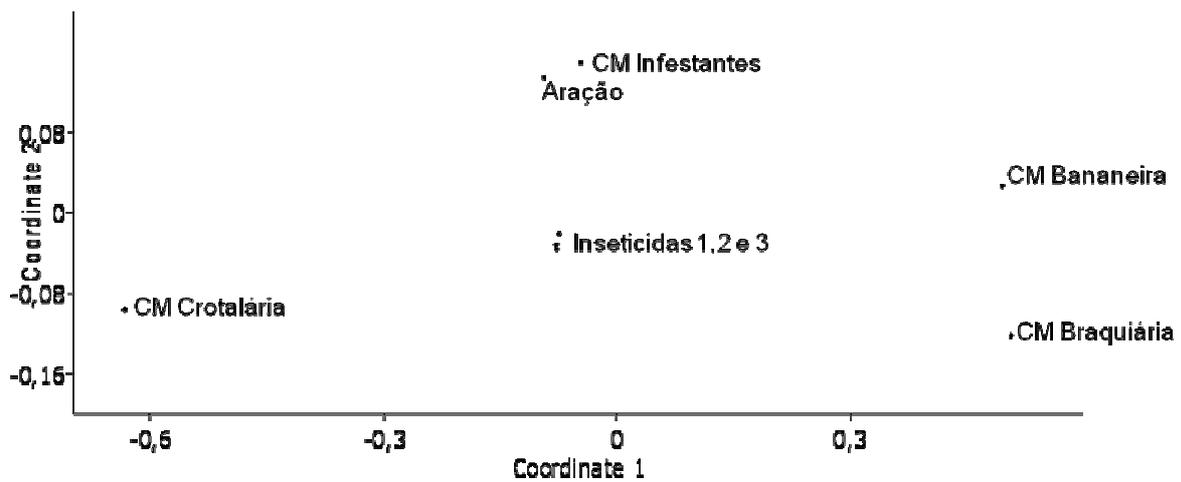


Figura 2.5. Escalonamento Multidimensional Não Métrico (NMDS), por meio de índice Euclidiano de similaridade, baseado na estrutura de comunidades de formigas associadas a oito sistemas de manejo do solo, DF. *Shepard plot stress* = 0,0683.

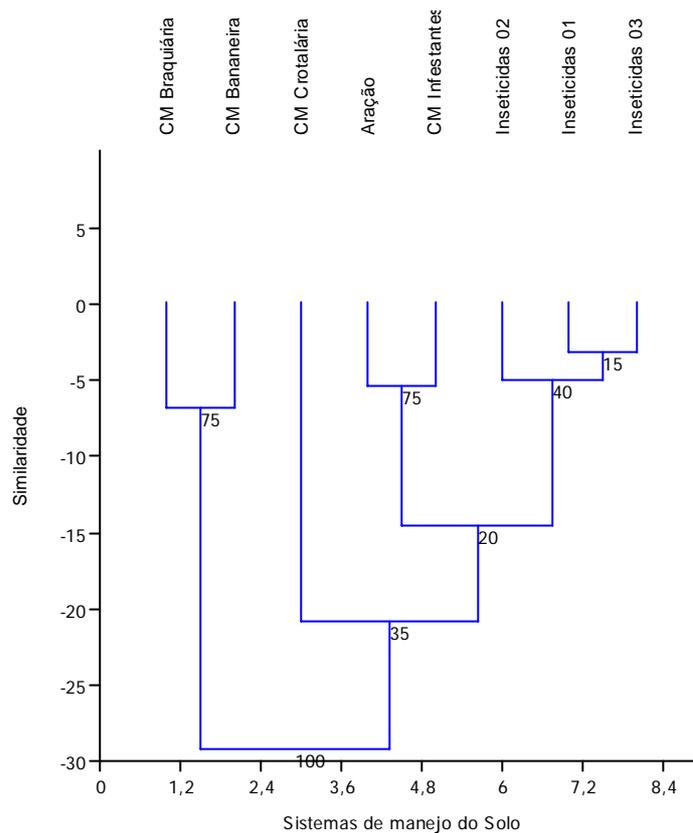


Figura 2.6. Dendrograma representando as seqüências dos agrupamentos das comunidades de formigas dos oito tratamentos do solo, obtido pelo emprego do método do Ward, com base nas distâncias de Euclides, a partir de “bootstrap” dos dados.

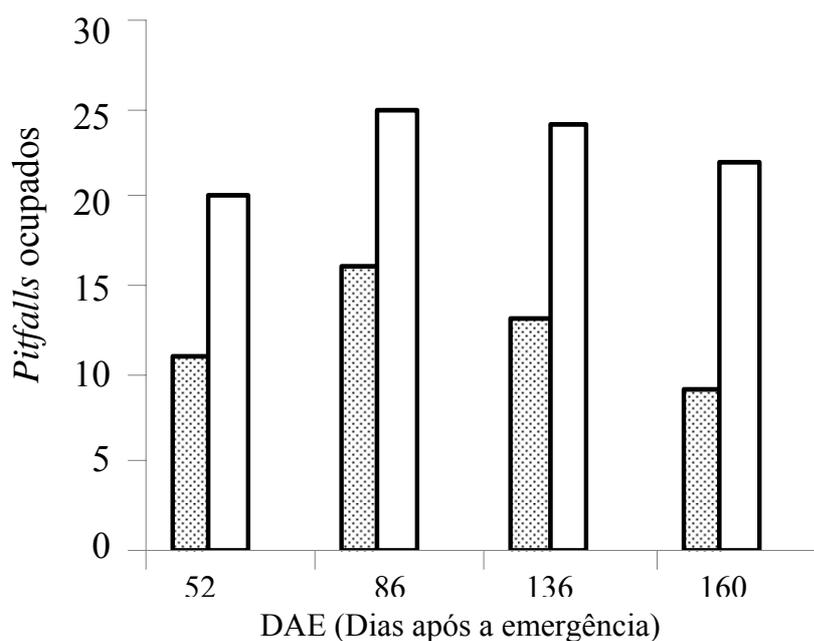


Figura 2.7. a) Dinâmica de ocorrência de *Pheidole* e *Solenopsis* em agroecossistemas de algodoeiro com tratamento fitossanitário convencional (barra pontilhada) e com aplicação de *Bacillus thuringiensis* (barra branca) para o controle de lagartas no ano agrícola de 2002/2003 na Faz. Coperbrás (Sujii *et al.* – não publicado);

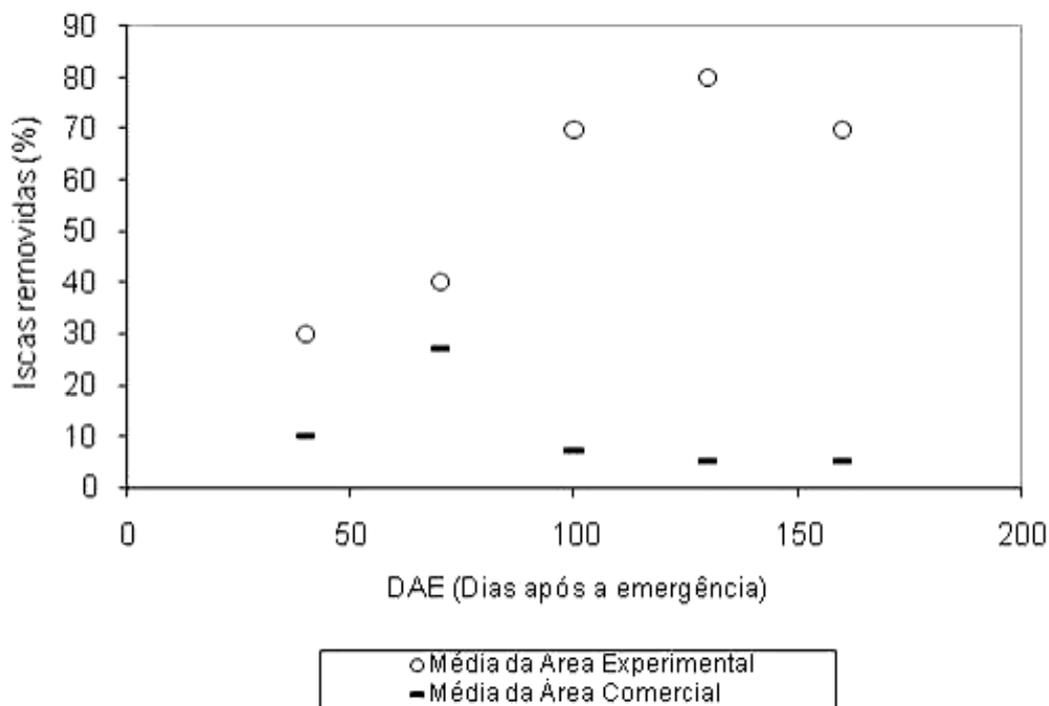


Figura 2.7. b) Dinâmica da pressão de predação por *Pheidole* e *Solenopsis* em algodoeiro comercial da Faz. Coperbrás (-) comparada à da área experimental sem distúrbio químico (o) em 2007.

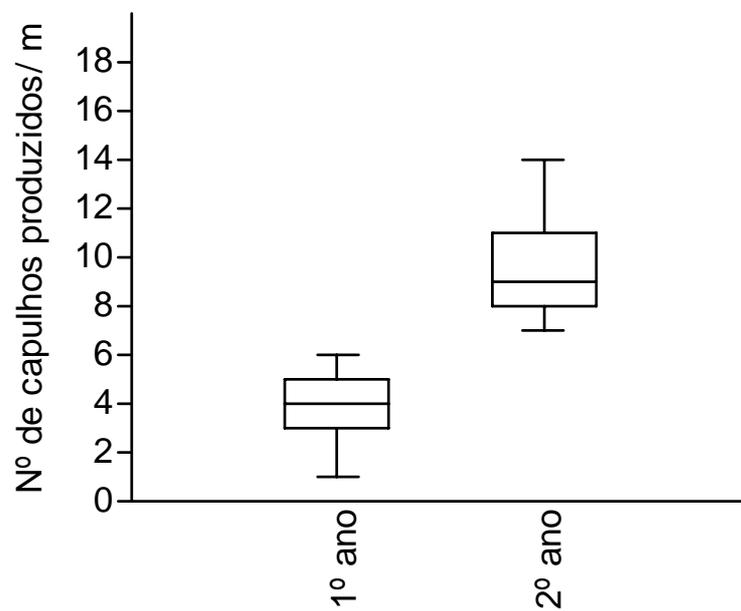
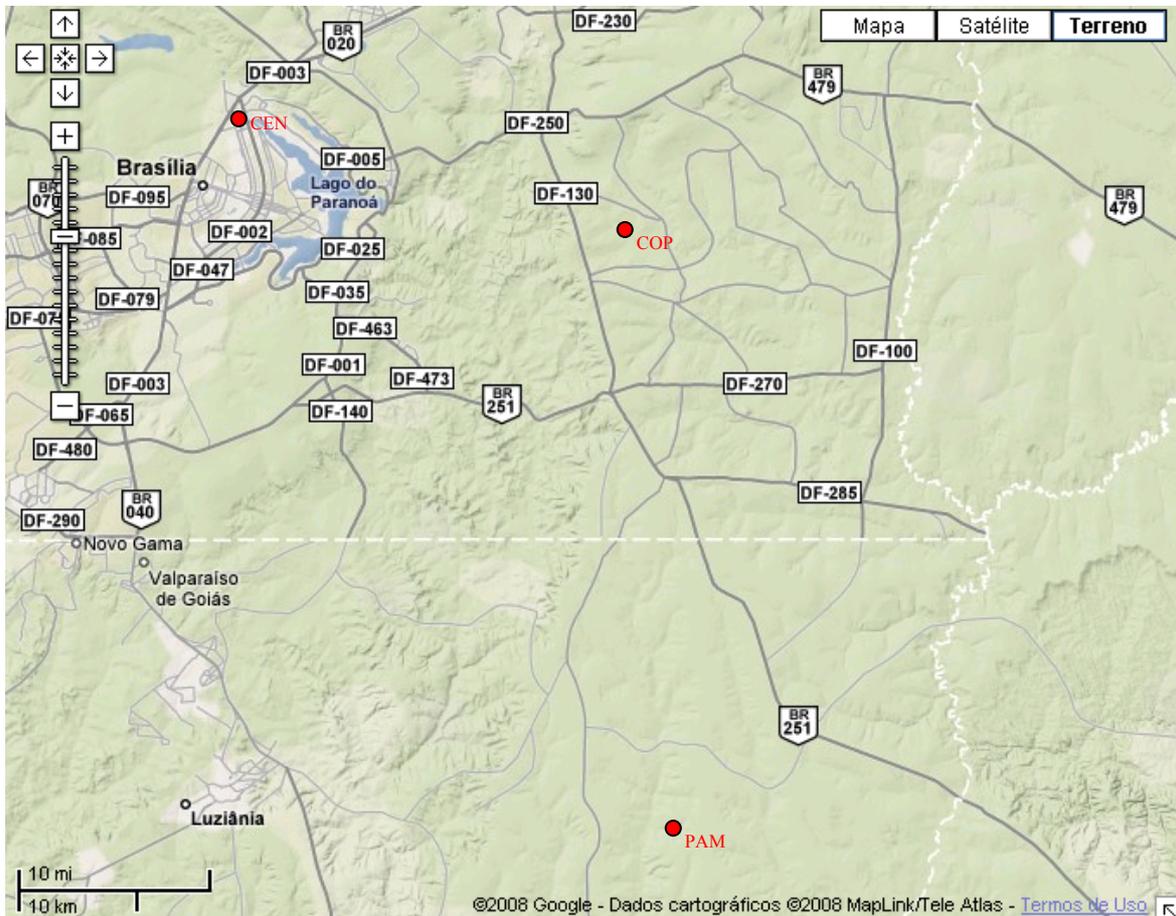


Figura 2.8. *Boxplot* das produtividades de algodoeiros *G. hisurtum* de 1º ano e de rebrotas de 2º ano sem aplicação de inseticidas (n=25; t=10,53; p<0,01).



1) Localidades do estudo: Embrapa Cenargen (CEN), Fazenda Pamplona (PAM) e Fazenda Coperbrás (COP).

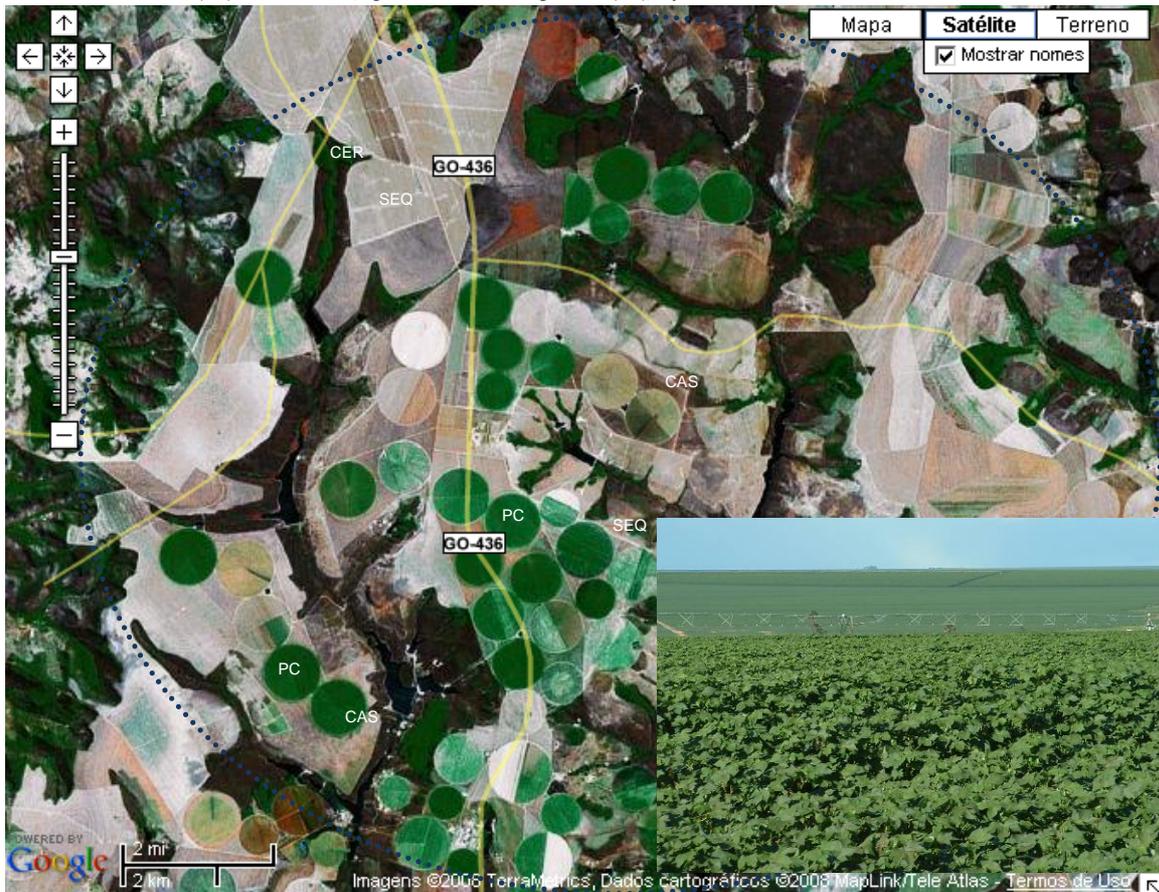


PRANCHA A

2) Vista aérea da paisagem da Embrapa Cenargen, Brasília (DF). Acima Lago Paranoá. Abaixo, casas de vegetação (CV) e área construída da Embrapa Cenargen. No meio, área experimental cultivada com algodoeiros domesticados (ALG1) e asselvajados (ALG2), circundados por faixas de braquiária, que crescem na área amarronzada com o início do verão.



1) Vista aérea da paisagem da Fazenda Copebrás no Núcleo Rural Rio Preto (DF). No centro, remanescente de mata de galeria (MG); um pouco acima remanescente de cerrado (CER). Em volta deste, agroecossistemas de algodoeiro (ALG), soja e milho.



PRANCHA B

2) Vista aérea da paisagem da Fazenda Pamplona, SLC Agrícola, em Cristalina (GO). Nas laterais da imagem, remanescentes de vegetação nativa de Cerrado (CER). No centro, áreas cultivadas com algodoeiro em regime de sequeiro (seq) ou irrigadas por pivô central (pc). Algumas áreas apresentam superfície do solo constituída por cascalho (cas).

CAPÍTULO 3 - ECOLOGIA NUTRICIONAL DE *LABIDUS PRAEDATOR* (FORMICIDAE: ECITONINAE) EM UM AGROECOSSISTEMA ADJACENTE A UMA MATA DE GALERIA

ABSTRACT - Some New World Army ants species have an important role in invertebrates' community structure because as generalist top predators they can reduce agroecosystems pests' densities. The aims of this study were to describe behavioral attributes, diet composition and inter-specific interactions of the ant *Labidus praedator*. We searched for army ant raids using standardized trail-walk surveys. We plotted Army ants raids positions on an aerial image. We photographed events at swarm raids of *L. praedator* and registered its diet items in basal columns next to bivouacs. Five species from three Ecitoninae genera (*Labidus*, *Nomamyrmex* and *Eciton*) were registered. Caterpillars dominated *L. praedator* diet composition. Weeds flowers and diaspores and trees fruits aril and flesh were also transported items. One colony stopped foraging activity after intense rainfall and discrete groups of hundreds of *L. praedator* ants grouped under areas covered by vegetation. Groups of smooth-billed anim birds, polistine wasps and sarcophagid flies followed *L. Praedator* swarm fronts. We discuss the importance of landscape structure for agroecosystems colonization by Ecitoninae and the existence of chemical opportunism between army ants.

KEY WORDS: Army ants; Cerrado; Chemical opportunism; Diet; Swarm followers.

Introdução

As formigas de correição neotropicais (Formicidae: Ecitoninae) são frequentemente organismos hipogéicos¹⁸ (Wilkie *et al.* 2007), mas errantes e vorazes. Algumas das suas espécies têm um papel importante na estruturação das comunidades de invertebrados como predadores chave nas florestas tropicais (Brady 2003, Kaspari & O'Donnell 2003). A diversidade, a história natural e o papel funcional desse grupo formigas foram pouco estudados em ecossistemas secos ou em fisionomias abertas como agroecossistemas. A maioria dos estudos foi realizada nas florestas situadas na América Central com o gênero *Eciton* (Powell & Baker 2008)

A caça obrigatória em massa – que inclui a localização, a subjugação e o transporte

¹⁸ Que se alimenta abaixo da superfície do solo.

das presas-, o nomadismo, a reprodução por fissão da colônia e rainhas dictadiginas¹⁹ são um conjunto de traços que constituem “a síndrome adaptativa das formigas de correição” (Gotwald 1995). O ciclo de vida inclui uma fase nômade na qual o bivaque²⁰ muda de lugar diariamente e uma fase estacionária durante a qual este permanece por algumas semanas no mesmo local. Essas formigas têm um sistema de comunicação sofisticado e utilizam sinais químicos e táteis para localizar suas presas em potencial (Hölldobler & Wilson 1990)

Labidus praedator (Fr. Smith, 1858) utiliza uma grande variedade de habitats, incluindo florestas e campos. É geralmente noturna. A atividade dessas formigas está correlacionada com temperatura e umidade ambiente (Fowler 1979). A temperatura do substrato parece ser o principal fator limitante a colonização de áreas abertas por essas formigas (com abandono ou desvio de trilha acima de 43 ° C). A disponibilidade de presas e a existência de locais apropriados para nidificação também são fatores importantes (Meisel 2006). Formigas de correição do gênero *Labidus* não foram registradas em plantações de café a pleno sol e forrageavam com menor frequência em cafezal sombreado quando comparado a floresta contínua no Panamá (Roberts *et al.* 2000a). As colônias de *Labidus praedator* são constituídas por cerca de um milhão de indivíduos (Hölldobler & Wilson 1990)

Para escapar da predação pelas formigas de correição, artrópodes tentam fugir das frentes de enxame²¹ (Otis *et al.* 1986). Entretanto, alguns deles são predados por aves que forrageiam próximo a estas frentes (Kumar & O'Donnell 2007). Em termos funcionais, *L. praedator* captura e consome uma grande variedade de invertebrados terrestres, frequentemente incapazes de escapar da predação massiva direta ou do parasitismo facilitado pelos seguidores das frentes de enxame. Assim, essa espécie poderia ter um efeito negativo sobre invertebrados dos agroecossistemas, principalmente sobre as pragas.

Entretanto, aumentar a probabilidade de manutenção dessa espécie em agroecossistemas e avaliar seu potencial enquanto agentes de controle biológico conservativo são tarefas complicadas em razão da dificuldade de localização e de monitoramento de suas colônias. Este estudo pretende apresentar uma metodologia preliminar para a localização e monitoramento da distribuição espacial e temporal das trilhas de Ecitoninae bem como descrever preliminarmente alguns aspectos de história natural de *L. praedator*. Serão tratadas, ainda que preliminarmente, as seguintes questões:

¹⁹ Muito maiores que as operárias, com gáster alargado e pecíolo com um segmento, permanentemente sem asas e com pernas fortes.

²⁰ Sítio de agregação temporária sob algum tipo de abrigo (câmaras abandonadas de cortadeiras [Fomicidae: Attini], ocos de árvores, etc.) destinado a proteger a rainha e as fases imaturas da colônia.

²¹ Em uma frente de enxame, a coluna da trilha se divide em uma série de colunas que se cruzam e se juntam para formar a linha de frente da marcha com uma alta densidade de formigas caçando e coletando alimento para a colônia.

- a) Como *L. praedator* coloniza áreas mais abertas e se desloca dentro delas?
- b) Qual a composição de dieta de *Labidus praedator*?
- c) Quais as interações de *L. praedator* com outras espécies de inimigos naturais?

Materiais e Métodos

O estudo foi realizado em *plots* cultivados no campo experimental da Embrapa Cenargen (15°43'44" Sul and 47°54'00" Oeste) em Brasília, DF. Esse sítio é margeado por uma área de mata de galeria adjacente ao Lago Paranoá componente do bioma cerrado (Ribeiro *et al.* 2001). A perturbação antrópica é causada principalmente pelo revolvimento do solo, aplicação ocasional de agroquímicos e pelo roço mecânico da braquiária.

Foram procuradas colunas de formigas de correição por meio de caminhadas em trilhas padronizadas em três transectos paralelos a borda da mata, dentro de uma área de 400 por 100 metros. Os levantamentos foram realizados durante 90 minutos das 16:30 as 18:00 horas no horário local (Ou das 17:30 as 19:00 horas no horário de verão). O monitoramento das interações nas frentes em enxame de *L. praedator* e o registro de itens da dieta transportados para os bivaques foram realizados entre as 10:00 e as 16:00 horas, totalizando 6 horas de observação para cada um desses aspectos. Itens que estavam sendo transportados por *L. praedator* foram identificados em ordem ou família com base em manuais para identificação de pragas de plantas cultivadas (Gallo *et al.* 2002, Saran & Santos 2007, Silvie *et al.* 2007) e de ervas infestantes (Kissmann & Groth, 1997; Lorenzi, 1991, 1994), contados e conservados em álcool a 70%. O material botânico teve a identificação das plantas confirmadas por especialista e foi depositado no herbário da Embrapa Cenargen.

Quando colunas ou frentes de formigas de correição eram encontradas, os pontos eram marcados em uma imagem área do *Googleeearth*. A imagem de satélite foi localizada no referido aplicativo usando as coordenadas geográficas obtidas com auxílio de aparelho de GPS. Posteriormente, a imagem aérea equivalente foi pesquisada no *Googlemaps* e editada para inserção de pontos de trilha das diferentes espécies de Ecitoninae, uma vez que apresentava a informação de escala espacial agregada à imagem e uma melhor resolução pictográfica que aquelas disponibilizadas pelo *Googleeearth*. As espécies foram fotografadas, coletadas e enviadas para identificação por especialista. Os materiais testemunhos foram depositados na coleção do Laboratório de Mirmecologia no Centro de Pesquisas do Cacau em Ilhéus (BA).

Resultados

Trinta pontos de ocorrência de espécies de 3 gêneros de Ecitoninae (*Eciton*, *Labidus* e *Nomamyrmex*) foram encontrados e mapeados (Figura 3.1), dentre trilhas ou colunas de retorno com alimento, frentes de enxame, colunas de saída e colunas de migração - carregando fases imaturas para outras localidades. As operárias de *L. praedator* se deslocaram por uma distância linear média de aproximadamente 60 metros/dia em volta do bivaque na fase estacionária durante os eventos de forrageamento e de cerca de 100 metros/dia durante os eventos de dispersão reprodutiva na fase nômade. As frentes de enxame ocorreram das 10 às 16 horas (n=6), enquanto as colunas de migração a partir das 17 horas (n=4). A área da frente de enxame chegou a pelo menos 25 m² embaixo de uma mangueira, com uma densidade de mais de 200 formigas por m². Nas trilhas de reprodução, a oferta de iscas de sardinhas não era tão apreciada por *L. praedator*, quanto nas trilhas de forrageamento.

Foi registrada a migração da mata para o agroecossistema após uma semana de chuva e o movimento inverso parece ocorrer após o roço da braquiária e os veranicos. Willis & Oniki (1978) sugerem que *L. praedator* tende a forragear sobre a superfície preferencialmente na estação chuvosa, sendo conhecido por essa razão como “formiga da chuva”. Contudo, a chuva em excesso paralisa a atividade de forrageamento de *L. praedator*. Durante precipitações intensas, operárias e soldados de *L. praedator* se agregam as centenas em grupos sob a vegetação, se refugiando da chuva no entorno do caule do algodoeiro ou sob a superfície de folhas sobre o solo [Prancha 8].

Essas formigas estabeleceram bivaques próximo a palmeiras de dendezeiro rodeadas por braquiária e em tubulações abaixo e acima do solo na área construída. As trilhas de *L. praedator* passam por um mosaico de habitats: serrapilheira; concreto sombreado; subsuperfície do solo; abaixo da palha seca de braquiária ou das ervas infestantes [Prancha 6].

A frente em enxame de *L. praedator* é semelhante a um cerco militar porque a maioria das presas fica cercada por essas formigas em diferentes estratos da vegetação. As presas tornam-se mais vulneráveis uma vez que estão sujeitas a ataques por todos os lados. Alguns indivíduos de *L. praedator* escalaram as plantas até uma altura de 1,3 metros, enquanto os demais em altas densidades patrulhavam a superfície do solo, capturando presas que corriam ou se atiravam do estrato vegetal. Invertebrados, pouco conspícuos dentro do estrato herbáceo tornaram-se “visíveis” para os seguidores das frentes de enxame de *L. praedator*. A presença de grupos de anu-preto (mais que 3 indivíduos) esteve associada com a existência dessas frentes. Outros animais como moscas (Diptera: Sarcophagidae) e vespas (Hymenoptera:

Vespidae: Polistinae) foram observadas seguindo as frentes de enxame de *L. praedator*.

Além dos invertebrados, alguns materiais de origem vegetal foram explorados ou transportados para o bivaque por *L. praedator* como flores ou diásporos de infestantes e arilo ou polpa de frutos de espécies de hábito arbóreo (Tabela 3.1) [Prancha 7]. Colônias de *L. praedator* exploraram o algodoeiro durante duas estações chuvosas, formando até um bivaque dentro da plantação. Em 2007 não houve a aplicação de inseticidas e a abundância de bicudo foi o principal atrativo, enquanto em 2008, pupas de curuquerê. Após a captura de presas grandes, elas foram desmembradas e cortadas para superar estratégias de resistência ao ataque dessas formigas, como o uso dos colchetes abdominais e anal que provêm aderência a folhagem, a ejeção de fezes e o uso das mandíbulas para reagir ao ataque. Pré-pupas da Lagarta-militar foram transportadas praticamente intactas até o bivaque. O adulto de *Lagria villosa* Fabr. (Coleoptera: Lagriidae) não foi predado por essas formigas devido à rigidez do exoesqueleto e a habilidade de vôo, mas suas larvas são suscetíveis.

Cinco frações de trilhas epigéicas previamente utilizadas por *Eciton* spp. (n = 2) e *L. praedator* (n = 3) foram em seguida ocupadas por outras espécies de formiga da mesma sub-família (Formicidae: Ecitoninae): a) *Eciton* sp. 1 (Latreille, 1804) (emissor) e *L. praedator* (receptor) –24 horas após; b) *Eciton* sp. 2 (Emissor) e *Nomamyrmex esembeckii* (Westwood, 1842) (Receptor) –24 horas após; e c) *L. praedator* (emissor) e *Labidus coecus* (Latreille, 1802) (receptor) – 48 horas após. d) *L. praedator* (E) e *Eciton* sp. (R) 24 horas após; e) *L. praedator* (E) e *L. coecus* (R) – 6 dias após em túneis sub-superficiais [Prancha 10].

Discussão

Em adição a uma suposta influência da precipitação sobre a saída dessas formigas em direção às áreas mais abertas, as margens de gramíneas, leguminosas e infestantes são usadas como refúgios, mini-corredores e manchas ricas em alimentos por colônias de *L. praedator*. A ocorrência e persistência de Ecitoninae em agroecossistemas estão primordialmente relacionadas à estrutura da paisagem que tem na mata de galeria uma fonte de colonizadores para as áreas abertas com altas produtividades primárias na estação chuvosa. Assim, há uma maior probabilidade de encontrar *L. praedator* em agroecossistemas próximos a matas úmidas com solo sombreado por alguma camada de cobertura vegetal. Suspeita-se que a água – da chuva ou do sistema de irrigação - e o sombreado – provido pelas coberturas vegetais – reduzam as variações microclimáticas e forneçam as condições ótimas para incursões das matas de galeria para agroecossistemas adjacentes. Os fragmentos florestais existentes são

uma fonte de formigas predadoras potencialmente benéficas a agricultura (Marco Jr. & Coelho 2004, Guerra Sobrinho & Shoereder 2007).

As lagartas foram as presas mais carregadas por *L. praedator* nas nossas amostras no agroecossistema. Em outros agroecossistemas, presas específicas como o gorgulho do milho *Sitophilus* sp [Coleoptera: curculionidae] (Caetano 1991) ou pupa de *Diaphania* sp [Lepidoptera: pyralidae] (Gonring *et al.* 2003) foram registradas para o gênero *Labidus*. Apesar de não tolerar cultivos expostos a insolação direta, *Labidus* foi registrado dentre os gêneros mais freqüentes em cultivos irrigados de cafeeiro no Sudoeste da Bahia (Ferreira *et al.* 2005) e de tomateiro orgânico, não estaqueado consorciado com coentro, no Distrito Federal (Monteiro *et al.* 2008).

Já em floresta tropical de terra firme, baratas [Blattodea] e aranhas [Araneae] foram os itens dominantes da dieta de *L. praedator* (Vieira & Höfer 1994). Os principais itens da dieta de *L. praedator* parecem estar relacionados às presas mais abundantes de habitats específicos (e.g., de ervas infestantes, de mini-corredores de braquiária, de sistemas de cultivos, de tipos de vegetação nativa conservada, etc.). Estudos similares de composição de dieta com a análise de amostras maiores são necessários para entender o efeito das correições sobre as comunidades de invertebrados em diferentes fisionomias ou mesmo a variação da dieta entre habitats e entre estações do ano.

Anteriormente ao registro da limpeza das sementes ariladas e da dispersão de sementes de *Matayba guianensis* Aubl. (Sapindaceae) por *L. Praedator*, havia registro de exploração de diásporos de *Clusia criuva* Cambess (Clusiaceae) na restinga (Oliveira Passos & 2003), de *Syagrus romanzoffiana* (Cham.) Glassman (Arecaceae) na Mata atlântica (Zara *et al.* 2003) e de *Caryocar brasiliense* Camb. (Caryocaraceae) no cerrado (Powell & Baker 2007). Testes de germinação com diásporos limpos e “não-limpos” revelaram que a remoção da polpa ou arilo por formigas aumenta o sucesso de germinação em *Virola oleifera* (Schott) A.C. Smith (Myristicaceae), *Cabralea canjerana* (Vell) Mart. (Meliaceae), *Citharexylum myrianthum* Cham. (Verbenaceae) e *Alchornea glandulosa* Poepp. (Euphorbiaceae) (Pizo & Oliveira 2000). Como as sementes de ervas infestantes são muito pequenas supõe-se que elas seriam predadas por essas formigas.

L. praedator parece escolher sítios de nidificação próximos a árvores frutíferas, que forneceriam uma fonte de recursos abundante e previsível e eventualmente, em terrenos sujeitos a inundação, sítios temporários de nidificação. Essa espécie foi encontrada na copa de *Attalea phalerata* Mart. (Arecaceae) no Pantanal (Battirola *et al.* 2005) e no entorno de *Elais guineensis* Jacq. (Arecaceae) na área estudada.

Nesse agroecossistema, vespas polístineas, moscas sarcófagídeas e anus-pretos foram observados seguindo as frentes de enxame de *L. Praedator*, reduzindo as chances de escape ou de sobrevivência de invertebrados. Enquanto as moscas sarcófagídeas usam os feromônios de recrutamento para localizar e parasitar lagartas sobreviventes às frentes, vespas polístineas parecem roubar presas de *L. praedator*. Uma vespa foi capturada por *L. praedator*. Vespas polístineas são predadores generalistas principalmente de Lepidóptera (Prezoto et al. 2006). Moscas sarcófagídeas são parasitas de Lepidóptera, Coleóptera, Orthoptera, Homoptera, Neuroptera e Hymenoptera (Mahr et al. 2008). Existem interações bem documentadas entre formigas de correição e aves (Willis & Oniki 1992, Roberts et al. 2000b) e com pequenos mamíferos (Melo Junior e Zara 2007). Os seguidores mais comuns das frentes de enxame são aves insetívoras e moscas taquinídeas e conopídeas (Gotwald 1982).

O uso de pistas químicas por outras espécies da mesma subfamília (Formicidae: Ecitoninae) ocorre imediatamente após o abandono da trilha pela espécie emissora do feromônio. No caso de uma das trilhas abandonadas, ela conduzia outra espécie ao mesmo bivaque (Prancha 10). Esse oportunismo químico poderia indicar à espécie oportunista por meio de pistas químicas a localização de bivaques adequados, superando a limitação quantitativa de sítios apropriados para nidificação nas áreas abertas.

A falta de uma especificidade de odor de trilha parece ser comum nas formigas de correição. Quatro espécies de *Neivamyrmex* e *L. coecus* seguiram as trilhas umas das outras em laboratório (Watkins 1967). O comportamento de aproveitamento de trilhas abandonadas pode envolver dois componentes químicos, um genérico a que todas as formigas de correição respondem, e outro que seria específico do gênero ou da espécie (Togerson & Akre 1970). Há evidência de que o principal feromônio de trilha para *L. praedator*, *L. coecus* e *Eciton burchelli* é a mesma substância, chamada de 3-metil-indole (Keegans et al. 1993). A percepção de vibração mecânica espécie-específica associada à espécie emissora da trilha poderia ser um mecanismo explicativo alternativo para que a espécie oportunista evite o uso de trilhas ainda ocupadas.

Uma interação similar, com base sensorial, está descrita para duas espécies de formigas arbóreas. As formigas *Cephalotes* usam os feromônios de trilha de *Azteca* para localizar manchas de recursos na planta *Rizophora mangle* em manguezal (Adams 1990). Essa interação foi chamada de parasitismo da informação.

Na situação descrita pelo nosso estudo, não há prejuízo a nutrição da colônia da espécie emissora da informação e, assim, sugerimos o termo oportunismo químico para esse tipo de interação. Esse tipo de interação, com base química, também ocorreu nas frentes de

enxame, onde o feromônio de recrutamento atrai moscas e vespas para os invertebrados atacados por *L. praedator*. Depois que uma frente de enxame passa, a densidade de artrópodes na serrapilheria pode ser reduzida em até 50% (Gotwald 1995). Essa predação facilitada contribui para esta redução.

Devido ao tamanho de colônia grande e demanda nutricional e mobilidade elevadas, *L. praedator* pode ter um impacto significativo sobre a densidade e a diversidade das comunidades de invertebrados nos agroecossistemas e atuar como um agente de controle biológico conservativo. Para que essa avaliação seja realizada são necessárias práticas culturais que aumentem a complexidade e a qualidade desse ambiente, permitindo novos estudos da história natural da espécie.

Agradecimentos

Os autores agradecem a João Bernardo Bringel do Herbário da Ecologia do Cenargen pela identificação da espécie arbórea da Mata de Galeria, a Silvio Shigueo Nihei do departamento de Zoologia do IB/USP pela confirmação da família dos dípteros e a Jacques Delabie do CEPLAC pela identificação das formigas.

Referências bibliográficas

- Adams, E.S. 1990. Interaction between the ants *Zacryptocerus maculatus* and *Azteca trigona*: Interspecific parasitization of information. *Biotropica* 22: 200-206
- Brady, S.G. 2003. Evolution of the army ant syndrome: the origin and long-term evolutionary stasis of a complex of behavioral and reproductive adaptations. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 100: 6575– 6579.
- Battirola, L.D.; Marques, M.I.; Adis, J. & Delabie, J.H.C. 2005. Composição da comunidade de Formicidae (Insecta, Hymenoptera) em copas de *Attalea phalerata* Mart. (Arecaceae), no Pantanal de Poconé, Mato Grosso, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 49(1): 107-117
- Caetano, F.H. 1991. Ocorrência de formigas correição, *Labidus praedator* (Hymenoptera, Ecitoninae) atacando o gorgulho do milho (*Sitophilus* sp). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 20(2): 453-455.
- Ferreira, G.F.P.; Moreira, A.A.; Boaretto, M.A.C; Farinha, A.E.C; Sibinel, N.; Brito, A.F.S; Vaz, A.B; Santos, V.C & Junior, O.A.O. 2005. Mirmecofauna em mata de cipó e em agroecossistemas de eucalipto e de café no sudoeste da Bahia. *Anais do XVII Simpósio de Mirmecologia, UFMS, Campo Grande (MS)*.
- Fowler, H.G. 1979. Notes on *Labidus praedator* (Fr. Smith) in Paraguay (Hymenoptera: Formicidae: Dorylinae: Ecitonini). *Journal of Natural History* 13: 3-10
- Gallo, D.; Nakano, O.; Silveira Neto, S.; Carvalho, R.P.L.; Baptista, G.C.; Berti Filho, E.; Parra, J.R.P.; Zucchi, R.A.; Alves, S.B.; Vendramim, J.D.; Marchini, L.C.; Lopes, J.R.S. & Omoto, C.

2002. Entomologia agrícola. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p. il.
- Gotwald, W.H. 1982. Army ants. In: H. R. Hermann [ed.], Social Insects. Academic Press, New York. pp. 157-254
- Gotwald, W.H. 1995. Army Ants: The Biology of Social Predation. USA: Cornell University Press.
- Guerra Sobrinho, T. & Schoereder, J.H. 2007. Edge and shape effects on ant (Hymenoptera: Formicidae) species richness and composition in forest fragments. Biodiversity and Conservation 16: 1459-1470.
- Hölldobler, B. & Wilson, E.O. 1990. The ants. Cambridge, Harvard University Press, 732p.
- Kaspari, M. & O'Donnell, S. 2003. High rates of army ant raids in the Neotropics and implications for ant colony and community structure. Evolutionary Ecology Research 5: 933-939
- Keegans S.J.; Billen J.; Morgan E.D. & Gökçen O.A. 1993. Volatile glandular secretions of three species of New World army ants, *Eciton burchelli*, *Labidus coecus* and *Labidus praedator*. Journal of Chemical Ecology 19: 2705-2719
- Kissmann, K.G. & Groth, D. 1997. Plantas infestantes e nocivas. 2.ed. São Paulo: BASF Brasileira. 3v. Tomos I, II e III.
- Kumar, A. & O'Donnell, S. 2007. Fragmentation and elevation effects on bird-army ant interactions in Neotropical montane forest of Costa Rica. Journal of Tropical Ecology 23: 581-590.
- Lorenzi, H. 1991. Plantas Daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais. 2a Edição, Editora Plantarum, Nova Odessa, 1991. 440 p.
- Lorenzi, H. 1994. Manual de Identificação e Controle de Plantas Daninhas: plantio direto e convencional. 4a edição, Editora Plantarum, Nova Odessa. 1994. 299 p.
- Marco Jr., P. & Coelho, F.M. 2004. Services performed by the ecosystem: forest remnants influence agricultural cultures's pollination and production. Biodiversity and Conservation 13: 1245 - 1255.
- Mahr, D.C; Whitakerm P. & Ridgway, N. 2008. Biological Control of Insects and Mites: an introduction to beneficial natural enemies and their use in pest management. NCR A3842. University of Wisconsin.
- Meisel, J.E. 2006. Thermal ecology of the Neotropical army ant, *Eciton burchelli*. Ecological Applications 16(3): 913-922.
- Melo Junior, T.A. & Zara, F. J. 2007. Black-tufted-ear Marmoset *Callithrix penicillata* (Primates: Callitrichidae) Following the Army Ant *Labidus praedator* (Formicidae: Ecitoninae) in the Cerrado and the Atlantic Forest, Brazil. Neotropical primates 14(1): 32-33.
- Monteiro, A.F.M; Togni, P.H; Sujii, E.R. 2008. Biologia de *Labidus coecus* em agroecossistema de tomateiro orgânico no Distrito Federal. CD Room dos resumos do XX Congresso Brasileiro de Zoologia .
- O'Donnell, S.; Lattke, J.; Powell, S. & Kaspari, M. 2007. Army ants in four forests: geographic variation in raid rates and species composition Journal of Animal Ecology 76: 580-589
- Otis, G.W.; Santana, C.S.; Crawford, D.L. & Higgins, M.L. 1986. The Effect of Foraging Army Ants on Leaf-Litter Arthropods. Biotropica 18 (1) : 56-61.

- Passos, L. & Oliveira, P.S. 2003. Interaction between ants fruits and seeds in restinga Forest in South-Eastern Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 19: 261-270.
- Pizo, M.A. & Oliveira, P.S. 2000. The Use of Fruits and Seeds by Ants in the Atlantic Forest of Southeast Brazil. *Biotropica* 32 (4): 851–861
- Powell, S. & Baker, B. 2008. Os grandes predadores dos neotrópicos: comportamento, dieta e impacto das formigas de correição (Ecitoninae). In: *Insetos Sociais da Biologia à Aplicação* (Eds. Ferreira Vilela, I. A. dos Santos, J. E. Serrão, J. H. Schoereder, J. Lino-Neto & L. A. de O. Campos), pp. 18-37. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brazil.
- Prezoto, F.; Santos-Prezoto, H.H.; Machado, V.L.L. & Zanuncio, J.C. 2006. Prey captured and used in *Polistes versicolor* (Olivier) (Hymenoptera:Vespidae) Nourishment. *Neotropical Entomology* 35(5): 707-709
- Ribeiro, J.F.; Fonseca, C.E.L. & Silva, J.C.S. (Ed.). *Cerrado: caracterização e recuperação de matas de galeria*. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2001. 899 p.
- Roberts, D.L.; Cooper, R.J. & Petit, L.J. 2000a. Use of Premontane Moist Forest and Shade Coffee Agroecosystems by Army Ants in Western Panama. *Conservation Biology* 14(1):192-199
- Roberts, D.L.; Cooper, R.J. & Petit, L.J. 2000b. Flock characteristics of ant-following birds in premontane moist forest and coffee agroecosystems in western Panama. *Ecological Applications* 10, 1414-1425.
- Vieira, R.S. & Höfer, H. 1994. Prey spectrum of two army ant species in central Amazonia, with special attention on their effect on spider populations. *Andrias* 13: 189 – 198.
- Saran, P.E. & Santos, W.J. 2007. *Manual de pragas do algodoeiro*. Campinas-SP: FMC Agrícola,
- Silvie, P.; Belot, J.; Michel, B.; Takizawa, E.; Busarello, G.D. & Thomazoni, D. 2007. *Manual de Identificação das Pragas e seus Danos no cultivo do Algodão*. Cascavel - PR: Gráfica Igol, 2007 Boletim técnico nº 38.
- Togerson, R.L. & Akre, R.D. 1970. The persistence of army ant chemical trails and their significance in the Ecitonie–Ecitophile association (Formicidae: Ecitonini). *Melandria* 5: 1–28.
- Watkins, J.F.; Cole, T.W. & Baldrige, R.S. 1967. Laboratory studies on interspecies trail following and trail preference of army ants (Dorylinae). *Journal of the Kansas Entomological Society* 40: 146-151.
- Wilkie, K.T.R.L.; Mertl, A. & Traniello, J.F.A. 2007. Biodiversity below ground: probing the subterranean ant fauna of Amazonia. *Naturwissenschaften* 94: 725–731
- Willis, E.O. & Oniki, Y. 1992. As aves e as formigas de correição. *Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi, série Zoologia*. 8: 123–215.
- Willis, E. O. & Oniki, Y. 1978. Birds and army ants. *Annual Review of Ecology and Systematics* 9: 243-263.
- Zara, F.J.; Morini, M.S.C. & Kato, L.M. 2003. New record for the army ants *Labidus mars* (Formicidae: Ecitoninae) in Atlantic Rain Forest in São Paulo State, Brazil. *Sociobiology* 42 (2): 443-448.

Tabela 3.1. Composição da dieta registrada de 3 colunas de forrageamento de *L. praedator*;
 * Quantidade de itens transportados por *L. praedator*; Tempo total de observação = 6 horas;
 Embrapa Cenargen, Brasília, DF.

Categoria taxonômica	Nº de itens*
Reino Animalia	
Hemiptera: Pentatomidae	
Adulto do percevejo <i>Thyanta</i> sp.	1
Adulto do percevejo <i>Nezara</i> sp	3
Ninfa de percevejo	3
Hemiptera: Cercopidae	
Adulto da cigarrinha das pastagens <i>Mahanarva</i> sp	1
Ninfa de cigarrinha das pastagens	3
Hemiptera: Cicadellidae	
Adulto de cigarrinha	2
Ninfa de cigarrinha	4
Lepidoptera: Noctuidae	
Lagartas noctídeas (> 2 cm)	
Lagarta militar <i>Spodoptera frugiperda</i>	7
Lagarta militar <i>Spodoptera cosmioides</i>	3
Falsa-medideira <i>Pseudoplusia includens</i>	4
Lagarta-das-maçãs <i>Heliothis virescens</i>	2
Pedaços do curuquerê <i>Alabama argillacea</i>	6
Pupa de <i>A. argillacea</i>	5
Não identificado	
Lagartas pequenas (<2 cm)	21
Pedaços pequenos de lagartas	37
Coleoptera: Curculionidae	
Larva de 3º instar do bicudo <i>Anthonomus grandis</i>	3
Pupa do bicudo <i>A. grandis</i>	2
Adulto do bicudo <i>A. grandis</i>	5
Araneidae	1
Formicidae	1
Vespidae	1
Orthoptera	1
Isopoda	3
Dermaptera	1
Reino Plantae	
Graminae	
Diaspóros de <i>Brachiaria</i> sp.	8
Compositae	
Diaspóros de <i>Emilia sonchifolia</i>	3
Labiatae	
Flores de <i>Hyptis suaveolens</i>	4
Diaspóros de <i>H. suaveolens</i>	2
Palmae	
Polpa de fruto do dendezeiro <i>Elaeis guineensis</i>	4
Sapindaceae	
Arilo de <i>Matayba guianensis</i>	14



FIGURA 3.1. Distribuição de trilhas de cinco táxons da subfamília Ecitoninae em Imagem aérea da paisagem da Embrapa Cenargen (Brasília, DF). ● *Labidus praedator* (1-23/02/07; 2-15/04/07; 3-14/05/07; 4-20/12/07; 5-29/01/08; 6-29/01/08; 7-11/02/08; 8-21/02/08; 9-01/03/08; 10-02/03/08; 11-03/03/08; 12-04/03/08; 13- 05/03/08; 14-09/03/08; 15-14/03/08; 16-15/03/08); ● *Nomamyrmex esembeckii* (1-15/02/08; 2 – 21/02/08; 3-23/02/08; 4-02/03/08; 5-10/03/08; 6-13/03/08; 7 – 17/03/08); ● *Labidus coecus* (1-29/01/08; 2-06/03/2008; 3-17/03/08; 4-18/03/08); ● *Eciton* spp (1-19/01/08; 2-12/03/08; 3-14/02/08). As áreas em marrom são tomadas pelo crescimento da braquiária a partir do início da estação chuvosa.

*As marcações sobrepostas correspondem às localidades onde foi observado o aproveitamento de trilhas por outras espécies de formigas de correição.



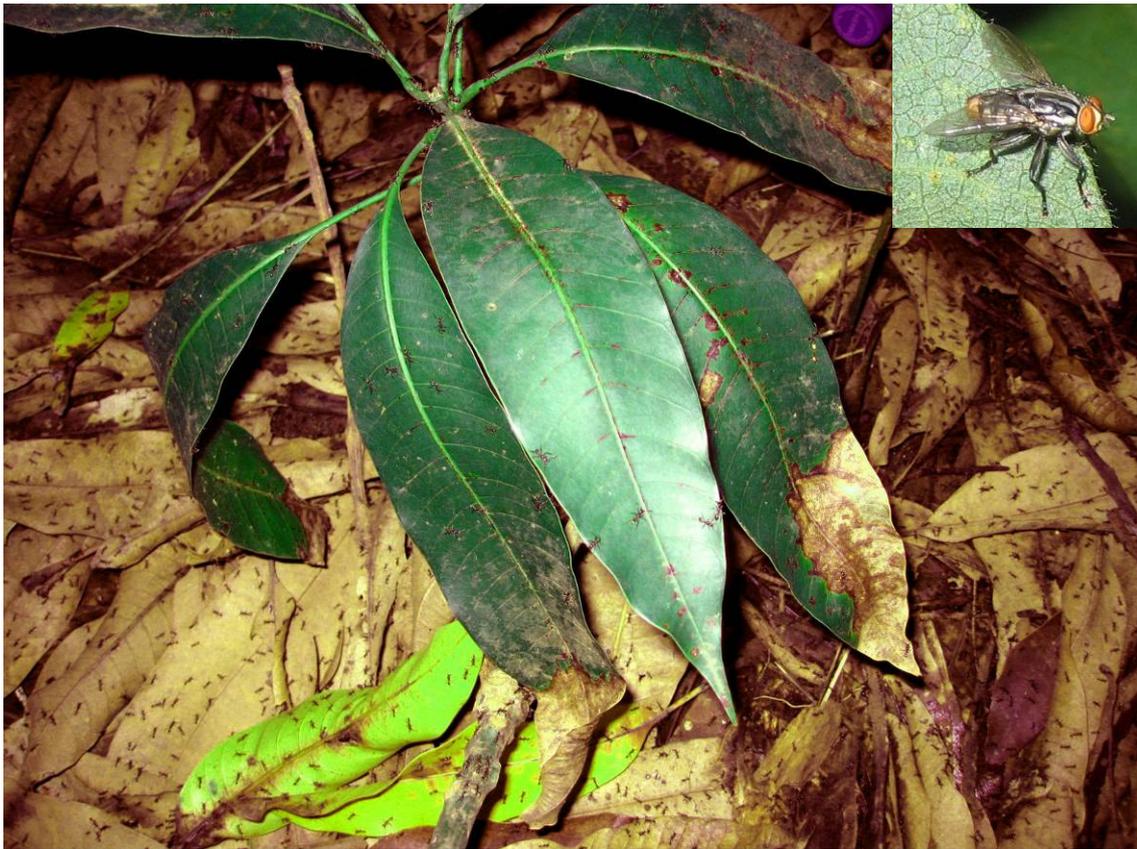
PRANCHA 6. HABITATS FREQUENTADOS *LABIDUS PRAEDATOR*

a) Acumulo de água da chuva em depressão no terreno de mata de galeria, ocupada por representantes de Ectoninae; b) Deslocamento de *Labidus praedator* após a chuva sob a palhada de braquiária da mata para o agroecossistema adjacente.



PRANCHA 7. ASPECTOS DO FORRAGEAMENTO DE *L. PRAEDATOR*—ALGUNS ITENS DA DIETA

a) Lagartas coletadas subindo as plantas em razão da passagem das frentes de enxame de *L.praedator*; b) Consumo de polpa de coquinho de dendezeiro ; c) Percevejo transportado em ponto de retorno da trilha de *L. praedator*; d) Inflorescência e infrutescência da erva infestante *Emilia sonchifolia*; e) Sementes ariladas de *Matayba guianensis* riscadas ou transportadas por *L. praedator*; f) Escalada do estrato herbáceo-arbustivo por indivíduos da frente em enxame de *L. praedator* e início de desmembramento de lagarta; g) Transporte de pupa de *Alabama argillacea* retirada de folha do algodoeiro; h) transporte de adulto de *Anthonomus grandis*; i) Coleta de flor de *Hyptis suaveolens*.



PRANCHA 8. ASPECTOS DO FORRAGEAMENTO DE *L. PRAEDATOR* – COMPORTAMENTO E INTERAÇÕES

a) Formigas *L. praedator* na frente de enxame e uma acompanhante freqüente, uma mosca sarcófagídea (Diptera:Sarcophagidae); b) Agregações de milhares de indivíduos de *L. praedator* após chuva forte embaixo de manchas cobertas por uma série de copas pouco desenvolvidas de algodoeiros, ainda em fase de botão.



PRANCHA 9. *LABIDUS COECUS*

- a) Predação de coró por *Labidus coecus*;
- b) Túnel sub-superficial de *L. coecus* reconstituído pelas operárias após pisoteio.



PRANCHA 10. OPORTUNISMO QUÍMICO ENTRE *L. PRAEDATOR* E *ECITON* SP. E ENTRE *ECITON* SP2. E *NOMAMYRMEX ESEMBECKII*

CAPÍTULO 4 - CONSIDERAÇÕES GERAIS E CONCLUSÕES

Nos sistemas extensivos de cultivo do algodoeiro do Distrito Federal, os estresses (e.g. solo saturado com água) e o regime de distúrbio (e.g. aplicação freqüente de agroquímicos) foram os fatores principais na estruturação das comunidades de formigas predadoras. Foram encontradas colônias esparsas e uma densidade muito baixa de formigas nos sistemas extensivos de algodoeiro, principalmente de *Pheidole* spp. e de *Solenopsis* spp., com uma contribuição pequena para o controle natural de pragas.

Já em sistemas de cultivo onde houve a redução da intensidade do regime de distúrbio e a adoção de práticas de manejo agroecológico, a complexidade e o tipo do habitat foram os fatores preponderantes na definição da estrutura dessas assembléias. A influência das coberturas mortas (*mulching*) das leguminosas *Crotalaria juncea* e *Vigna unguiculata* sobre o controle biológico natural de pragas está por ser mais bem estudada.

Foi registrada uma alta densidade de *Solenopsis invicta* na cobertura morta de *C. juncea*, mesmo 15 dias após o roço, bem como uma alta associação de *Pheidole gertrudae* com as coberturas mortas de braquiária ou de folhas de bananeira. Como a qualidade do habitat pode ser julgada pela densidade de uma população, assume-se que a dominância dessas espécies de formigas predadoras agressivas indica uma alta qualidade do habitat (e.g. coberturas mortas) para esses inimigos naturais.

Já para os sistemas extensivos da Região Centro-Oeste, juntamente com a avaliação e o monitoramento da contribuição dos predadores mais abundantes e freqüentes, o uso de inseticidas de maior seletividade pode representar uma estratégia inicial que, uma vez adotada, poderá incrementar a eficácia do controle biológico conservativo de pragas pelas assembléias dos inimigos naturais.

Caso o objetivo seja aumentar a predação por formigas, o estudo de agroecossistemas com padrões espaciais heterogêneos deve ser promovido, pois a presença de mini-corredores na forma de faixas de ervas infestantes, de cultivos secundários consorciados ou de cobertura morta, melhora as condições e os recursos para os inimigos naturais.

Sugerimos desenhos experimentais para avaliar influência de duas plantas, em algumas entrelinhas do algodoeiro ou em faixas nas bordas dos talhões, sobre as assembléias da entomofauna benéfica, incluindo as formigas predadoras: *Vigna unguiculata* (feijão-macassar de hábito semi-ereto ou ereto) no Nordeste e *Crotalaria juncea* (crotalária) no Centro-Oeste do Brasil.

O feijão-macassar – conhecido também como feijão verde, feijão-caupi ou feijão-de-

corda (*V. unguiculata*) - é uma planta tradicionalmente usada em policulturas, inclusive com o algodoeiro, por pequenos produtores no Nordeste brasileiro (Silva et al. 2007). Possui nectários extraflorais (NEF) nas estípulas dos pecíolos foliares e no pedúnculo na base das inflorescências, entre pares de flores ou vagens. Estes atraem insetos benéficos, incluindo muitos tipos de vespas, abelhas, joaninhas, formigas e besouros polinizadores. Os NEF da base das inflorescências têm uma concentração de nutrientes quase vezes 200 maior que o NEF da estípula e é mais rico em aminoácidos que os NEF de mamona (*Ricinus communis*) e de maracujá (*Passiflora auriculata*) (Pate et al. 1985, Bowman et al. 1998.). *Solenopsis* sp é mais abundante em NEF contendo altos níveis de aminoácidos (Lanza 1991).

Além disso, o feijão-macassar realiza serviços ecológicos como a adubação verde, o controle de nematóides pragas das raízes e a supressão de ervas infestantes por alelopatia (Collins et al. 2007). A inoculação com estirpe de rizóbio²² selecionadas para o feijão macassar e adaptadas ao semi-árido brasileiro permite a fixação biológica de nitrogênio, o que aumenta a produtividade dessa cultura, substituindo vantajosamente a necessidade de aplicação de adubos nitrogenados (Sousa 2006). Portanto, resta avaliar se a consorciação desta planta com algodoeiro aumenta a eficiência do controle biológico, por insetos predadores e parasitóides, e o retorno econômico aos produtores.

Já a crotalária poderia substituir ou reduzir o cultivo das gramíneas milho e sorgo, hospedeiras de lagartas (Lepidoptera: Noctuidae) que permitem a manutenção do ciclo dessas pragas, pois ocorreria a remoção de pupas quiescentes no solo por *S. invicta*. A abundante biomassa de invertebrados associada à parte aérea da crotalária permitiria altas densidades de *S. invicta*, que permanecem após o roço, desde que não haja revolvimento do solo.

As iscas e a busca ativa permitiram inventariar com rapidez as espécies mais abundantes e freqüentes dos agroecossistemas de algodoeiro estudados, e certamente são amostragens adequadas e representativas, sob o ponto de vista da estrutura e da função, das comunidades de formigas nos cultivos anuais. Se o objetivo for o de avaliar a ocorrência e a potencialidade da inserção de assembléias de formigas predadoras de cultivos anuais ou bianuais simplificados em programas de manejo integrado de pragas, esses métodos demandam menos tempo do produtor, não são prejudicados pelo trânsito do maquinário agrícola, tem menores custos e um pequeno nível de perda de informação.

Por outro lado, dados do *pitfalls* permitem descrever padrões sucessionais, devendo ser utilizados para avaliação de impactos, se inseticidas mais seletivos ou sistemas de cultivo com menor número de pulverizações forem adotados para o algodoeiro. Além disso, são

²² Designação comum às bactérias do gênero *Rhizobium* simbiotes de leguminosas que fixam nitrogênio.

bastante apropriados para sistemas perenes (pomares, sistemas agroflorestais, etc.) onde ocorre uma maior diversidade de formigas.

As formigas foram os predadores dominantes no algodoeiro podado de 2º ano, rebrotado após a poda, enquanto os coccinelídeos e *Condilostylus* foram os predadores mais importantes no controle do pulgão e das lagartas no algodoeiro de 1º ano na área experimental. No entanto, cautela é necessária. Mesmo quando condições desfavoráveis como complexidade do habitat baixa e distúrbio severo são reduzidas, alguns inimigos naturais são incapazes de se tornarem comuns o suficiente desde o início do cultivo e em antecipação ao pico da praga para assegurar um controle natural eficiente de um complexo de pragas como o do algodoeiro.

Nos sistemas extensivos de produção de algodão populações de algumas espécies de inimigos naturais podem ser manejadas indiretamente pelo aumento da complexidade do habitat associado à redução do número de pulverizações e pela adoção de agentes de distúrbios mais seletivos. Assim, o seu papel benéfico poderia ser demonstrado. Os sistemas de cultivo de algodoeiro com cobertura permanente do solo por meio de consórcios ou *mulching* vêm sendo intensivamente estudados na Austrália e nos Estados Unidos (Gibbs *et al.* 2005, Deguine *et al.* 2008). Há evidências do papel dos inimigos naturais, especialmente das formigas, combinado com o da dessecação, na regulação das populações imaturas de bicudo em regiões semi-áridas (Sterling *et al.* 1989, Ramalho & Silva 1993).

Esse estudo básico aponta para a necessidade de novas pesquisas nas diversas regiões produtoras de algodão no Brasil, tanto com as variedades asselvajadas ou quanto com aquelas comercialmente em expansão visando elucidar as seguintes questões: Qual a força relativa das interações das formigas com diferentes variedades ou espécies de algodoeiro, que depende da qualidade do néctar extrafloral, e como ela se altera em função das práticas de cultivo adotadas? Qual o potencial das espécies de formigas dominantes na proteção dos algodoeiros nos diferentes sistemas de cultivo?

Os resultados deste trabalho reforçam a hipótese de que a densidade de formigas predadoras aumenta em sistemas sem revolvimento do solo, com plantas rebrotadas e com cobertura do solo. Assim, estudos futuros sobre o papel das formigas predadoras na regulação das pragas do algodoeiro deverão focar em sistemas de cultivo de algodoeiro: de baixo uso de insumos de fibras coloridas; de variedades semi-perenes de 2º ou 3º ano; de variedades crioulas tradicionais (algodão mocó *G. hisurtum* var. *marie galante* ainda presentes no semi-árido brasileiro de *G. barbadense* ainda presentes em roças e fundos de quintal).

Se uma alta densidade de inimigos naturais estiver presente ou for manipulada

indiretamente por meio dos consórcios para controlar pragas, as decisões de usar bioinseticidas (e.g., torta de mamona) ou liberar em massa agentes de mortalidade biótica (e.g., *Trichogramma* spp. ou *Catolaccus* sp) não teriam um custo alto (Sterling *et al.* 1989).

O estabelecimento de nível de não ação²³ para os diversos sistemas de cultivo de algodoeiro e o treinamento dos produtores para o monitoramento dos principais herbívoros e inimigos naturais do algodoeiro possibilitariam a redução da frequência de aplicações de pesticidas no algodoeiro. E conseqüentemente, uma diminuição nos custos de produção e um maior retorno econômico aos pequenos produtores da região.

Referências Bibliográficas

- Collins, A.S; Chase, C.A; Stall, W.M & Hutchinson, C.M. 2007. Competitiveness of Three Leguminous Cover Crops with Yellow Nutsedge (*Cyperus esculentus*) and Smooth Pigweed (*Amaranthus hybridus*). Weed Science 55 (6): 613–618
- Bowman, G.; Shirley, C. & Cramer, C. 1998. Managing cover crops profitably. Sustainable Agriculture Network Handbook Series, Book 3. Available online at:
<<http://www.sare.org/publications/covercrops/covercrops.pdf>> Acesso em: 01 de Março de 2008.
- Gibbs, M.; Dufour, R. & Guerena, M. 2005. BASIC Cotton Manual: Practical Lessons Learned from the Sustainable Cotton Project's Biological Agriculture Systems in Cotton (BASIC) Program. Ed. by Sustainable Cotton Project.
- Gravena, S. & Cunha, H.F.. 1991. Predation of cotton leafworm 1st instar larvae, *Alabama-argillacea* [LEP, NOCTUIDAE]. Entomophaga 36:481-491.
- Lanza, J. 1991. Response of fire ants (Formicidae: *Solenopsis geminata* and *S. invicta*) to artificial nectars with amino acids. Ecological Entomology 16: 203-210.
- Pate, J.S; Peoples, M.B.; Storer, P.J. & Atkins, C.A . 1985. The extrafloral nectaries of cowpea: II. Nectar composition, origin of nectar solutes and nectary function. Planta 166: 28-38
- Ramalho, F.S. & Silva, J.R.B. 1993. Período de emergência e mortalidade natural do bicudo do algodoeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira 28: 1221-1231.
- Silva, M.N.B.; Beltrão, N.E.M.; Cardoso, G.D.; Santos, D.P. & Negreiros, K.V. 2007. Consórcio do Algodoeiro Colorido BRS - 200 com Feijão Macassar sob Manejo Orgânico
- Sousa, I. S. (Ed.). 2006. Agricultura familiar na dinâmica da Pesquisa Agropecuária. Brasília: EMBRAPA, 2006. 434 p. il., Mapas.
- Sterling, W.L.; El-Zik, K.M. & Wilson, L.T. 1989. Biological control of pest populations. In: Frisbie, R.E.; El-Zik, K.M. & Wilson, L.T (Ed.). Integrated Pest Management Systems and Cotton Production. John Wiley & Sons.

²³ Nível de não ação é densidade de inimigos naturais suficiente para manter as pragas abaixo do nível de ação (nível econômico de dano). Foi definido o nível de não ação de um predador por uma lagarta de *A. argillacea* por planta para o sudeste do Brasil (Gravena & Cunha 1991).