

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AMBIENTAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE**

**Formigas protegem plantas sem atrativos no Cerrado?**



**Caroline Martins Motta**

**2010**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E AMBIENTAIS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM**  
**ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE**

**Formigas protegem plantas sem atrativos no Cerrado?**

**CAROLINE MARTINS MOTTA**

*Orientação*

**Josué Raizer e Wedson Desidério Fernandes (co-orientador)**

Dissertação apresentada a Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade para a obtenção do título de Mestre.

**Dourados, MS**

**2010**

“Formigas protegem plantas sem atrativos no Cerrado?”

Por

**Caroline Martins Motta**

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD),  
como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de  
**MESTRE EM ENTOMOLOGIA E CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE**  
Área de Concentração: Entomologia



Prof. Dr. Josué Raizer  
Orientador - UFGD



Prof. Dr. Yzel Rondon Suárez  
Membro Titular – UEMS



Prof. Dr. Fábio de Oliveira Roque  
Membro Titular – UFGD

Aprovada em: 26 de fevereiro de 2010

*“Quando o homem aprender a respeitar até o menor ser da criação, seja animal ou vegetal, ninguém precisará ensiná-lo a amar seu semelhante.”*

Albert Schweitzer (Nobel da Paz – 1952)

**OFEREÇO**

Aos meus avós paternos Evaldino Soares da Motta (*In Memoriam*) e Elsa Lucinda Guimarães da Motta e meus avós maternos Plínio Fagundes (*In Memoriam*) e Juvelina Martins Fagundes...

Sempre atenciosos e carinhosos!

Aos Meus padrinhos queridos Denise Martins Fagundes Nantes e Sebastião Nantes... Sempre me mostraram o melhor caminho a seguir na vida.

Aos tios e tias que amo muito...

E aos meus amigos que sempre estiveram presente...

**DEDICO**

Aos meus pais Milton Clovis Guimarães da Motta e Abigail Martins Fagundes Motta pelo apoio, esforço e compreensão constante para que eu pudesse realizar este ideal...

Vocês fizeram parte de mais uma etapa conquistada!

AMO VOCÊS!

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, Senhor da minha vida, pela oportunidade, direção e força em todos os momentos.

Ao Programa de Pós-graduação em Entomologia e Conservação da Biodiversidade, pela oportunidade de cursar este mestrado.

Ao coordenador do Programa de Pós-graduação Marcos Gino Fernandes, pelo seu empenho e amizade.

Ao CNPq pela bolsa concedida (133016/2009-9).

Ao Josué Raizer pela orientação, ensinamentos, companheirismo, amizade e apoio. Você fez parte dessa conquista, muito obrigada de coração!

Ao Professor Dr. Wedson Desidério Fernandes pelos ensinamentos.

Ao Professor Rogério Silvestre pela sua amizade, ensinamentos, apoio, companheirismo e ajuda na identificação das formigas! Valeu Roger!

Ao Thiago Auko e Bhrenno Trad, pela ajuda na identificação das abelhas e vespas.

Ao Exército de Libertação da Natureza, pelo companheirismo, amizade e dedicação. Valeu galera (Roger, Manú, Thiago, Vandereco, Bhrenno, Rato e Felipex)!

Aos professores do curso do Mestrado, em especial ao Professor Fábio Roque pela amizade e ensinamentos.

Aos colegas de turma e amigos pelo agradável convívio, em especial Gabi Schulz e seu Rodolfo, Marina Dalzochio, Greyci e Charlotte.

Ao Professor Msc. Vanderlei Berto Junior e sua esposa Andréia Falleiros pela amizade e apoio.

Ao Professor Dr. Emerson Carvalho pelo incentivo e apoio.

Ao Flávio G. Cucollo pela amizade e ajuda nas fotografias.

A toda a galera da graduação que fizeram parte do meu convívio... Olha a Balsaaa!! Em especial o Pep, Fininho, Dolácio e Hadassa.

Aos proprietários do local estudado, Alcides da Silva, Edir Fagundes da Silva e Emil Fagundes Borges, que permitiram desenvolver a presente pesquisa com todo o apoio e incentivo. Muito obrigada!

Aos meus queridos e amados pais Milton Motta e Abigail Martins Motta, exemplos de vida e conforto nas minhas horas difíceis. Obrigada por tudo que fizeram por mim!

Aos meus amigos de todas as horas... Dri e Hebert, obrigada pelo carinho e incentivo sempre! Carrego vocês no coração!

E um agradecimento especial para as **Formigas**, meu material de estudo!

## **Formigas protegem plantas sem atrativos no Cerrado?**

### **Resumo**

Interações multitróficas são diversas e grande parte da complexidade das comunidades naturais é produto destas interações. Com o intuito de entender como estas interações podem contribuir para que formigas ofereçam proteção a plantas, mesmo que elas não invistam em nenhum atrativo, tais como domátias e nectários extraflorais, estudamos relações tróficas estabelecidas em um sistema biológico envolvendo *Solanum lycocarpum* (Solanaceae) em uma região do Cerrado, Brasil. Para tanto elaboramos um experimento com 80 plantas, nas quais 40 tinham livre acesso para as formigas e em outras 40 limitamos o acesso das formigas com aplicação de uma graxa inseticida na base do caule (antes do experimento excluimos todas as formigas das plantas). Para verificar o efeito da exclusão das formigas sobre a intensidade de herbivoria, medimos a área foliar danificada no início do experimento e nos picos de floração e de frutificação. Após um ano do experimento, coletamos e pesamos todos os frutos maduros, assim como contamos suas sementes. Registramos 36 espécies de 17 famílias e seis ordens de insetos nas 80 plantas. Os insetos Hemiptera representaram o maior número de famílias (8) em uma mesma ordem e as formigas formaram a família mais diversa em espécies (11 em quatro subfamílias). No início do experimento com limitação ao acesso de formigas, o dano foliar foi semelhante nas duas categorias de tratamento (com ou sem formigas). Com o passar do tempo, plantas isoladas tinham folhas mais danificadas do que plantas com livre acesso às formigas, cresceram 12 cm a menos do que as demais plantas e tiveram baixa produção de frutos. Assim a exclusão de formigas modifica a comunidade de insetos herbívoros, atuando como uma força moldadora, influenciando diretamente na diversidade de espécies de insetos e indiretamente na intensidade de herbivoria, no crescimento da planta e na produção de frutos.

**Palavras-chaves:** Mutualismo, herbivoria foliar, interações tróficas indiretas, *Solanum lycocarpum*

## **Do ants protect no attractive plants at Cerrado, the Brazilian Savanna?**

### **Abstract**

Multispecies interactions are diverse and much of the complexity of natural communities is the product of these interactions. In order to understand how these interactions may contribute to the ants provide protection to plants, even if they do not invest in any attraction, such as extrafloral nectaries and domatias, we study trophic relationships established in a biological system involving *Solanum lycocarpum* (Solanaceae) in a region of the Cerrado, Brasil. We conduct an experiment with 80 plants, in which 40 plants were allowed free access to the ants and other 40 limit this access with a grease applying insecticide at the base of the stem (before the experiment, we exclude all the ants from the plants). To check the effect of the exclusion of ants on the intensity of herbivory, we measured the leaf area damaged at baseline and peak flowering and fruit. After one year of the experiment, we collect and weigh all the ripe fruit, and counted their seeds. We recorded 36 species of 17 families and six orders of insects in 80 plants. Insects Hemiptera represented the largest number of families (8) in the same order and the ants formed the most diverse family of species (11 in four subfamilies). At the beginning of the experiment with limited access of ants, leaf damage was similar in the two categories of treatment (with or without ants). Over time, individual plants had more damaged leaves than plants with free access to ants, rose 12 cm less than the other plants and had low fruit set. Thus the exclusion of ants alter the community of herbivorous insects, acting as a driving force, directly influencing the diversity of insect species, and indirectly in the intensity of herbivory on plant growth and fruit production.

**Keywords:** Mutualism, leaf herbivory, indirect trophic interactions, *Solanum lycocarpum*

## INTRODUÇÃO

A ampla diversificação vegetal, advinda das interações de plantas com animais, é reconhecida nas distintas histórias de vida, estratégias de crescimento, defesas físicas e químicas e também nas formas de utilização do habitat pelas plantas (HERRERA & PELLMYR, 2002; DEL-CLARO, 2004). É fato que a maioria das espécies atuais necessariamente se engaja em pelo menos uma interação interespecífica ao longo de seu ciclo de vida (BRONSTEIN *et al.*, 2006).

Interações multitróficas implicam em efeitos diretos e indiretos entre as muitas espécies participantes (BRONSTEIN & BARBOSA, 2002), produzindo informações relevantes para a compreensão sobre as formas que as interações interespecíficas podem moldar a organização das comunidades, revelando ligações entre espécies e ecossistemas (DEL-CLARO & TOREZAN-SILINGARDI, 2009). Há hipóteses considerando que plantas tropicais possuam defesas mais eficientes contra a herbivoria do que plantas de climas temperados, devido a uma maior diversidade e atividade dos herbívoros nos trópicos (BOLSER & HAY, 1996). Algumas vezes as plantas podem receber proteção contra herbívoros associando-se com formigas (BOUCHER *et al.*, 1982). Segundo DEL-CLARO (2008), sistemas plantas-herbívoros-formigas na vegetação do Cerrado seriam modelos apropriados para aumentar a compreensão da biodiversidade das interações. Em grande parte dos estudos com evidências sobre esta proteção, plantas de muitas espécies têm estruturas, tais como domátias e nectários extraflorais, que atraem as formigas (*e.g.*, JANZEN, 1966; BARTON, 1986; O'DOWD & WILLSON, 1989).

Espécies diferentes podem se associar para aumentar suas chances de sobrevivência, ambas provendo e recebendo benefícios (mutualismo ou simbiose). Nestes tipos de relação, uma das espécies oferece um serviço ou produto que seu parceiro não pode conseguir sozinho e, em troca, recebe algum tipo de pagamento ou recompensa (HOEKSEMA & BRUNS, 2000). Estudos de interações inseto-planta têm gerado muitas hipóteses sobre estrutura, dinâmica e evolução de populações e comunidades (MOUND & WALLOFF, 1978; STRONG *et al.*, 1984), estando entre as interações ecológicas mais estudadas (BRONSTEIN, 1994).

Muitas evidências indicam que este tipo de mutualismo evoluiu em função de vantagens oferecidas às plantas pelos insetos que forrageavam naturalmente em sua superfície (BRONSTEIN *et al.*, 2006). Se nesta interação mutualística as formigas protegem as plantas inibindo a ação de herbívoros, esse processo evolutivo faz sentido na escassez de formigas, mas qual seria a vantagem adicional para as plantas em um ambiente com muitas formigas? Provavelmente o investimento das plantas implicaria somente em custos, pois as vantagens oriundas da presença de formigas já estariam estabelecidas.

Vários estudos têm quantificado a importância da defesa por formigas contra potenciais herbívoros nas plantas que possuem atrativos, tais como nectários extraflorais (HORVITZ & SCHEMSKE, 1984; DEL-CLARO *et al.*, 1996). No Cerrado do Sudeste brasileiro, os nectários extraflorais estão presentes em plantas de 15 a 22 % das espécies, já do Centro-Oeste, de 21 a 26 % das espécies (OLIVEIRA & LEITÃO-FILHO, 1987; OLIVEIRA & OLIVEIRA-FILHO, 1991). Por outro lado, não encontramos estudos sobre o papel de proteção das formigas em plantas sem nectários extraflorais, ou outros atrativos, em locais com grande densidade de formigas, como é o caso no Cerrado.

A planta *Solanum lycocarpum* (Solanaceae), conhecida como lobeira ou fruta-de-lobo, é desprovida de nectários extraflorais, domátias ou qualquer outro atrativo reconhecido para formigas. Apesar disto, observam-se muitas formigas sobre esses arbustos. A planta está amplamente distribuída no Cerrado e, como seu nome popular indica, tem como dispersor de sementes o lobo-guará, *Chrysocyon brachyurus* Illiger. O lobo-guará é uma espécie ameaçada de extinção, que por este motivo pode induzir o decréscimo populacional da planta. Seus principais polinizadores são as abelhas das famílias Andrenidae, Anthophoridae, Apidae, Megachilidae e Halictidae, sendo o pólen a única recompensa aos visitantes florais (OLIVEIRA-FILHO & OLIVEIRA, 1988, LOMBARDI & MOTTA Jr., 1993). Por estas características comuns a plantas do Cerrado, consideramos a lobeira um bom modelo para responder as seguintes questões sobre o papel das formigas em plantas sem atrativos:

A composição de espécies de formigas sobre a planta interfere na composição de espécies de outros insetos?

A presença de formigas inibe a ação de herbívoros e conseqüentemente reduz o dano à superfície foliar?

Se as formigas protegem a planta contra a ação de herbívoros, plantas com formigas crescem mais e produzem mais frutos e sementes?

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

### **Local de estudo**

Conduzimos o trabalho de campo em uma área do Cerrado, a segunda maior formação vegetal brasileira, que se estendia originalmente por uma área de 2 milhões de km<sup>2</sup>, abrangendo dez estados do Brasil Central. Hoje, restam apenas 20% desse total, sendo considerada uma das

áreas prioritárias para conservação devido o seu alto grau de destruição e endemismos (FERREIRA *et al.*, 2007).

A área possui 2000 m<sup>2</sup>,(MOSAICO?) composta principalmente por vegetação de cerrado senso estrito e campo com grande concentração de lobeiras (*Solanum lycocarpum*). Esta área é parte da Fazenda Modelo (21° 47' 23,11" S e 54° 33' 52,72" W), localizada no município de Rio Brillhante, Mato Grosso do Sul, Brasil.

### **Montagem do experimento e registro dos dados**

O experimento ocorreu entre junho de 2008 e junho de 2009 com 80 plantas sorteadas entre aquelas presentes na área. Em 40 plantas mantivemos livre o acesso às formigas e em 40 limitamos este acesso pela aplicação de um gel repelente (Eaton's<sup>®</sup>) no caule a 10 cm do solo. Aplicamos o repelente sobre fita impermeável aderida ao caule para evitar intoxicação da planta. Além disso, podamos todos os ramos que pudessem entrar em contato com plantas vizinhas para evitar o acesso de formigas. Monitoramos semanalmente a integridade do gel repelente, reaplicando-o quando necessário, e o crescimento dos ramos para manter a planta isolada.

No início do experimento retiramos todos os insetos das plantas, coletando exemplares de todas as espécies. Semanalmente registramos as espécies de formigas e de herbívoros visitantes nestas plantas entre 1300 h e 1600 h. Depositamos todos os insetos coletados nas coleções do Museu da Biodiversidade da Faculdade de Ciências Biológicas e Ambientais da Universidade Federal da Grande Dourados.

Medimos a intensidade de herbivoria (área foliar danificada) antes do experimento (período vegetativo) e nos picos do período de floração (após sete meses) e de frutificação (após 12 meses). Para mensurar os níveis de herbivoria, utilizamos cinco folhas de cada planta e calculamos a área consumida por herbívoros em relação à área total do limbo foliar. Registramos estas áreas foliares colocando cada folha sobre papel milimetrado (VASCONCELOS, 1999).

Para verificar o crescimento das plantas, medimos a altura antes do experimento e após 12 meses com auxílio de uma trena. A subtração destas alturas correspondeu ao crescimento de cada planta. Com o intuito de avaliar o sucesso reprodutivo das plantas, coletamos todos os frutos maduros produzidos durante o experimento. Pesamos estes frutos em balança digital com precisão de 1 grama, depois contamos as sementes de cada fruto.

### **Análise dos dados**

Consideramos 10 amostras para a análise estatística da relação entre a composição de espécies de formigas e dos demais insetos. Cada uma destas amostras incluiu os insetos de

quatro plantas sorteadas (sem reposição) entre as 40 marcadas para o tratamento sem limitação ao acesso de formigas. Para representar a composição de espécies de insetos em poucas dimensões, utilizamos ordenações por escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS). Decidimos o número de dimensões das ordenações considerando a proporção de variância explicada ( $r^2$ ) pelas distâncias finais entre as amostras na ordenação e as distâncias entre as amostras na matriz de distâncias Bray-Curtis. Utilizamos um modelo geral linear para verificar a relação entre as ordenações que representaram à comunidade de formigas e a de outros insetos.

Calculamos a média da porcentagem de área foliar danificada em 10 amostras de plantas isoladas e de 10 com livre acesso às formigas nos períodos vegetativo, de floração e de frutificação. Cada uma destas amostras correspondeu a 15 folhas sorteadas (sem reposição) entre aquelas obtidas de 200 folhas das plantas isoladas e de 200 folhas sem isolamento em cada período. Para a análise estatística destes dados usamos análise de variância com dois fatores: período fenológico e isolamento quanto ao acesso de formigas.

Obtivemos o incremento médio em altura a partir de 19 amostras das plantas isoladas ( $n = 10$ ) e com livre acesso ( $n = 9$ ). Cada amostra incluiu quatro plantas isoladas ou com livre acesso sorteadas (sem reposição) entre as 80 plantas destinadas ao experimento. A diferença no número de amostras entre as categorias ocorreu pela exclusão de uma amostra que incluiu as únicas duas plantas com mais de 3 m de altura para evitar a possível redução no crescimento em plantas muito grandes (CRAWLEY, 1986). Usamos teste t de Student com correção para variâncias diferentes para verificar se os dois grupos de plantas diferiram em crescimento (incremento em altura) após um ano de experimento.

Utilizamos para todas as análises estatísticas o software de acesso livre R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2009). Para as análises multivariadas utilizamos o pacote *vegan* desenvolvido para o R (OKSANEN *et al.*, 2009).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Registramos 36 espécies de insetos em 17 famílias e seis ordens (Tabela 1). A ordem Hemiptera foi a mais diversa em famílias (8), seguida por Coleoptera (4), Hymenoptera (3), Diptera (1), Blattodea (1) e Lepidoptera (1). A família Formicidae foi a mais diversa em espécies (11, distribuídas em quatro subfamílias), seguida por Apidae (3), Chrysomelidae (3), Vespidae (2), Pentatomidae (2), Membracidae (2) e pelas demais famílias com uma espécie. Esses

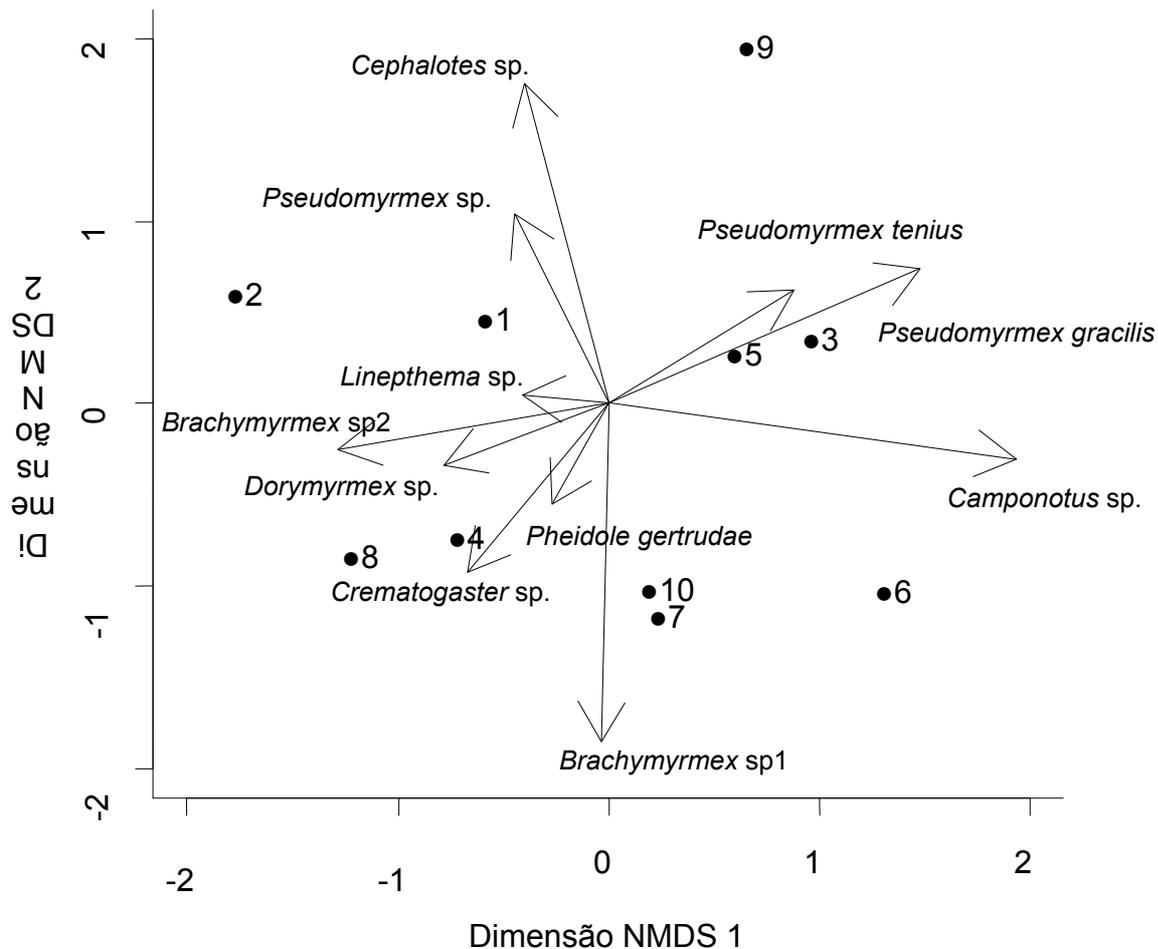
resultados foram parecidos aos encontrados por FERNANDES *et al.* (2005) testando os efeitos das formigas na comunidade de insetos em inflorescências de *Byrsonima crassifolia* (Malpighiaceae), onde 44 espécies de insetos (23 famílias) e nove espécies de formigas (seis gêneros e três subfamílias) foram encontradas. As seis ordens de insetos e a maioria das espécies que registramos também ocorreram nas amostras de FERNANDES *et al.* (2005).

A comunidade de formigas sobre as plantas *Solanum lycocarpum* pode ser representada pela ordenação de 10 amostras registradas antes do início do experimento (Figura 1). A ordenação por escalonamento multidimensional não-métrico (NMDS) em duas dimensões recuperou 61,52 % da variância na matriz de distâncias Bray-Curtis pela abundância relativa das espécies. As espécies de *Camponotus* sp., *Cephalotes* sp., *Brachymyrmex* sp.1 e *Pseudomyrmex gracilis* foram as que mais contribuíram para a estrutura da comunidade representada pelo plano da ordenação.

As formigas das diferentes espécies apresentam comportamentos distintos caracterizados por diferenças marcantes no tamanho, no modo de forrageio, na agilidade e na agressividade, que influenciam sua capacidade de localizar e defender recursos (HOLLDÖBLER & WILSON, 1990). A elevada contribuição dos gêneros *Pseudomyrmex* e *Camponotus*, possivelmente, deveu-se ao fato desses gêneros serem compostos por formigas patrulheiras de solo e vegetação que recrutam em massa, conforme classificação de guildas de formigas de cerrado proposta por SILVESTRE *et al.* (2003). Segundo estes autores, as formigas desses gêneros, geralmente de grandes colônias, constroem ninhos em sítios diversificados e forrageiam em grandes áreas, tanto em solo como na vegetação, podendo atuar como predadoras de solo ou de visitantes de nectários extraflorais. As formigas do gênero *Brachymyrmex* são oportunistas de solo e vegetação e as *Cephalotes* são principalmente coletoras de pólen e néctar e nidificam quase que exclusivamente na vegetação. As cephalotíneas possuem um tegumento fortemente esclerotizado que fornece a estas formigas certa proteção em interações agonísticas com outras formigas. Portanto, a variação em dominância de algumas espécies entre as amostras (Figura 1) deveu-se as variações comportamentais que determinam um equilíbrio dinâmico entre as espécies envolvidas.

**Tabela 1.** Espécies de insetos coletados em 80 lobeiras (*Solanum lycocarpum*, Solanaceae) entre junho de 2008 e junho de 2009, em uma área de Cerrado no município de Rio Brilhante, Mato Grosso do Sul.

Ordem	Família	Espécie
Hymenoptera	Apidae	<i>Xylocopa</i> sp.1
		<i>Xylocopa</i> sp.2
		<i>Centris</i> sp.
	Vespidae	<i>Polybia</i> sp.
		<i>Brachygastra</i> sp.
	Formicidae	<i>Pseudomyrmex tenuis</i>
		<i>Pseudomyrmex gracilis</i>
		<i>Pseudomyrmex</i> sp.
		<i>Camponotus</i> sp.
		<i>Cephalotes</i> sp.
		<i>Pheidole gertrudae</i>
		<i>Crematogaster</i> sp.
		<i>Brachymirmex</i> sp.1
		<i>Brachymirmex</i> sp.2
		<i>Dorymirmex</i> sp.
		<i>Linepthema</i> sp.
	Diptera	Sirphidae
Blattodea	Blaberidae	<i>Panchlora nivea</i>
Hemiptera	Pentatomidae	<i>Nezara viridula</i>
		<i>Euchistus heros</i>
	Tingidae	<i>Corythuca</i> sp.
	Cicadellidae	Espécie indeterminada
	Coreidae	<i>Gonocerus</i> sp.
	Membracidae	<i>Ceresa</i> sp.1
		<i>Ceresa</i> sp.2
	Aphididae	<i>Aphis gossypii</i>
	Coccoidea	<i>Parthenolecanium</i> sp.
	Coleoptera	Pseudococcidae
Chrysomelidae		<i>Diabrotica speciosa</i>
		Espécie indeterminada 1
		Espécie indeterminada 2
Curculionidae		Espécie indeterminada
Elateridae		Espécie indeterminada
Lampyridae		<i>Ellychnia</i> sp.
Lepidoptera	Espécie indeterminada 1 (larva)	
	Espécie indeterminada 2 (larva)	

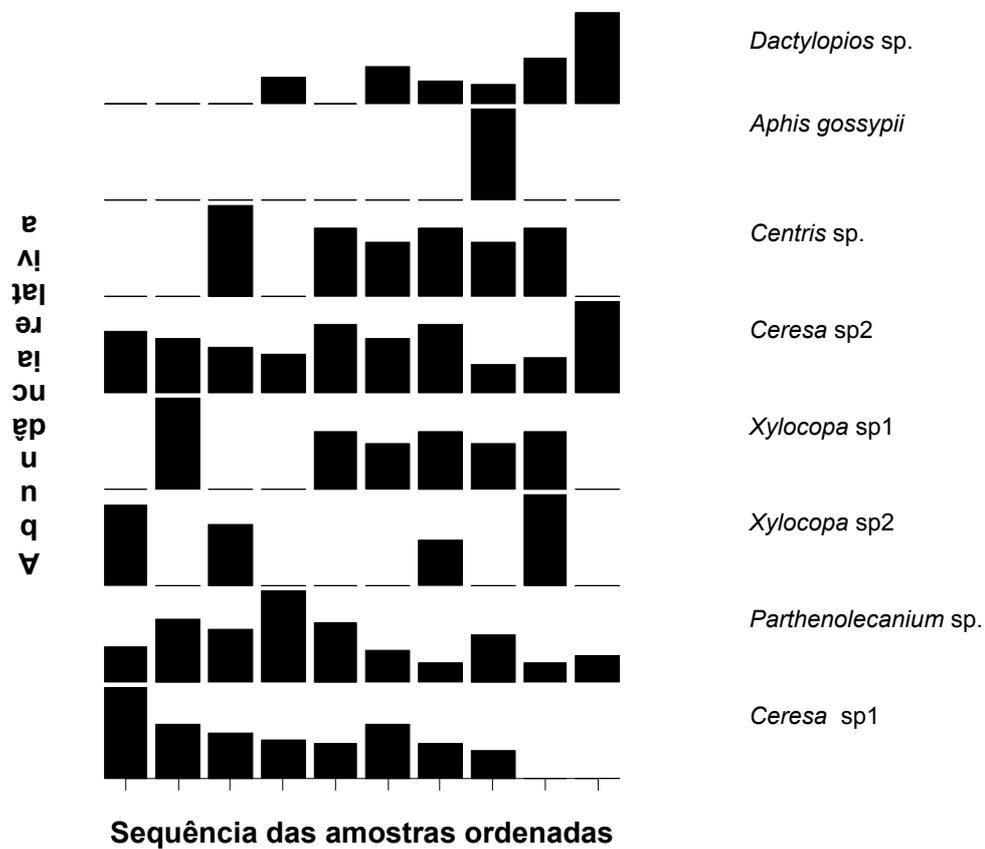


**Figura 1.** Ordenação de 10 amostras aleatórias (pontos seguidos de algarismos) por escalonamento multidimensional não métrico (NMDS) quanto à composição de espécies de formigas. Para a ordenação considerou-se a matriz de distâncias Bray-Curtis pela abundância relativa das espécies. Os vetores indicam a contribuição relativa (“loadings”) de cada espécie para o plano da ordenação (quanto maior o vetor, maior a contribuição).

Uma ordenação por NMDS em uma dimensão ( $r^2 = 0,62$ ) representou o principal padrão no conjunto das espécies de outros insetos (Figura 2). O padrão observado mostrou o domínio dos insetos Membracidae sp1 em um extremo do gradiente e dos Pseudococcidae sp1 no outro extremo.

O padrão observado pela ordenação pode ser explicado pelo princípio da exclusão competitiva de Gause. Formigas Membracidae e Pseudococcidae utilizam os mesmos recursos de maneira muito semelhante, forrageiam sobre a vegetação sugando seiva, limitando a disponibilidade do recurso. Este gradiente de ordenação não teve relação com a comunidade de formigas representada pela ordenação (NMDS) em duas dimensões (Pillai Trace = 0,25;  $F = 1,18$ ;  $gl = 2$  e  $7$ ;  $p = 0,362$ ). Portanto, a composição de espécies de formigas sobre as plantas não

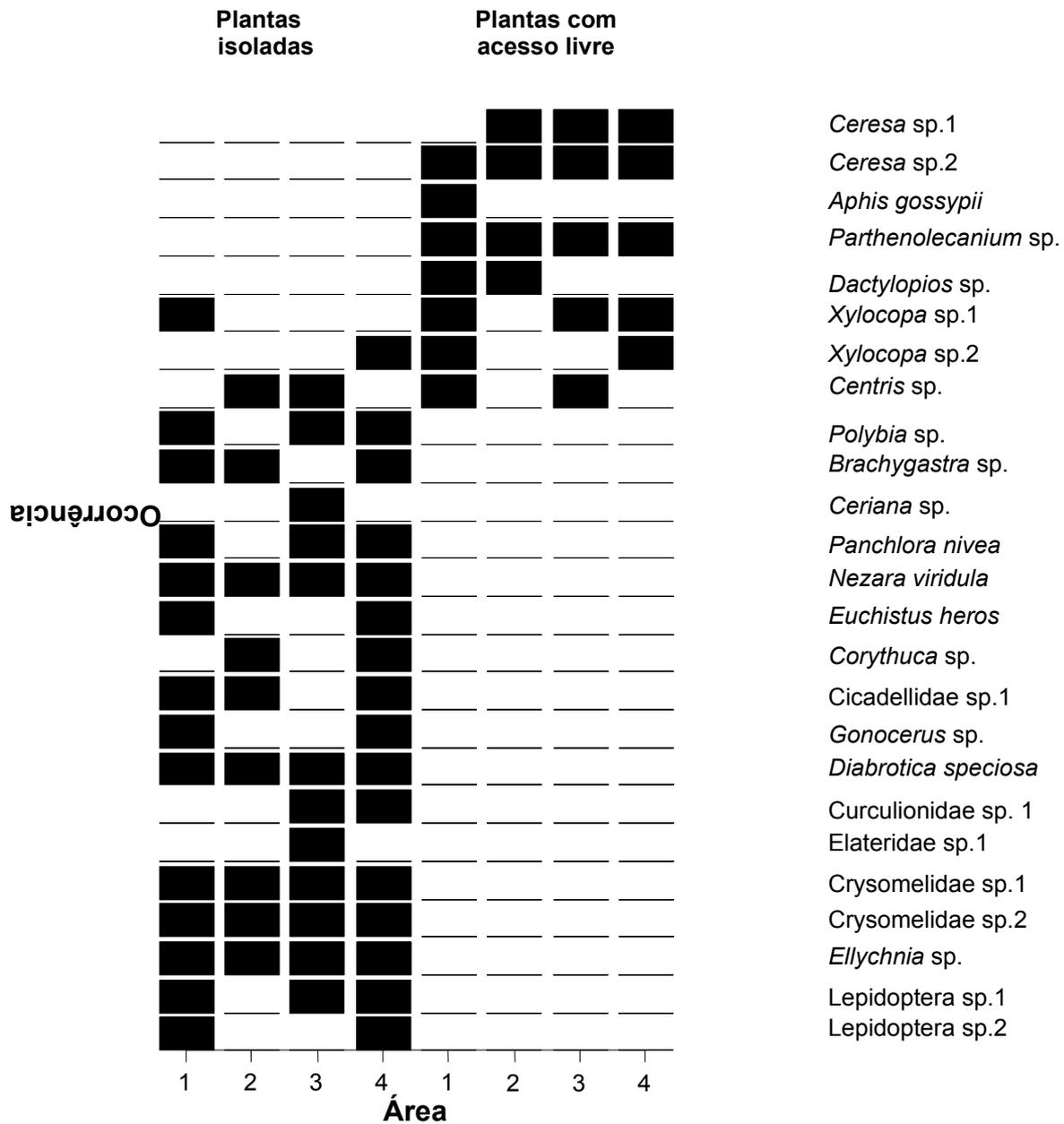
explicou a variação em composição de espécies de herbívoros, ou seja, a ocorrência destes herbívoros foi independente das espécies de formigas presentes na planta.



**Figura 2.** Representação da distribuição da abundância relativa das espécies de insetos herbívoros nas 10 amostras ordenadas por escalonamento multidimensional não-métrico. Para a ordenação considerou-se a matriz de distâncias Bray-Curtis pela abundância relativa das espécies.

O conjunto de espécies de herbívoros que ocorreram nas plantas que isolamos experimentalmente foi maior do que nas demais plantas nas quatro áreas (Figura 3). Nas plantas não isoladas a comunidade de insetos incluiu além das formigas, membracídeos, pulgões, cochonilhas e abelhas, enquanto nas plantas isoladas essa comunidade foi diferente, com exceção das abelhas, que estiveram presente nos dois tratamentos. As formigas podem remover potenciais herbívoros e manter relações mutualísticas com outros herbívoros sugadores (BEATTIE, 1985; HOLLOBLER & WILSON, 1990). Os hemípteros, como afídeos e membracídeos, exsudam substâncias açucaradas, que geralmente são consideradas um atrativo para formigas (SUDD, 1987). Isso pode explicar a presença desses insetos somente nas plantas

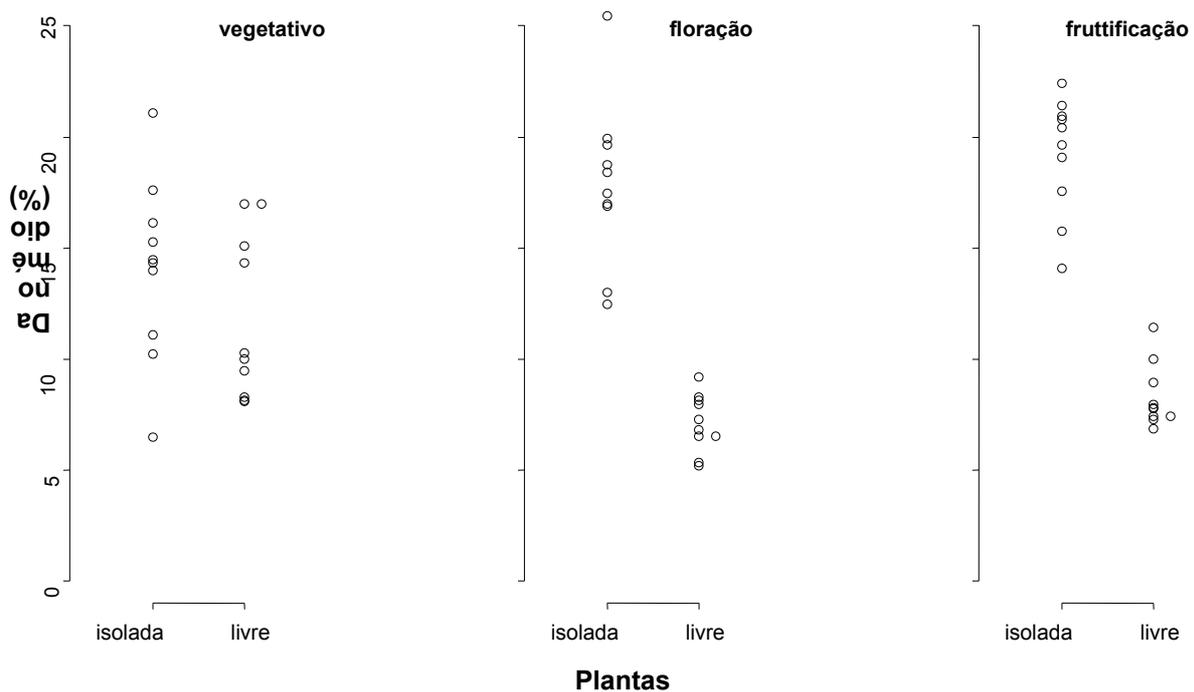
com formigas. Portanto, pela simples inspeção do gráfico, ficou claro que a presença das formigas, independente de quais espécies estavam nas plantas, controlou a riqueza e a composição de espécies de herbívoros.



**Figura 3.** Representação da ocorrência de espécies de herbívoros (barras), registradas em plantas isoladas (n = 40) ou com acesso livre às formigas (n = 40) em quatro áreas de 10 m x 10 m.

No início do experimento com isolamento das plantas, o dano foliar foi semelhante nas duas categorias do tratamento (Figura 4). Com o passar do tempo, plantas isoladas tinham folhas mais danificadas do que plantas com livre acesso às formigas. A análise de variância considerando os fatores período fenológico da planta (com três categorias: período vegetativo, floração e frutificação) e isolamento (com duas categorias: plantas isoladas e não) revelou que o isolamento e a interação entre os fatores são preponderantes no aumento da área foliar danificada pela ação de herbívoros, mas não o período fenológico independentemente (Tabela 2).

Esses resultados foram semelhantes ao de DEL-CLARO *et al.* (1996) que, trabalhando com *Qualea multiflora* (Vorchysiaceae), demonstraram experimentalmente que as formigas reduziram a herbivoria de folhas e botões florais e ao de OSTROROG e DEL-CLARO (2004) que, estudando a interação entre formigas e plantas *Lafoensia pacari* (Lythraceae) no Cerrado, também constataram que a presença das formigas resultou em uma herbivoria foliar significativamente menor.



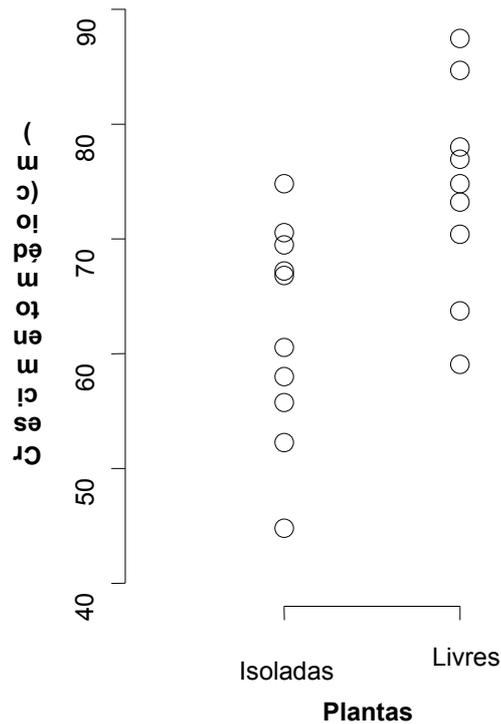
**Figura 4.** Porcentagem média de dano às folhas da fruta-de-lobo (*Solanum lycocarpum*, Solanaceae), em plantas isoladas ou com livre acesso às formigas em três períodos fenológicos da planta.

Após um ano, as plantas isoladas cresceram menos do que aquelas sem restrição ao acesso de formigas (Figura 5). Comparando estatisticamente estes dados, em média, plantas isoladas cresceram 12 cm a menos do que as demais plantas (teste t para variâncias diferentes:  $t = 2,89$ ;  $gl = 16,88$ ,  $p = 0,01$ ). As plantas isoladas produziram também menos frutos. Apenas um fruto com 0,200 g e 170 sementes foi produzido. As plantas não isoladas produziram seis frutos que variaram de 0,095 a 0,300 g contendo de 169 a 181 sementes.

**Tabela 2.** Resultados de uma análise de variância para a variação na porcentagem média de dano foliar considerando-se os fatores fenologia e isolamento.

Fonte de variação	Graus de liberdade	Variância	F	P
Fenologia	2	7,83	0,86	0,427
Isolamento	1	106,05	2,39	<0,001
Interação	2	121,96	13,47	<0,001

Esses resultados corroboram com BUSS & FONSECA (2005) que, testando a defesa anti-herbivoria das formigas em *Inga vera* (Fabaceae), constataram que plantas com formigas em uma das áreas de teste cresceram 15 cm a mais do que as plantas isoladas. Corroboram ainda com SANTOS & DEL-CLARO (2001), que estudando interações entre as formigas e a planta *Tocoyena formosa* (Rubiaceae), observaram que as plantas com formigas apresentaram melhor desempenho na produção e no peso de frutos.



**Figura 5.** Incremento médio em altura das plantas após um ano de experimento com 10 amostras em plantas isoladas e nove em plantas com livre acesso às formigas. Cada amostra incluiu quatro plantas sorteadas (sem reposição) entre as 40 disponíveis para cada categoria de isolamento.

## CONCLUSÃO

Os herbívoros reduzem o potencial reprodutivo das plantas, pois destroem suas superfícies fotossintetizantes, gerando conseqüências negativas para seu crescimento e produção de frutos e sementes. A presença das formigas, independentemente da composição das espécies conferiram proteção às frutas-de-lobo, pois modificaram a composição e a diversidade dos demais insetos sobre a planta, limitando o dano foliar. As plantas com formigas produziram mais frutos e crescem até 12 cm a mais do que as plantas isoladas. Plantas com maior área foliar podem crescer mais e produzir mais frutos e sementes. Portanto, podemos afirmar que as formigas contribuem efetivamente para o sucesso reprodutivo de *Solanum lycocarpum* (Solanaceae) e são importantes moldadoras das comunidades de insetos em plantas sem investimentos em atrativos para formigas no Cerrado.

## REFERÊNCIAS

- BARTON, A. M. 1986. Spatial variation in the effect of ants on an extrafloral nectary plant. **Ecology** **67**: 495–504.
- BEATTIE A.J. 1985. **The evolutionary ecology of ant-plant mutualisms**. Cambridge University Press, Cambridge. 204p.
- BOLSER, R. C. and HAY, M. E. 1996. Are tropical plants better defended? Palatability and defenses of temperate versus tropical seaweeds. **Ecology** **77**: 2269-2286
- BOUCHER, D. H.; JAMES, S. & KEELER, K. H. 1982. The Ecology of Mutualism. **Annual Review of Ecology and Systematics** **13**: 315-347.
- BRONSTEIN, J. L. 1994. Our current understanding of mutualism. **Quarterly Review of Biology** **69**: 31-51.
- BRONSTEIN, J. L.; ALARCÓN, R. & GEBER, M. 2006. The evolution of plant-insect mutualisms. **New Phytologist** **172**: 412-428.
- BRONSTEIN, J. L. & BARBOSA, P. 2002. Multitrophic/ multispecies mutualistic interactions: The role of nonmutualists in shaping and mediating mutualisms, 44-66p. In: TSCHARNTKE, T. & HAWKINS, B. A. (eds.). **Multitrophic level interactions**. Cambridge, Cambridge University Press, 587p.
- BUSS, S. R & FONSECA C. R. 2005. Interações entre formigas e plantas com nectários extraflorais em um mosaico ambiental. Disponível em: [www.seb-ecologia.org.br](http://www.seb-ecologia.org.br)
- CRAWLEY, M. J. 1986. **Plant ecology**. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- DEL-CLARO, K. 2004. Multitrophic relationships, conditional mutualisms, and the study of interaction biodiversity in tropical savannas. **Neotropical Entomology** **33**: 665-672.
- DEL-CLARO, K. 2008. Biodiversidade Interativa: a ecologia comportamental e de interações como base para o entendimento das redes tróficas que mantém a viabilidade das comunidades naturais. In: SEIXAS, J. & CERASOLI, J. (Org.). **UFU, ano 30 tropeçando universos (artes, humanidades, ciências)**. 1ª ed. Uberlândia, EDUFU: 599-614. 664p
- DEL-CLARO, K; BERTO-Jr. V. & RÉU, W. 1996. Effect of herbivore deterrence by ants increase fruit set in an extrafloral nectary plant, *Qualea multiflora* (Vochysiaceae). **Journal of Tropical Ecology** **12**: 887-892.
- DEL-CLARO, K. & TOREZAN-SILINGARDI, H. M. 2009. Insect-Plant Interactions: New Pathways to a Better Comprehension of Ecological Communities in Neotropical Savannas. **Neotropical Entomology** **38**:159-164.
- FERNANDES, G. W; FAGUNDES, M; GRECO, M. K. B; BARBEITOS, M. S; SANTOS, J. C. 2005. Ants and their effects on an insect herbivore community associated with the

- inflorescences of *Byrsonima crassifolia* (Linnaeus) H.B.K.(Malpighiaceae). **Revista Brasileira de Entomologia** **49**: 264-269.
- FERREIRA, M. E; FERREIRA, L. G; FERREIRA, N. C; ROCHA, G. F; NEMAYER, M. 2007. Desmatamentos no bioma Cerrado: uma análise temporal (2001-2005) com base nos dados MODIS - MOD13Q1. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13, Florianópolis. **Anais...** São José dos Campos: INPE. 3877-3883p. Disponível em: <http://marte.dpi.inpe.br/col/dpi.inpe.br/sbsr@80/2006/11.15.21.21/doc/3877-3883.pdf>
- HERRERA, C. M. & PELLMYR, O. 2002. **Plant-Animal Interactions: An Evolutionary Approach**. Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- HOEKSEMA, J. D. & BRUNS, E. M. 2000. Pursuing the big questions about interspecific mutualism: a review of theoretical approaches. **Oecologia** **125**: 321-330.
- HOLLOBLER, B. & WILSON, E. O. 1990. **The ants**. Harvard University Press, Cambridge.
- HORVITZ, C. C. & SCHEMSKE, D. W. 1984. Effects of ants and na ant-tended herbivore on seed production of a neotropical herb. **Ecology** **65**: 1369-1378
- JANZEN, D. H. 1966. Coevolution of mutualism between ants and acacias in Central America. **Evolution** **20**: 249-275.
- LOMBARDI, J. A. & J. C MOTTA Jr. 1993. Seed dispersal of *Solanum lycocarpum* St. Hil. (Solanaceae) by the maned wolf, *Chrysocyon brachyurus* Illiger (Mammalia, Canidae). **Ciência e Cultura** **45**: 126-127.
- MOUND, L. A. & WALLOFF, N. 1978. *Diversity of insect faunas*. Blackwell Scient. Publ., London.
- O'DOWD, D. J. & WILLSON, M. F. 1989. Leaf domatia and mites on Australian plants: ecological and evolutionary implications. **Biological Journal of the Linnean Society** **37**: 191-236.
- OLIVEIRA-FILHO, A. T. & OLIVEIRA, L. C. A. 1988. Biologia floral de uma população de *Solanum lycocarpum* St. Hil. (Solanaceae) em Lavras, MG. **Revista Brasileira de Botânica** **11**: 23-32.
- OLIVEIRA, P. S. & LEITÃO-FILHO, H. F. 1987. Extraforal nectaries: their taxonomic distribution and abundance in the woody fora of Cerrado vegetation in Southeast Brazil. **Biotropica** **19**: 140-148.
- OLIVEIRA, P. S. & OLIVEIRA-FILHO, A. T. 1991. Distribution of extraforal nectaries in the woody fora of tropical communities in Western Brazil. In: PRICE, P. W. (Ed). **Evolutionary ecology of plant-animal interactions: tropical and temperate comparisons**. New York, John Wiley & Sons, 639p.

- OKSANEN, J; KINDIT, R; LEGENDRE, P; O'HARA, B; SIMPSON, G. L; SOLYMOS, P; STEVENS H. H. and WAGNER, H. (2009). *vegan*: Community Ecology Package. R package version 1.15-4. Disponível em: <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>
- OSTROROG, D. R. V. & DEL-CLARO, K. 2004. Interação entre formigas e *Lafoensia pacari* (Lythraceae) na região do Cerrado: identificação e quantificação das formigas. Disponível em: <http://www.propp.ufu.br/revistaeletronica/edicao2004/biosaude/interacao>. Acesso em: 18/12/2009.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. 2009. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0 Disponível em : <http://www.R-project.org>.
- SANTOS, J. C. e DEL-CLARO, K. 2001. Interação entre formigas, herbívoros e nectários extraflorais em *Tocoyena formosa* (Rubiaceae) na vegetação do cerrado. Juiz de Fora. **Revista Brasileira de Zoociências 3**: 77-92.
- SILVESTRE, R; BRANDÃO, C. R; SILVA, R. R. 2003. Grupos funcionales de hormigas: El caso de los grêmios de cerrado. In: FERNÁNDEZ, F. (Ed.) **Introducción a las hormigas de la región netropical**. Bogotá: Instituto de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, 113-148p.
- STRONG, D. R. J. LAWTON, J. H. & SOUTHWOOD, T. R. E. 1984. **Insects on Plants. Community patterns and mechanisms**. Oxford: Blackwell.
- SUDD, J.H. 1987. Ant aphid mutualism. In: MINKS, A. K. & HARREWIJIN, P. (Eds.). **Aphids: Their biology, natural enemies and control**. Elsevier. Amsterdam. 355-365p.
- VASCONCELOS, H. L. 1999. effects of forest disturbance on the structure of ground-foraging ant communities in central amazonia. **Biodiversity and Conservation 8**: 409-420.