

Efeito da estrutura de habitat sobre a abundância de parasitóides *Pseudacteon* Coquillett (Diptera, Phoridae) em ninhos de *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera, Formicidae)

Fábio Souto Almeida¹ & Jarbas Marçal Queiroz²

¹Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Rodovia BR 465 Km 7, 23890-000, Seropédica-RJ, Brasil. Bolsista CAPES. fbio_almeida@yahoo.com.br

²Departamento de Ciências Ambientais, Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Caixa Postal 74.514, 23890-971 Seropédica-RJ, Brasil. jarbas@ufrj.br

ABSTRACT. Influence of habitat structure on the abundance of the parasitoids *Pseudacteon* Coquillett (Diptera, Phoridae) on mounds of *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera, Formicidae). The influence of habitat characteristics on the abundance of the parasitoids *Pseudacteon* Coquillett (Diptera, Phoridae) of *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera, Formicidae) was studied in organic polyculture agroecosystem in southeastern of Brazil. Parasitoids were collected during 30 minutes after fire ant colonies perturbation in plots with annual or perennial crops. A total of 228 parasitoids belonging to four species were obtained in 61.90% of the 84 fire ant colonies disturbed. *Pseudacteon obtusus* Borgmeier was the most abundant species (70 females), followed by *Pseudacteon litoralis* Borgmeier (37 females), *Pseudacteon tricuspis* Borgmeier (23 females) and *Pseudacteon solenopsidis* Schmitz (1 female). *Pseudacteon litoralis* was more frequent on fire ant mounds in plots with perennial crops than annual crops whereas *P. obtusus* and *P. tricuspis* had an opposed pattern. Negative significant correlation was found between air temperature and *P. litoralis* and *P. obtusus* abundances. Fire ant mound size and parasitoid abundance were positively correlated. Considering that phorids are important natural enemies of *S. invicta*, this study provides information for the management of fire ants in tropical polyculture agroecosystem.

KEYWORDS. Agroecosystem; biological control; fire ant; habitat heterogeneity; organic agriculture.

RESUMO. Efeito da estrutura de habitat sobre a abundância de parasitóides *Pseudacteon* Coquillett (Diptera, Phoridae) em ninhos de *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera, Formicidae). A influência de características do habitat na abundância dos parasitóides *Pseudacteon* Coquillett (Diptera, Phoridae) de *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera, Formicidae) foi estudada em um agroecossistema orgânico diversificado no sudeste do Brasil. Os parasitóides foram coletados durante 30 minutos após a perturbação de ninhos da formiga lava-pé em áreas com culturas anuais ou perenes. Foram coletados no total 228 parasitóides de quatro espécies diferentes em 61,90% dos 84 ninhos da formiga lava-pé perturbados. *Pseudacteon obtusus* Borgmeier foi a espécie mais abundante (70 fêmeas), seguida por *Pseudacteon litoralis* Borgmeier (37 fêmeas), *Pseudacteon tricuspis* Borgmeier (23 fêmeas) e *Pseudacteon solenopsidis* Schmitz (1 fêmea). *Pseudacteon litoralis* foi mais frequente em ninhos presentes nas culturas perenes que anuais enquanto que *P. obtusus* e *P. tricuspis* tiveram um padrão oposto. Correlações significativamente negativas foram encontradas para as abundâncias de *P. litoralis* e *P. obtusus* com a temperatura do ar. Houve correlação significativamente positiva entre a abundância dos parasitóides e o tamanho dos ninhos da formiga lava-pé. Considerando que os forídeos são importantes inimigos naturais de *S. invicta*, esse estudo fornece informações para o manejo de *S. invicta* em agroecossistemas tropicais diversificados.

PALAVRAS-CHAVE. Agricultura orgânica; agroecossistema; controle biológico; formiga lava-pé; heterogeneidade de habitat.

A formiga lava-pé *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae) é uma espécie nativa da América do Sul que ocorre também nas Américas Central e do Norte, Ásia e Oceania (Callcott & Collins 1996; Holway *et al.* 2002; Zhang *et al.* 2007). Ela é conhecida pela sua agressividade e ferroadá dolorosa, que contribuem para a aversão dos trabalhadores rurais em efetuar colheita e outras práticas culturais em áreas infestadas pela espécie (Fowler *et al.* 1990). Pode também associar-se a pulgões ou cochonilhas e aumentar o potencial de dano desses insetos para as culturas (Buckley & Gullan 1991). Ao alimentar-se de plantas cultivadas, *S. invicta* pode causar danos diretos a culturas como soja, hortaliças, melão e *Citrus* spp. (Banks *et al.* 1990, Jetter *et al.* 2002). Os custos estimados para o controle de *S. invicta* em pomares no estado da Califórnia, EUA, variam

de 12 a 48 milhões de dólares anuais (Jetter *et al.* 2002). Por outro lado, *S. invicta* pode apresentar efeitos benéficos para plantas cultivadas através da predação de insetos praga (Eubanks 2001; Vogt *et al.* 2001).

Embora o controle químico de *S. invicta* venha sendo o mais utilizado, sugere-se que o desenvolvimento de técnicas com diferentes táticas de controle seja importante para o manejo integrado desta espécie (Williams *et al.* 2001). Entre as táticas disponíveis está a utilização de inimigos naturais, como os parasitóides do gênero *Pseudacteon* Coquillett (Diptera: Phoridae), que possuem alta especificidade por espécies de *Solenopsis* do complexo *saevissima* (Porter *et al.* 1995). A fêmea do parasitóide apresenta característica de ovipositar no corpo das operárias e as larvas se desenvolvem na cabeça, sempre o

número de um parasitóide por hospedeiro, posteriormente a formiga sofre decapitação e o parasitóide passa o período pupal dentro da cápsula cefálica, a qual serve de câmara pupal (Porter 1998). Além do impacto sobre as populações, através da morte das operárias parasitadas, os forídeos também provocam distúrbios no comportamento de forrageamento de espécies de formigas, não só do gênero *Solenopsis*, podendo reduzir sua capacidade competitiva (Orr *et al.* 1995; Morrison *et al.* 2000; Morrison & Porter 2005; Philpott 2005; Ramirez *et al.* 2006).

No Brasil, os parasitóides de *Solenopsis* foram objetos de estudos, principalmente, a partir da década de 90, visando a introdução para a utilização no controle biológico de *S. invicta* nos EUA (Orr *et al.* 1995; Porter *et al.* 1995). *Pseudacteon tricuspis* Borgmeier foi introduzida em oito locais no norte da Flórida, obtendo-se êxito em seis deles (Porter *et al.* 2004). Outros estudos sobre comunidades de *Pseudacteon* foram realizados em países vizinhos, como a Argentina, Bolívia e Paraguai (Folgarait *et al.* 2003; Calcaterra *et al.* 2005; Folgarait *et al.* 2007a), sendo que 18 espécies desse gênero já foram identificadas como parasitóides de *Solenopsis* na América do Sul (Porter & Pesquero 2001).

Diversos são os fatores bióticos e abióticos que exercem influência sobre a dinâmica populacional dos forídeos (Folgarait *et al.* 2007a; Folgarait *et al.* 2007b). *Pseudacteon comatus* Borgmeier, por exemplo, está associada às épocas de maior temperatura e baixa umidade relativa, enquanto que *P. nudicornis* Borgmeier possui padrão oposto (Folgarait *et al.* 2003). Temperaturas baixas foram apontadas como responsáveis pelas liberações mal sucedidas de *P. tricuspis* no estado da Louisiana, EUA (Henne *et al.* 2007). Também nos estados da Flórida e Tennessee, condições climáticas adversas e cobertura vegetal insuficiente contribuíram para o insucesso do estabelecimento de *P. curvatus* Borgmeier (Graham *et al.* 2003). Além disso, tanto o tamanho quanto a densidade dos ninhos das formigas, podem exercer influência importante sobre a dinâmica populacional dos parasitóides, pois estão ligados ao número de formigas operárias no ambiente (Morrison & Porter 2005).

As características da paisagem e as práticas agrícolas são conhecidas por afetarem populações de inimigos naturais em agroecossistemas (Ostman *et al.* 2001). Culturas perenes ou cultivos com manejo orgânico são considerados mais apropriados em conservar a fauna de inimigos naturais, incluindo parasitóides, do que cultivos anuais ou sob manejo convencional, devido ao menor grau de perturbações a que estão sujeitas as populações (Landis *et al.* 2000; Ostman *et al.* 2001). Informações sobre a influência das características estruturais de áreas cultivadas sobre parasitóides do gênero *Pseudacteon* ainda não foram encontradas. Neste trabalho o objetivo foi avaliar a influência do ambiente sobre a abundância de espécies de *Pseudacteon*, parasitóides de *S. invicta*, em um agroecossistema diversificado e sob manejo orgânico no sudeste do Brasil. Essas informações poderão auxiliar no manejo desses organismos e na minimização dos impactos causados pela formiga lava-pé.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado no projeto Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), no município de Seropédica (22°46'S, 43°41'W), Rio de Janeiro, Brasil. Segundo a classificação de Köpen, o município de Seropédica apresenta o clima do tipo Cwa, quente e úmido, com temperatura média anual de 22,7°C e 1200 mm de chuva anual, com uma estação seca de inverno (junho-agosto) e uma estação chuvosa de verão (dezembro-fevereiro) (FIDERJ 1976).

As coletas dos parasitóides foram realizadas nos meses de agosto, setembro e outubro de 2006, no intervalo máximo de cinco dias em cada mês. Os dípteros foram coletados em áreas de 7.000 m² cada, compostas predominantemente por culturas anuais ou por culturas perenes. O tratamento com culturas anuais era composto por milho (*Zea mays* L.) e mucuna (*Mucuna* sp.) consorciados (560 m²), batata-doce (*Ipomea batatas* (L.) Lam.) (980 m²), cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) (804 m²) e mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) (986 m²). Em linha única, separando as glebas, havia *Citrus* spp., coqueiro (*Cocos nucifera* Linn) e acerola (*Malpighia glabra* L.). O tratamento com culturas perenes apresentava plantios de banana (*Musa paradisiaca* L.) (433 m²), café (*Coffea arabica* L.) sombreado por *Gliricidia sepium* (Jacq.) Steud. (2.275 m²), figo (*Ficus carica* L.) (486 m²) e um sistema agroflorestal (1.507 m²), com as culturas do abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merr.), banana, cacau (*Theobroma cacao* L.), carambola (*Averrhoa carambola* L.), *Citrus* sp., coqueiro, *G. sepium*, guapuruvu (*Schizolobium parahyba* (Vell.) S.F. Blake), mamão (*Carica papaya* L.) e urucum (*Bixa orellana* L.). Em todos os casos, as áreas do entorno das culturas eram gramadas.

As áreas foram vistoriadas e todos os ninhos de *S. invicta* marcados com estacas numeradas. Foi calculada a área do monte de cada ninho para verificar sua relação com a abundância de forídeos. Para tal, mediu-se em cada ninho o comprimento do eixo mais longo (a) e do eixo perpendicular a esse (b). A área foi calculada pela fórmula da elipse ($A = \pi \times a / 2 \times b / 2$), pois os ninhos geralmente têm essa forma (Morrison & Porter 2005).

Mensalmente, 14 ninhos de *S. invicta* por tratamento, distantes mais de cinco metros entre si, foram perturbados com auxílio de uma pequena pá escavadora para captura dos parasitóides, os quais foram coletados com auxílio de um aspirador durante um intervalo de tempo de 30 minutos, conforme metodologia proposta por Morrison & King (2004) e Morrison & Porter (2005). As coletas foram realizadas no período entre 8 e 17 horas e um mesmo ninho não foi amostrado mais de uma vez. Foi estabelecido um padrão para os distúrbios dos ninhos, com a pá escavadora eram feitos, a cada oito minutos, dois cortes no ninho, um na direção do eixo mais longo e outro perpendicular a esse. Estabeleceu-se o espaço de tempo de oito minutos por ser observado em amostragens preliminares que, principalmente em horários com temperatura elevada, poucas formigas permaneciam fora do ninho após esse período. Os parasitóides coletados foram levados para o

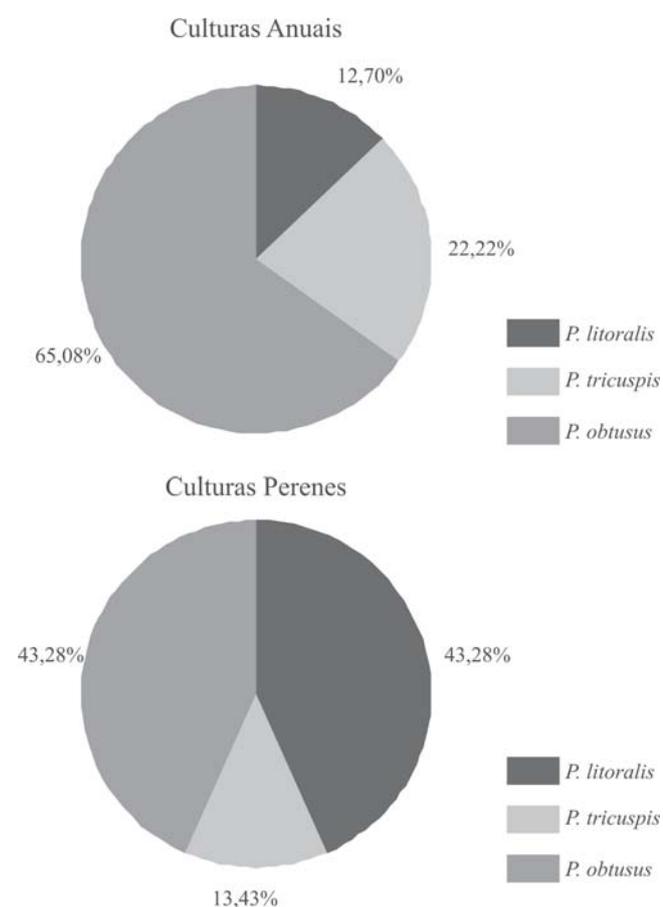


Fig. 1. Frequência (%) de fêmeas de *Pseudacteon* spp. (Diptera: Phoridae) sobre ninhos de *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae), em áreas com diferentes tipos de culturas no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), Seropédica-RJ.

laboratório para posterior identificação das espécies. Somente as fêmeas foram identificadas em nível de espécie, seguindo a chave taxonômica de Porter & Pesquero (2001). Após 10 minutos do início e no término de cada amostragem foram registradas, através de um psicrômetro instalado próximo ao ninho e na sombra, a temperatura e a umidade do ar.

A análise dos dados foi feita sobre o total de amostras, composto por 84 eventos de perturbação de ninhos de *S. invicta* para coleta dos parasitóides. Utilizou-se o teste t para contrastar as médias da temperatura do ar, umidade relativa do ar e área dos ninhos nas culturas anuais e perenes (Zar 1999). Foram calculadas para cada espécie a abundância média

(número médio de fêmeas por coleta), a constância (porcentagem de coletas em que a espécie considerada foi capturada, em relação ao total de coletas realizadas) e a frequência (porcentagem de fêmeas de uma espécie em relação ao total de fêmeas coletadas) (Silveira Neto *et al.* 1976). Na análise da abundância se utilizou como ferramenta estatística o teste não-paramétrico de Mann-Whitney, já que os dados não possuíam distribuição normal. A frequência das diferentes espécies foi comparada através do teste de Qui-Quadrado. Já para analisar a relação entre a abundância dos parasitóides e a temperatura do ar, a umidade relativa do ar e a área dos ninhos, foi realizada a análise de correlação de Spearman (Zar 1999). Em todas as análises foi utilizada para significância a probabilidade de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas amostragens foram coletados um total de 228 parasitóides, 131 fêmeas e 97 machos, sendo que o número máximo de parasitóides capturados em um mesmo ninho foi de 22, com média de $2,71 \pm 0,46$ ($n = 84$). A resposta dos parasitóides à perturbação de ninhos de *Solenopsis* é muito variada, enquanto alguns ninhos perturbados atraem um grande número de parasitóides, em outros a atração é nula (Morrison & King 2004). No SIPA, 61,90% dos ninhos perturbados atraíram parasitóides, as fêmeas ocorreram em 51,19% das amostras, enquanto os machos em 38,10%. A constância de amostras com parasitóides esteve acima dos 51% encontrados por Calcaterra *et al.* (2005) em três regiões da América do Sul. A menor ocorrência de machos pode ser consequência de eles apresentarem vôos mais erráticos, sendo mais difíceis de serem capturados (Morrison & Porter 2005).

Entre as espécies coletadas, *Pseudacteon obtusus* Borgmeier foi a mais abundante (70 fêmeas), seguida de *Pseudacteon litoralis* Borgmeier (37 fêmeas), *P. tricuspis* (23 fêmeas) e *Pseudacteon solenopsidis* Schmitz (1 fêmea) que, por ter ocorrido em apenas uma amostra, não foi considerada nos testes estatísticos. A baixa ocorrência de *P. solenopsidis* na amostragem pode ser atribuída à preferência da espécie em atacar operárias isoladas nas trilhas (Orr *et al.* 1997; Calcaterra *et al.* 2005). O número de espécies encontrado ficou próximo do obtido por Folgarait *et al.* (2003) em uma localidade na Argentina, seis espécies sobre ninhos de *Solenopsis richteri* Forel, e do previsto por Porter (1998) para amostras na América do Sul, que é de cinco a oito espécies por localidade.

Nas áreas com culturas anuais e perenes a temperatura

Tabela I. Abundância média (\pm EP) e constância de fêmeas de *Pseudacteon* spp. (Diptera: Phoridae) sobre ninhos de *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae), em eventos de coleta de 30 minutos ($n = 42$) no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), Seropédica-RJ.

Culturas	<i>Pseudacteon litoralis</i>		<i>Pseudacteon obtusus</i>		<i>Pseudacteon tricuspis</i>	
	Abundância	Constância	Abundância	Constância	Abundância	Constância
Anuais	0,19 \pm 0,11a	9,52%	0,98 \pm 0,26b	40,48%	0,33 \pm 0,15a	19,05%
Perenes	0,69 \pm 0,47ab	14,29%	0,69 \pm 0,17b	35,71%	0,21 \pm 0,11a	11,90%

Nota: letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa pelo teste de Mann-Whitney a 5% de probabilidade.

Tabela II. Análise de correlação de Spearman entre a abundância de fêmeas de *Pseudacteon* spp. (Diptera: Phoridae) e a temperatura do ar, umidade relativa do ar e o tamanho dos ninhos de *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae) (n = 84) no Sistema Integrado de Produção Agroecológica (SIPA), Seropédica-RJ.

Variáveis Independentes	Coeficiente de Correlação (r)		
	<i>Pseudacteon litoralis</i>	<i>Pseudacteon tricuspis</i>	<i>Pseudacteon obtusus</i>
Temperatura (°C)	-0,339**	-0,105	-0,293**
Umidade Relativa (%)	0,215	0,077	0,115
Tamanho do Ninho (m ²)	0,247*	0,254*	0,366**

* significativo a 5% de probabilidade;

** significativo a 1% de probabilidade.

média do ar foi de $30,94 \pm 0,67$ °C e $30,76 \pm 0,73$ °C, a umidade relativa do ar média foi de $46,73 \pm 1,64$ % e $50,63 \pm 2,14$ % e o tamanho médio dos ninhos foi de $0,14 \pm 0,01$ m² e $0,15 \pm 0,01$ m², respectivamente. Nenhuma dessas diferenças foi estatisticamente significativa (Teste t, $P > 0,05$). Também não houve diferença significativa quando a abundância média de cada espécie foi comparada entre as áreas com culturas anuais e perenes (Mann-Whitney, $P > 0,05$) (Tabela I). No entanto, *P. litoralis* foi mais constante nas culturas perenes, enquanto que *P. obtusus* e *P. tricuspis* foram mais constantes nas culturas anuais. Quando a comparação foi realizada entre espécies, *P. obtusus* teve abundância média significativamente maior que *P. litoralis* e *P. tricuspis* nas culturas anuais (Mann-Whitney, $P < 0,05$), apresentando também a maior constância. Nas culturas perenes, *P. obtusus* foi significativamente mais abundante que *P. tricuspis* (Mann-Whitney, $P < 0,05$) e, também, a espécie mais constante nas coletas.

A frequência de fêmeas das diferentes espécies variou significativamente entre as áreas (Teste Qui-quadrado, $\chi^2 = 15,0$; $Gl = 2$; $P < 0,05$) (Fig. 1). Nas culturas anuais, pode-se observar que a frequência de *P. obtusus* foi expressivamente maior que das demais espécies e a frequência de *P. tricuspis* foi maior que de *P. litoralis*. Entretanto, nas culturas perenes, as frequências de *P. litoralis* e *P. obtusus* foram idênticas e maiores que de *P. tricuspis*. A variação de frequência mais expressiva foi apresentada por *P. litoralis*, indicando que a espécie está mais adaptada para habitar áreas com culturas perenes que anuais, essas últimas são áreas que sofrem, periodicamente, grandes alterações na sua estrutura. Considerando-se que tanto a temperatura, quanto a umidade e o tamanho dos ninhos não diferiram entre as áreas, sugere-se que as diferenças estejam relacionadas com a oferta de algum recurso específico para as espécies, como discutido por Landis *et al.* (2000).

A correlação entre a abundância dos forídeos e a temperatura do ar foi negativa para todas as espécies, sendo significativa para *P. litoralis* e *P. obtusus* (Spearman, $P < 0,05$) (Tabela II). Não houve correlação significativa entre a umidade relativa do ar e a abundância dos parasitoides (Spearman, $P > 0,05$). Os resultados corroboram os de Folgarait *et al.* (2007b), que consideraram *P. tricuspis* mais tolerante ao calor que *P. litoralis*. Pesquero *et al.* (1996) encontraram correlação

significativa entre o número de fêmeas de *P. tricuspis* e a temperatura e a umidade relativa do ar, sendo essas correlações positiva e negativa, respectivamente. Para *P. litoralis*, esses autores não encontraram nenhuma correlação significativa. No presente estudo, a temperatura no campo variou de 22°C a 39°C, a correlação negativa indica, então, que os parasitoides foram mais ativos em temperaturas mais próximas de 22°C e menos em temperaturas próximas do máximo registrado. No estudo de Calcaterra *et al.* (2005), as espécies *P. litoralis*, *P. obtusus*, *P. solenopsidis* e *P. tricuspis* foram ativas entre 16°C e 37°C de temperatura e 20% e 90% de UR.

A correlação entre o tamanho do ninho e a abundância dos parasitoides foi positiva e significativa em todos os testes (Spearman, $P < 0,05$) (Tabela II), indicando que ninhos de maior tamanho, após perturbação, atraem maior número de parasitoides. No entanto, Morrison & King (2004) não encontraram correlação significativa entre a área ou volume do monte de *S. invicta* e a abundância de *P. tricuspis*. Para Porter (1998), é provável que os forídeos sejam atraídos até os ninhos perturbados pela emissão de odores pelas formigas. Como ninhos maiores apresentam maior número de formigas (Morrison & King 2004) é esperado que esses tenham maior emissão de odores quando o ninho é perturbado, atraindo maior número de parasitoides.

No Brasil, onde *S. invicta* é nativa, há poucas informações para o seu manejo em áreas cultivadas. Neste estudo constatou-se que temperaturas elevadas diminuam a atividade das fêmeas das espécies *P. litoralis* e *P. obtusus*, enquanto que ninhos maiores atraíram maior número de parasitoides. Ficou demonstrado que os parasitoides de *S. invicta* podem sofrer influência da estrutura do habitat onde os ninhos da formiga são encontrados. É possível que agroecossistemas diversificados, sob manejo orgânico, sejam mais favoráveis à atuação das espécies de *Pseudacteon*. Cultivos perenes ou sistemas agroflorestais poderiam representar ambientes mais equilibrados na relação entre populações de *S. invicta* e de seus parasitoides. No entanto, os fatores que contribuiriam para essa diferença não foram determinados.

Agradecimentos. Aos revisores anônimos pelas sugestões em versão prévia do manuscrito. Ao Prof. Dr. Marcos A. Pesquero pela confirmação da identificação das espécies de *Pseudacteon*. À EMBRAPA-Agrobiologia pelas facilidades criadas para realização dos experimentos no campo. À CAPES pela bolsa de estudos concedida ao primeiro autor. Ao CNPq pelo apoio financeiro (Processo: 476588/2006-5).

REFERÊNCIAS

- Banks, W. A.; C. T. Adams; C. S. Lofgren & D. P. Wojcik. 1990. Imported fire ant infestation of soybean fields in the southern United States. **Florida Entomologist** **73**: 503-504.
- Buckley, R. & P. Gullan. 1991. More aggressive ant species (Hymenoptera: Formicidae) provide better protection for soft scales and mealybugs (Homoptera: Coccidae, Pseudococcidae). **Biotropica** **23**: 282-286.
- Calcaterra, L. A.; S. D. Porter & J. A. Briano. 2005. Distribution and abundance of fire ant decapitating flies (Diptera: Phoridae: *Pseudacteon*) in three regions of Southern South America. **Annals**

- of the **Entomological Society of America** **98**: 85–95.
- Callcott, A. A. & H. L. Collins. 1996. Invasion and range expansion of imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae) in North America from 1918–1995. **Florida Entomologist** **79**: 240–251.
- Eubanks, M. D. 2001. Estimates of the direct and indirect effects of red imported fire ants on biological control in field crops. **Biological Control** **21**: 35–43.
- FIDERJ. 1976. **Indicadores climatológicos**: sistema de informação para o planejamento estadual. Rio de Janeiro, FIDERJ/SECPLAN, 54 p.
- Folgarait, P. J.; O. A. Bruzzone & L. E. Gilbert. 2003. Seasonal patterns of activity among species of black fire ant parasitoid flies (*Pseudacteon*: Phoridae) in Argentina explained by analysis of climatic variables. **Biological Control** **28**: 368–378.
- Folgarait, P. J.; R. J. W. Patrock & L. E. Gilbert. 2007a. Associations of fire ant phorids and microhabitats. **Environmental Entomology** **36**: 731–742.
- Folgarait, P. J.; R. J. W. Patrock & L. E. Gilbert. 2007b. The influence of ambient conditions and space on the phenological patterns of a *Solenopsis* phorid guild in an arid environment. **Biological Control** **42**: 262–273.
- Fowler, H. G.; S. V. E. Bernardi; J. H. C. Delabie; L. C. Forti & V. P. Silva. 1990. Major ant problems of South America, p. 3–14. In: R. K. Vandermeer, K. Jaffé & A. Cedeño (eds.), **Applied Myrmecology**: a world perspective. Boulder, Westview Press, 741 p.
- Graham, L. C. F.; S. D. Porter; R. M. Pereira; H. D. Dorough & A. T. Kelley. 2003. Field releases of the decapitating fly *Pseudacteon curvatus* (Diptera: Phoridae) for control of imported fire ants (Hymenoptera: Formicidae) in Alabama, Florida, and Tennessee. **Florida Entomologist** **86**: 334–339.
- Henne, D. C.; S. J. Johnson & S. D. Porter. 2007. Status of the fire ant decapitating fly *Pseudacteon tricuspis* (Diptera: Phoridae) in Louisiana. **Florida Entomologist** **90**: 565–569.
- Holway, D. A.; L. Lach; A. V. Suarez; N. D. Tsutsui & T. J. Case. 2002. The causes and consequences of ant invasions. **Annual Review of Ecology and Systematics** **33**: 181–233.
- Jetter, K. M.; J. Hamilton & J. H. Klotz. 2002. Red imported fire ants threaten agriculture, wildlife and homes. **California Agriculture** **56**: 26–34.
- Landis, D. A.; S. D. Wratten & J. M. Gur. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. **Annual Review of Entomology** **45**: 175–201.
- Morrison, L. W.; E. A. Kawazoe; R. Guerra & E. G. Lawrence. 2000. Ecological interaction of *Pseudacteon* parasitoids and *Solenopsis* ant hosts: environmental correlates of activity and effects on competitive hierarchies. **Ecological Entomology** **25**: 433–444.
- Morrison, L. W. & J. R. King. 2004. Host location behavior in a parasitoid of imported fire ants. **Journal of Insect Behavior** **17**: 367–383.
- Morrison, L. W. & S. D. Porter. 2005. Phenology and parasitism rates in introduced populations of *Pseudacteon tricuspis*, a parasitoid of *Solenopsis invicta*. **Biological Control** **50**: 127–141.
- Orr, M. R.; S. H. Seike; W. W. Benson & L. E. Gilbert. 1995. Flies suppress fire ants. **Nature** **373**: 292–293.
- Orr, M. R.; S. H. Seike & L. E. Gilbert. 1997. Foraging ecology and patterns of diversification in dipteran parasitoids of fire ants in south Brazil. **Ecological Entomology** **22**: 305–314.
- Ostman, O.; B. Ekbom & J. Bengtsson. 2001. Landscape heterogeneity and farming practice influence biological control. **Basic and Applied Ecology** **2**: 365–371.
- Pesquero, M. A.; S. Campiolo; H. G. Fowler & S. D. Porter. 1996. Diurnal patterns of ovipositional activity in two *Pseudacteon* fly parasitoid (Diptera: Phoridae) of *Solenopsis* fire ants (Hymenoptera: Formicidae). **Florida Entomologist** **79**: 455–457.
- Philpott, S. M. 2005. Trait-mediated effects of parasitic phorid flies (Diptera: Phoridae) on ant (Hymenoptera: Formicidae) competition and resource access in coffee agro-ecosystems. **Environmental Entomology** **34**: 1089–1094.
- Porter, S. D. 1998. Biology and behavior of *Pseudacteon* decapitating flies (Diptera: Phoridae) that parasitize *Solenopsis* fire ants (Hymenoptera: Formicidae). **Florida Entomologist** **81**: 292–309.
- Porter, S. D.; H. G. Fowler; S. Campiolo & M. A. Pesquero. 1995. Host specificity of several *Pseudacteon* (Diptera: Phoridae) parasites of fire ants (Hymenoptera: Formicidae) in South America. **Florida Entomologist** **78**: 70–75.
- Porter, S. D.; L. A. Nogueira-Sa & L. W. Morrison. 2004. Establishment and dispersal of the fire ant decapitating fly *Pseudacteon tricuspis* in North Florida. **Biological Control** **29**: 179–188.
- Porter, S. D. & M. A. Pesquero. 2001. Illustrated key to *Pseudacteon* decapitating flies (Diptera: Phoridae) that attack *Solenopsis saevissima* complex fire ants in South America. **Florida Entomologist** **84**: 691–699.
- Ramirez, R. A.; D. C. Thompson & M. D. Remmenga. 2006. Influence of low humidity, *Pseudacteon* flies (Diptera: Phoridae), and competition by *Solenopsis xyloni* on *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae). **Environmental Entomology** **35**: 1037–1048.
- Silveira Neto, S.; O. Nakano; D. Barbin & N. A. Villa Nova. 1976. **Manual de ecologia dos insetos**. São Paulo, Agronômica Ceres, 419 p.
- Vogt, J. T.; R. A. Grantham; W. A. Smith & D. C. Arnold. 2001. Prey of the red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) in Oklahoma peanuts. **Biological Control** **30**: 123–128.
- Williams, D. F.; H. L. Collins & D. H. Oi. 2001. The red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) an historical perspective of treatment programs and the development of chemical baits for control. **American Entomologist** **47**: 146–159.
- Zar, J. H. 1999. **Bioestatistical analysis**. 4 ed. New Jersey, Prentice Hall, 663 p.
- Zhang, R.; Y. Li; N. Liu & S. D. Porter. 2007. An overview of the red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae) in mainland China. **Florida Entomologist** **90**: 723–731.