

MARCUS ALVARENGA SOARES

**INTERAÇÕES ENTRE O PREDADOR *Podisus nigrispinus*
(HETEROPTERA: PENTATOMIDAE) E O PARASITÓIDE *Palmistichus
elaeisis* (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2010

MARCUS ALVARENGA SOARES

**INTERAÇÕES ENTRE O PREDADOR *Podisus nigrispinus*
(HETEROPTERA: PENTATOMIDAE) E O PARASITÓIDE *Palmistichus
elaeisis* (HYMENOPTERA: EULOPHIDAE)**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 10 de setembro de 2010

Prof. Germano Leão Demolin Leite
(Co-orientador)

Prof. José Eduardo Serrão
(Co-orientador)

Profa. Mara Garcia Tavares

Dr. Rosenilson Pinto

Prof. José Cola Zanuncio
(Orientador)

“A terra não pertence ao homem; o homem pertence à terra. Tudo o que acontece à terra acontecerá aos filhos da terra. O homem não teceu a rede da vida, ele é só um dos fios. Aquilo que ele fizer à rede da vida, ele fará a si próprio”

Extraído de uma carta escrita por um chefe índio da tribo Suquamish, no
Estado de Washington, USA, 1854.

“Eu não posso me convencer que um Deus beneficente e onipotente poderia ter criado um Ichneumonidae com a única intenção de suas larvas se alimentarem dos corpos de lagartas vivas, ou criado gatos para brincar com ratos. Não acreditando nisso, eu não vejo necessidade de acreditar que nossos olhos foram projetados. Por outro lado, eu não posso contemplar esse universo maravilhoso, especialmente a natureza do homem e concluir que todas as coisas são o resultado de uma força bruta. Estou inclinado a olhar para todas as coisas como o resultado de leis determinadas, em seus mínimos detalhes, e descobri-las, bem ou mau, será uma grande oportunidade. Não que essa noção do todo me satisfaça, mas sinto que o assunto é muito profundo para o intelecto humano. É como se um cachorro tenta-se especular na mente de Newton. Deixe cada homem esperar e acreditar no que ele pode”

Extraído de uma carta escrita por Charles Darwin, no condado de
Kent, Inglaterra, em 22 de maio de 1860.

“É desejo que todos os tempos sejam como os de abril e maio, e todos os meses nos dêem novamente todos os frutos, que todos os dias nos dêem lírios, girassóis, violetas e rosas; por onde quer que passemos campos e prados verdejantes. Que todo amante tenha sua companheira e que todos se amem sinceramente e que a todos seja dado usufruir dos prazeres da vida e da doçura do coração”

Texto de autor desconhecido, encontrado dentro de um livro na
biblioteca da Sorbonne, Paris, Século XIX.

AGRADECIMENTOS

A Deus, inteligência suprema, causa primeira de todas as coisas.

Aos meus queridos pais, Geraldo e Moema e minha irmã Gláucia, responsáveis por tudo que sou e arquitetos do meu sucesso.

À minha esposa Gisele por todo amor, carinho, paciência e incentivo.

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e ao Departamento de Biologia Animal pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudo.

Ao professor José Cola Zanuncio, pela confiança, orientação, apoio, incentivo e pelo exemplo de trabalho e dedicação à pesquisa científica e à geração de conhecimento.

Aos co-orientadores, José Eduardo Serrão e Teresinha Vinha Zanuncio pela forma gentil com que me trataram e pelos aconselhamentos durante as fases de planejamento e execução desse trabalho.

Ao co-orientador Germano Leão Demolin Leite do Instituto de Ciências Agrárias da UFMG, por plantar a semente, guiando meus primeiros passos na ciência e no estudo da Entomologia.

Ao professor Eraldo Rodrigues de Lima pelas sugestões, instalações laboratoriais e pelo auxílio durante parte da execução deste trabalho.

À professora Mara Garcia Tavares pelo apoio durante meu doutoramento.

Ao professor George Washington Gomez de Moraes do Instituto de Ciências Biológicas da UFMG, por despertar meu interesse pelo controle biológico de insetos.

Ao Dr. Guy Boivin do Centro de Pesquisa *Agriculture et Agroalimentaire Canada* pelas sugestões e interesse pelo trabalho.

Ao professor José Lino Neto pela amizade e ensinamentos.

Aos amigos do Laboratório de Controle Biológico de Insetos do BIOAGRO/UFV, em especial Ancidériton, Evaldo, Gibran, Gilberto, José

Milton, Mábio, Patrik, Rafael e Rosenilson pelo auxílio durante todo o experimento e pela amizade.

Aos estagiários Aline, Alexandre e Túlio pela indispensável colaboração.

Aos colegas do Programa de Pós-Graduação em Entomologia pelo agradável convívio.

Aos amigos Christian, Péricles e Silma e também à Dona Teresa por serem minha família durante os anos que vivi em Viçosa.

Às secretárias do Programa de Pós-graduação em Entomologia, Mirian e Paula, pela dedicação, atenção e presteza.

Aos funcionários do Laboratório de Controle Biológico de Insetos e do Insetário da UFV, em especial ao Sr. Moacir, pela amizade.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

MARCUS ALVARENGA SOARES, filho de Geraldo Braz Soares e Moema Alvarenga Lage Soares, nasceu em João Monlevade, estado de Minas Gerais, Brasil, em 7 de abril de 1981. Em fevereiro de 2000 ingressou no curso de graduação em Engenharia Agrônômica, na Universidade Federal de Minas Gerais, graduando-se em janeiro de 2005. De junho de 2002 à dezembro de 2004 foi estagiário e bolsista no Laboratório de Entomologia e Insetário George Washington Gomez de Moraes da Universidade Federal de Minas Gerais. Em 2003 foi estagiário do Laboratório de Criação de Insetos da EMBRAPA Milho e Sorgo. Em março de 2005 ingressou no Programa de Mestrado em Fitotecnia na Universidade Federal de Viçosa defendendo a dissertação em setembro de 2006. Em outubro de 2006 ingressou no Programa de Doutorado em Entomologia pela mesma Universidade defendendo a tese em setembro de 2010. Em fevereiro de 2009 tornou-se professor da Faculdade de Engenharia da Universidade do Estado de Minas Gerais.

CONTEÚDO

RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	xi
Introdução Geral.....	1
Objetivo geral.....	7
Objetivos específicos.....	7
Referências.....	8

Capítulo I

Seletividade do predador *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) por pupas sadias ou parasitadas por *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae)

.....	15
Resumo.....	16
Introdução.....	17
Materiais e Métodos.....	18
Seletividade com o hospedeiro natural.....	18
Seletividade com o hospedeiro alternativo.....	19
Seletividade com o extrato hexânico.....	20
Resultados.....	21
Discussão.....	21
Conclusões.....	25
Agradecimentos.....	25
Referências.....	25

Capítulo II

Consumo de biomassa de pupas sadias ou parasitadas por *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) pelo predador *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae)

.....	32
Resumo.....	33
Introdução.....	34
Materiais e Métodos.....	35
Resultados.....	37
Discussão.....	38
Conclusões.....	40
Agradecimentos.....	40
Referências.....	40

Capítulo III

Emergência e biologia de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) com predação intraguildd

.....	47
Resumo.....	48
Introdução.....	49
Materiais e Métodos.....	50
Resultados.....	52
Discussão.....	53
Conclusões.....	58

Agradecimentos	58
Referências	58

Capítulo IV

Desenvolvimento e sobrevivência de ninfas do percevejo predador <i>Podisus nigrispinus</i> (Heteroptera: Pentatomidae) quando alimentado com presa parasitada por <i>Palmistichus elaeisis</i> (Hymenoptera: Eulophidae)	66
Resumo	67
Introdução	68
Materiais e Métodos	69
Resultados	70
Discussão	71
Conclusões	75
Agradecimentos	75
Referências	75

Capítulo V

Reprodução e tabela de vida de <i>Podisus nigrispinus</i> (Heteroptera: Pentatomidae) com presas parasitadas por <i>Palmistichus elaeisis</i> (Hymenoptera: Eulophidae) ..	84
Resumo	85
Introdução	86
Materiais e Métodos	87
Resultados	90
Discussão	91
Conclusões	94
Agradecimentos	94
Referências	95
Conclusões Gerais	104

RESUMO

SOARES, Marcus Alvarenga, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2010. **Interações entre o predador *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) e o parasitóide *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae).** Orientador: José Cola Zanuncio. Co-orientadores: Germano Leão Demolin Leite, José Eduardo Serrão e Teresinha Vinha Zanuncio.

O uso de mais de uma espécie de inimigo natural para o controle de pragas pode aumentar a eficiência do controle biológico, principalmente, quando esses organismos atuam sobre diferentes estágios da praga. A diversificação da fauna benéfica pode reduzir a população de herbívoros e quanto mais diversa, maior o tempo sem perturbação dos ecossistemas, maior o número de conexões formadas e a estabilidade local. O objetivo deste trabalho foi determinar se existe competição e predação intraguilda entre *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) e imaturos de *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) e o efeito desses fenômenos na biologia desses inimigos naturais. No capítulo I pupas de *Thyrintina arnobia* (Stoll) (Lepidoptera: Geometridae) e do hospedeiro alternativo *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae) foram expostas ao parasitismo por seis fêmeas de *P. elaeisis*. Para verificar a seletividade do predador uma pupa sadia (T1) e outra parasitada por *P. elaeisis* (T2) foram dispostas em faces opostas de uma placa de Petri. Fêmeas de *P. nigrispinus* foram liberadas, individualmente, no centro dessas placas e a preferência de cada fêmea por pupa, sadia ou parasitada por *P. elaeisis*, foi observada. No capítulo II cem fêmeas de *P. nigrispinus* foram pesadas e individualizadas em placas de Petri. Vinte e cinco dessas fêmeas receberam, por três dias consecutivos, pupas de *T. molitor* sadias (T1), enquanto outras 75 receberam pupas com um (T2) ou nove (T3) ou 18 dias (T4) do parasitismo por *P. elaeisis*. A predação foi permitida por 24 horas com as pupas sendo pesadas antes e após esse período e substituídas por novas. No quarto dia, as fêmeas de *P. nigrispinus* foram novamente pesadas para se avaliar o peso final das mesmas. No capítulo III pupas do hospedeiro alternativo *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) foram expostas ao parasitismo

por *P. elaeisis* por 24 horas. Essas pupas, contendo larvas ou pupas de *P. elaeisis*, foram individualizadas em placas de Petri com um chumaço de algodão embebido com água destilada e com uma fêmea de *P. nigrispinus*. Os tratamentos consistiram dos períodos sem predação (T1) ou com 24 (T2) e 48 horas (T3) do predador com as pupas. A seguir, as pupas foram retiradas das placas de Petri e individualizadas em tubos de vidro. O ciclo (ovo-adulto), a emergência, a longevidade, a razão sexual e os parâmetros morfométricos de adultos de *P. elaeisis* foram avaliados. Nos capítulos IV e V os tratamentos foram ninfas de *P. nigrispinus* alimentadas com pupas de *T. molitor* parasitadas por *P. elaeisis* (T1); ninfas de *P. nigrispinus* com pupas parasitadas ou sadias em proporções equivalentes (1:1) (T2) e ninfas de *P. nigrispinus* com pupas sadias (T3). Após a emergência os adultos de *P. nigrispinus* receberam a mesma dieta das ninfas que os originaram e foram sexados, individualizados em sacos brancos de organza envolvendo folhas de *Eucalyptus* spp. e acasalados, com um casal por saco de organza. *Podisus nigrispinus* é seletivo, ao evitar presas parasitadas e, quando isso não ocorre, a predação intraguilha ocorre de forma simétrica. O consumo da biomassa de presas parasitadas foi menor que o das sadias e aumentou com a progressão ontogenética do parasitóide. Fêmeas de *P. nigrispinus* atingem o peso ideal (>60 mg), para maior fecundidade, mesmo se alimentando de presas parasitadas. A predação intraguilha afeta a emergência e a biologia do parasitóide *P. elaeisis*. O número de adultos emergidos por pupa e a razão sexual desse parasitóide diminuíram, quando o hospedeiro permaneceu com o predador por 48h. Pupas hospedeiras, com parasitóides no estágio de larva, quando predadas, apresentam efeitos positivos na biologia de *P. elaeisis*, como menor ciclo (ovo-adulto) e maior longevidade de suas fêmeas. *Podisus nigrispinus* pode coexistir com *P. elaeisis* e ter reduzido impacto no desempenho de suas ninfas por esse competidor. Ninfas de *P. nigrispinus*, em intensa competição com imaturos de *P. elaeisis*, têm seu ciclo aumentado em, até, oito dias, mas sua sobrevivência permanece alta. A massa corpórea das ninfas e adultos de *P. nigrispinus* foi menor com pupas parasitadas, mas seus adultos mantiveram a largura da cabeça característica da espécie. A predação

intraguilda intensa pode, também, reduzir a oviposição e taxas de crescimento populacional e aumentar a mortalidade de adultos de *P. nigrispinus*, mas sem provocar a exclusão da espécie. No entanto, competições equilibradas (1:1) com parasitóides têm menor impacto em adultos desse predador. O reduzido impacto da competição ou predação intraguilda entre *P. nigrispinus* e *P. elaeisis*, mostra que esse predador não pode excluir *P. elaeisis* da área, ou vice versa e esses inimigos naturais possuem estratégias de coexistência no mesmo habitat.

ABSTRACT

SOARES, Marcus Alvarenga, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September, 2010. **Interactions among the predator *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) and the parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae)**. Adviser: José Cola Zanuncio. Co-advisers: Germano Leão Demolin Leite, José Eduardo Serrão and Teresinha Vinha Zanuncio.

The use of more than one natural enemy for pests control can increase the efficiency of the biological control, mainly, when those organisms act on different apprenticeships of the pests. The diversification of the beneficial fauna can reduce the population of herbivores and the disturbance of the ecosystems, increasing the local stability. The objective was to determine the existence of competition and intraguild predation among *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) and immature of *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) and the effect of those phenomena in those natural enemies' biology. In the chapter I *Thyrintina arnobia* (Stoll) (Lepidoptera: Geometridae) and the host alternative *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae) pupae were exposed to the parasitism for six females of *P. elaeisis*. To verify the selectivity of the predator a healthy pupa (T1) and another parasited by *P. elaeisis* (T2) were willing in opposite faces of Petri dishes. *Podisus nigrispinus* females were liberated, individually, in the center of those dishes and the preference of each female for pupae was observed. In the chapter II a hundred *P. nigrispinus* females were weighed and individualized in Petri dishes. Twenty-five of those females received for three consecutive days *T. molitor* healthy pupae (T1), while other 75 received pupae with one (T2) or nine (T3) or 18 days (T4) of the parasitism for *P. elaeisis*. The predation was allowed by 24 hours with the pupae being weighed before and after that period and substituted for a new. In the fourth day, the *P. nigrispinus* females were weighed again to evaluate the final weight of the same ones. In the chapter III pupae of the host alternative *T. molitor* were exposed to the parasitism for *P. elaeisis* for 24 hours. Those pupae containing *P. elaeisis* larvae or pupae

were individualized in Petri dishes with a *P. nigrispinus* female. The treatments consisted of the no predation (T1) or 24 (T2) and 48 hours (T3) of the predator with the pupas. The pupas were removed of the Petri dishes and individualized in glass tubes. The cycle (egg-adult), the emergency, the longevity, the sexual reason and the morphometric parameters of *P. elaeisis* adults were appraised. In the chapters IV and V the treatments were *P. nigrispinus* nymphs fed with pupae of *T. molitor* parasited by *P. elaeisis* (T1); *P. nigrispinus* nymphs with parasited pupae or healthy in equivalent proportions (1:1) (T2) and *P. nigrispinus* nymphs with healthy pupae (T3). After the emergency *P. nigrispinus* adults received the same diet and they were put inside white sacks involving leaves of *Eucalyptus* spp. with a couple for sack. *Podisus nigrispinus* is selective, when avoiding parasited pupae and, when that doesn't happen, the intraguild predation happens in a symmetrical way. The consumption of the parasited preys' biomass was smaller than the healthy ones and it increased with the progression of the parasitoid development. *Podisus nigrispinus* females reach the ideal weight (>60 mg) for larger fecundity same feeding of parasited preys. The intraguild predation affects the *P. elaeisis* emergency and biology. The number of adults emerged by pupa and the sexual reason of that parasitoid decreased when the host stayed with the predator for 48 hours. Host pupae with parasitoids in the larvae apprenticeship present positive effects in the biology, like as smaller cycle (egg-adult) and larger longevity of their females. *Podisus nigrispinus* can coexist with *P. elaeisis* and to have reduced impact in the acting of their nymphs for that competitor. *Podisus nigrispinus* nymphs in intense competition with *P. elaeisis* have your cycle increased in until eight days but predator survival stays high. The corporal mass of the nymphs and adults of *P. nigrispinus* were smaller with parasited pupae. The intense intraguild predation can also to reduce the oviposition and taxes of population growth and to increase the adults' of *P. nigrispinus* mortality but without provoking the exclusion of the species. However, balanced competitions (1:1) with parasitoids have smaller impact in adults of that predator. The reduced impact of the competition or intraguild predation between *P. nigrispinus* and *P. elaeisis* shows that the predator cannot

exclude *P. elaeisis* of the area or the reverse and those natural enemies possess coexistence strategies in the same habitat.

Introdução Geral

1. A expansão do plantio e uso de eucalipto no Brasil

Espécies do gênero *Eucalyptus* foram introduzidas no Brasil antes de 1900, para produção de lenha para companhias de via férrea e madeira para produção de moirões e postes (UHLIG et al., 2008).

A madeira de essências florestais pode ser utilizada para lenha, estacas, moirões, dormentes, carvão vegetal, celulose, papel, chapas de fibras e para usos mais nobres, como fabricação de casas, móveis e estruturas, especialmente nas regiões Sudeste e Sul do Brasil. Destaca-se, também, a crescente demanda por produtos não madeiráveis como resinas, látex, produtos alimentícios, taninos e óleos essenciais, matéria-prima para a indústria farmacêutica, como plantas medicinais. Essa tendência se observa, também, a nível mundial, com demanda crescente por produtos de base florestal (RIBASKI et al., 2001).

Áreas com eucalipto representam ecossistemas mais estáveis que a agricultura, mas diferentes daqueles da vegetação natural ou dos policultivos, pelas grandes extensões plantadas com mudas clonais, o que podem favorecer o surgimento de insetos-pragas como lepidópteros desfolhadores (ZANUNCIO et al., 2001; ZANUNCIO et al., 2003; SOARES et al., 2007; SOARES et al., 2009). Isto pode facilitar a ocorrência de surtos de insetos que, se controlados com inseticidas causam impactos ambientais indesejáveis como a morte de inimigos naturais (OLIVEIRA et al., 2004). Além disso, os inseticidas podem provocar intoxicação e contaminação ambiental, aumentar os custos e selecionar insetos resistentes (ZANUNCIO et al., 1994; SOARES et al., 2010).

Metodologias alternativas, para o controle de espécies de Lepidoptera no setor florestal, podem ter eficiência satisfatória (ZANUNCIO et al., 1994), com destaque para o controle biológico com predadores e parasitóides (BRAGANÇA et al., 1998ab).

2. Aumento da diversidade de inimigos naturais

O uso de mais de uma espécie de inimigo natural, para o controle de pragas, pode aumentar a eficiência do controle biológico, principalmente, quando esses organismos atuam sobre diferentes estágios da praga (KAKEHASHI et al., 1984; KEEVER et al., 1986; GONÇALVES et al., 2006). A diversificação de inimigos naturais pode reduzir a população de herbívoros e quanto mais diversa, maior o tempo sem perturbação dos ecossistemas, o número de conexões formadas e a estabilidade local (ANDOW, 1991; LETOURNEAU et al., 2009).

Neste contexto, a redução da população da praga pode ser maior com mais de um organismo associado, que pelas espécies isoladamente (KELLER, 1984). Isto pode ser explicado por ações aditivas ou sinérgicas entre os inimigos naturais com aumento do potencial de supressão da praga (LOSEY & DENNO, 1998). *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae), *Nabis* sp. (Latreille) (Hemiptera: Nabidae) e *Aphidius ervi* (Haliday) (Hymenoptera: Braconidae) suprimiram populações de *Acyrtosiphon pisum* (Harris) (Homoptera: Aphididae) além do previsto para cada inimigo natural isoladamente (CARDINALE et al., 2003). O controle de lepidópteros por *Trichogramma pretiosum* (Riley) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e *Bracon hebetor* (Say) (Hymenoptera: Braconidae), em amendoim armazenado foi superior que pelo inseticida malation (BROWER & PRESS, 1990). *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) e *Anisopteromalus calandrae* (Howard) (Hymenoptera: Pteromalidae) associados, reduziram populações de *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) (Coleoptera: Bostrichidae) em grãos armazenados de trigo (GONÇALVES et al., 2006). *Cirrospilus coachellae* Gates (Hymenoptera: Eulophidae) e *Hadrotrichodes waukheon* LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) reduziram populações de *Marmara gulosa* Guillén & Davis (Lepidoptera: Gracillariidae) em plantios de citrus no sudoeste dos Estados Unidos da América (EUA) (KIRKLAND et al., 2009).

Por outro lado, o aumento da diversidade de inimigos naturais em sistemas agrícolas e/ou florestais pode, em alguns casos, não aumentar a mortalidade de insetos-praga (SNYDER & WISE, 2001; BRUNO & O'CONNOR, 2005). A

coexistência de espécies polífagas pode ocasionar interações complexas entre as mesmas e o resultado, muitas vezes, não é o simples efeito somatório de cada inimigo natural no controle da praga-alvo. Predadores polífagos competem com inimigos naturais menos generalistas e alimentam-se destes. Isto pode aumentar a população de pragas pela exclusão do outro inimigo natural (presa intraguilda) e/ou à redução do tempo e esforços na predação da praga-alvo pelo polífono (ROSENHEIM et al., 1995; SNYDER et al., 2008).

O ponto-chave é, portanto, o aumento estratégico da diversidade, ou seja, aquela que proporcionará aumento das espécies de inimigos naturais eficientes contra pragas e com mecanismos que reduzam a competição entre si. Para isso, deve-se conhecer a estrutura e o funcionamento da teia alimentar no sistema, para se manipular a diversidade e aumentar a conservação de espécies desejáveis (ROSENHEIM et al., 1995).

Os fenômenos da competição e predação intraguilda devem ser considerados (ZANG & LIU, 2007). O primeiro ocorre quando concorrentes potenciais se alimentam de uma espécie comum e o segundo quando um inimigo natural se alimenta do outro (POLIS & HOLT, 1992). A predação intraguilda é frequentemente observada em predadores generalistas e pode ser assimétrica, quando o predador apresenta preferência pelo outro inimigo natural ou simétrica quando a predação ocorre de forma indiscriminada (MÜLLER & BRODEUR, 2002; CARDINALE et al., 2003; IVES et al., 2005; SNYDER et al., 2008; HERRICK et al., 2008).

Inimigos naturais, com capacidades competitivas desiguais, prejudicam a menos competitiva (VAN BAAREN et al., 1994). O desempenho de *Campoletis chlorideae* (Uchida) (Hymenoptera: Ichneumonidae) foi semelhante forrageando larvas de *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) isolado ou com *Eriborus argenteopilosus* (Cameron) (Hymenoptera: Ichneumonidae). No entanto, esse último parasitóide apresentou melhores taxas de parasitismo sem competição (BAJPAI et al., 2006). *Spathius agrili* Yang (Hymenoptera: Braconidae) é mais eficiente para localizar e parasitar hospedeiros que *Tetrastichus planipennisi* Yang (Hymenoptera: Eulophidae) e ambos parasitam

larvas de *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera: Buprestidae) em plantas de freixo (*Fraxinus excelsior* L. (Oleaceae)) nos EUA. Quando liberadas simultaneamente em laboratório *S. agrili* parasita hospedeiros previamente parasitados por *T. planipennisi*, mas não o reverso, ocorrendo a exclusão da segunda espécie do sistema (ULYSHEN et al., 2010).

A predação intraguildd pode ocorrer, com os inimigos naturais se afetando mutuamente (WEN et al., 1994), como *Xylocoris flavipes* (Reuter) (Heteroptera: Anthocoridae) predando ovos de *Cadra cautella* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) parasitados por *T. pretiosum*, que parasitam também os ovos de *X. flavipes* (BROWER & PRESS, 1988), ou com um organismo competidor se alimentando do outro, mas não vice versa (POLIS & STRONG, 1996). Predadores dos gêneros *Orius*, *Geocoris* e *Nabis* podem preda ovos parasitados por *Trichogramma* spp. (BROWER & PRESS, 1988; SMITH, 1996). Parasitóides imaturos de *Pachysomoides* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae) e *Megaselia scalaris* (Loew) (Diptera: Phoridae) se alimentam de larvas da vespa predadora *Mischocyttarus cassununga* (Von Ihering) (Hymenoptera: Vespidae) (SOARES et al., 2006). Além disso, ovos de *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) podem ser parasitados por *Telenomus podisi* (Ashmead) e *Trissolcus brochymenae* (Ashmead) (Hymenoptera: Scelionidae) (TORRES et al., 1997).

Deste modo, interações entre inimigos naturais podem reduzir a supressão de pragas (ZANG & LIU, 2007), como relatado para o bicho-mineiro-do-cafeeiro, *Leucoptera coffeellum* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae) e seus inimigos naturais, oito espécies de parasitóides e três vespas predadoras que ocorrem, simultaneamente no campo. No entanto, mesmo assim *L. coffeellum*, frequentemente, apresenta populações acima do nível de dano econômico em cafezais (REIS et al., 2000).

3. Contextualização da diversidade de inimigos naturais em florestas de eucalipto no Brasil

Predadores Pentatomidae são importantes no controle de pragas agrosilviculturais, por serem agressivos e terem alta capacidade reprodutiva (ZANUNCIO et al., 1994), atacando, principalmente, larvas de Lepidoptera, Coleoptera e Hymenoptera (OLIVEIRA et al., 1999). Além disso, podem, também, atacar insetos em diferentes estágios, incluindo ovos, pupas e adultos (BERTI FILHO, 1974; DE CLERCQ, 2000). As lagartas desfolhadoras *Eupseudosoma aberrans* (Schaus), *Eupseudosoma involuta* (Sepp) (Lepidoptera: Arctiidae), *Thyriniteina arnobia* (Stoll) (Lepidoptera: Geometridae), *Sarsina violascens* (Herrich-Schaeffer) (Lepidoptera: Lymantriidae) e *Euselasia eucerus* (Hewitson) (Lepidoptera: Riodinidae) podem apresentar surtos frequentes e danos em plantios de eucalipto e são presas naturais de predadores Pentatomidae (ZANUNCIO et al., 2003).

Predadores encontrados em surtos de Lepidoptera, em eucalipto, incluem espécies do gênero *Podisus*, o que tem levado ao desenvolvimento de estudos para utilização desses agentes de controle biológico (ZANUNCIO et al., 1994; TORRES & ZANUNCIO, 2001; LEMOS et al., 2005; SOARES et al., 2009).

Parasitóides são, também, importantes pela diversidade e altos níveis de parasitismo sobre populações hospedeiras. A maioria dos parasitóides são Hymenoptera e Diptera com, aproximadamente, 50.000 espécies de Hymenoptera parasitóides (DALL'OGGIO et al., 2003). Espécies de Trichogrammatidae, Ichneumonidae, Braconidae, Scelionidae e Eulophidae parasitam ovos, larvas, pupas ou adultos, principalmente de Coleoptera, Lepidoptera, Diptera e Hemiptera em florestas (BERTI FILHO, 1985; SOARES et al., 2007), sendo os inimigos naturais mais abundantes em plantações de eucalipto (DALL'OGGIO et al., 2003).

Palmistichus elaeisis Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae), foi relatado parasitando pupas de *E. involuta* e *E. eucerus* (DELVARE & LASALLE, 1993), *Sabulodes* sp. (Guenée) (Lepidoptera: Geometridae) (BITTENCOURT & BERTI FILHO, 1999), *T. arnobia* e *Thyriniteina*

leucoceraea (Rindge) (Lepidoptera: Geometridae) (PEREIRA et al., 2008). Assim, este parasitóide coexiste com o predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) em ambientes florestais e ambos são inimigos naturais importantes de desfolhadores do eucalipto (ZANUNCIO et al., 1994; PEREIRA et al., 2008).

Podisus nigrispinus não apresentou interações com os parasitóides *Trichogramma acacioi* (Brun, Moraes & Soares), *Trichogramma pretiosum* (Riley), *Trichogramma exiguum* (Pinto & Platner) e *Trichogramma atopovirilia* (Oatman & Platner) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (HOLTZ et al., 2006). No entanto, *Telenomus podisi* (Ashmead), *Trissolchus brochymenae* Ashmead, *Trissolcus scuticariantus* Costa Lima (Hymenoptera: Scelionidae), *Ooencyrtus* sp. (Hymenoptera: Encyrtidae) e *Anastatus* spp. (Hymenoptera: Eupelmidae) parasitam ovos de *P. nigrispinus*, em plantios de eucalipto, no cerrado de Minas Gerais (TORRES et al., 1996). *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae) não predou ovos de *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) parasitados por *Trichogramma brassicae* (Bezdenko) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e morreu no terceiro estágio (OLIVEIRA et al., 2004). No entanto, este predador atacou larvas de *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae) parasitadas por *Cotesia plutellae* (Kurdjumov) (Hymenoptera: Braconidae) (HERRICK et al., 2008).

Efeitos da competição e possível predação intraguilha do predador *P. nigrispinus* em hospedeiros parasitados por *P. elaeisis*, em florestas de eucalipto, não foram estudados. Esses inimigos naturais apresentam características biológicas adequadas para o controle de lepidópteros, como alta capacidade de predação e reprodução e de parasitismo e emergência, além de fácil criação e baixo custo (ZANUNCIO et al., 1994; PEREIRA et al., 2008; ZANUNCIO et al., 2008; PEREIRA et al., 2009). Assim, esses inimigos naturais têm potencial para serem utilizados, simultaneamente, em programas de controle biológico, mas ambos atacam uma fase comum da praga, a pupa, o que tornam necessários estudos das interações entre esses insetos.

Objetivo geral

O objetivo deste trabalho foi determinar se existe competição e predação intraguilda entre *Podisus nigrispinus* e imaturos de *Palmistichus elaeisis* e estudar o efeito desses fenômenos na biologia desses inimigos naturais, contribuindo para a compreensão das interações existentes entre predador e parasitóide, visando manter populações de lagartas desfolhadoras abaixo do nível de dano econômico.

Objetivos específicos

- Verificar a seletividade e comparar o consumo de biomassa de pupas sadias ou parasitadas por *P. elaeisis* pelo predador *P. nigrispinus*.
- Determinar o ciclo (ovo-adulto), emergência, longevidade, razão sexual e parâmetros morfométricos do parasitóide *P. elaeisis* emergidos de hospedeiros predados por *P. nigrispinus*.
- Avaliar o efeito da alimentação com pupas sadias ou parasitadas por *P. elaeisis* no peso, sobrevivência, razão sexual, largura da cabeça e desenvolvimento ninfal e na sobrevivência, longevidade, fecundidade e tabela de vida de *P. nigrispinus* em plantas de eucalipto.

A alta demanda de pupas, por períodos prolongados, para os ensaios, inviabilizou o uso de hospedeiros naturais, que são de difícil manutenção e custo elevado. Assim, pupas do hospedeiro alternativo *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae) foram utilizadas, devido a sua facilidade de criação e baixo custo (OTUKA et al., 2006) e pelo fato de *P. elaeisis* apresentar alta eficiência nesse hospedeiro alternativo (ZANUNCIO et al., 2008).

A introdução desta tese está de acordo com as normas da ABNT e os artigos conforme normas da revista *Journal of Insect Science*.

Referências

Andow DA. Vegetational diversity and arthropod population response. **Annual Review of Entomology**, v.31, p. 561-586, 1991.

Bajpai NK, Ballal CR, Rao NS, Singh SP, Bhaskaran TV. Competitive interaction between two ichneumonid parasitoids of *Spodoptera litura*. **BioControl**, v. 51, n. 4, p. 419-438, 2006.

Berti Filho E. **Biologia de *Thyriniteina arnobia* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Geometridae) e observações sobre a ocorrência de inimigos naturais.** Piracicaba, ESALQ/USP. 74p. (Tese de Doutorado). 1974.

Berti Filho E. O parasitismo no controle integrado de pragas florestais. **Silvicultura**, v. 10, n. 39, p. 7-10, 1985.

Bittencourt MAL, Berti Filho E. Preferência de *Palmistichus elaeisis* por pupas de diferentes lepidópteros praga. **Scientia Agrícola**, v. 56, n. 4, p. 1281-1283, 1999.

Bragança MAL, De Souza O, Zanuncio JC. Environmental heterogeneity as a strategy for pest management in *Eucalyptus* plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 102, n. 1, p. 9-12, 1998a.

Bragança MAL, Zanuncio JC, Picanço M, Laranjeiro A. Effects of environmental heterogeneity on Lepidoptera and Hymenoptera populations in *Eucalyptus* plantations in Brazil. **Forest Ecology and Management**, v. 103, n. 2-3, p. 287-292, 1998b.

Brower JH, Press JW. Interaction between the egg parasite *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) and a predator, *Xylocoris flavipes*, (Hemiptera: Anthocoridae) of the almond moth, *Cadra cautella* (Lepidoptera: Pyralidae). **Journal of Entomological Science**, v. 23, p. 342-349, 1988.

Brower JH, Press JW. Interaction of *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae) and *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) in

suppressing stored product moth populations in small inshell peanut storages. **Journal of Economic Entomology**, v. 83, n. 3, p. 1096-1101, 1990.

Bruno JF, O'Connor MI. Cascading effects of predator diversity and omnivory in a marine food web. **Ecology Letters**, v. 8, n. 10, p. 1048–1056, 2005.

Cardinale BJ, Harvey CT, Gross K, Lives AR. Biodiversity and biocontrol: emergent impacts a multi-enemy assemblage on pest suppression and crop yield in an agroecosystem. **Ecology Letters**, v. 6, n. 9, p. 857-865, 2003.

Dall'Oglio OT, Zanuncio JC, Freitas FA, Pinto R. Himenópteros parasitóides coletados em povoamentos de *Eucalyptus grandis* e mata nativa em Ipaba, estado de Minas Gerais. **Ciência Florestal**, v. 13, n. 1, p. 123-129, 2003.

De Clercq P. Chapter 32: Predaceous Stinkbugs (Pentatomidae: Asopinae), pp. 737-789. In Schaefer C.W. & A.R. Panizzi [eds.], **Heteroptera of Economic Importance**. CRC Press, Boca Raton, FL. 828 pp. 2000.

Delvare G, LaSalle JA. New genus of Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae) from the Neotropical region, with the description of a new species parasitica on key pests of oil palm. **Journal of Natural History**, v. 27, n. 1, p. 435-444, 1993.

Gonçalves JR, Faroni LRA, Guedes RNC, Oliveira CRF, Garcia FM. Interação entre *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) e *Anisopteromalus calandrae* (Howard) (Hymenoptera: Pteromalidae) sobre *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) (Coleoptera: Bostrichidae). **Neotropical Entomology**, v. 35, n. 6, p. 823-827, 2006.

Herrick NJ, Reitz SR, Carpenter JE, O'Brien CW. Predation by *Podisus maculiventris* (Hemiptera: Pentatomidae) on *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) larvae parasitized by *Cotesia plutellae* (Hymenoptera: Braconidae) and its impact on cabbage. **Biological Control**, v. 45, n. 3, p. 386–395, 2008.

Holtz AM, Pratissoli D, Saito NS, Melo DF, Polanczyk RA, Vianna UR. É possível a associação *Podisus nigrispinus* e espécies de *Trichogramma* em um programa de controle biológico em florestas? **Idesia**, v. 24, n. 2, p. 85-858, 2006.

Ives AR, Cardinale BJ, Snyder WE. A synthesis of subdisciplines: predator-prey interactions, and biodiversity and ecosystem functioning. **Ecology Letters**, v. 8, n. 1, p. 102-116, 2005.

Takehashi N, Suzuki Y, Iwasa Y. Niche overlap of parasitoids in host-parasitoid system: Its consequence to single versus multiple introduction controversy in biological control. **Journal of Applied Ecology**, v. 21, p. 115-131, 1984.

Keever DW, Mullen MA, Press JW, Arbogast RT. Augmentation of natural enemies for suppressing two major insect pests in stored farmers stock peanuts. **Environmental Entomology**, v. 15, n. 3, p. 767-770, 1986.

Keller MA. Reassessing evidence for competitive exclusion of introduced natural enemies. **Environmental Entomology**, v. 13, n. 1, p. 192-195, 1984.

Kirkland CA, Burks RA, Headrick DH, Heraty J. A review of *Hadrotrichodes waukheon* LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae): a possible biological control agent of *Marmara gulosa* Guillén & Davis (Lepidoptera: Gracillariidae) in San Joaquin Valley Citrus. **Proceedings of the Entomological Society of Washington**, v. 111, n. 1, p. 7-11, 2009.

Lemos WP, Zanuncio JC, Serrão JE. Attack behavior of *Podisus rostralis* (Heteroptera: Pentatomidae) adults on caterpillars of *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 48, n. 6, p. 42-48, 2005.

Letourneau DK, Jedlicka JA, Bothwell SG, Moreno CR. Effects of natural enemy biodiversity on the suppression of arthropod herbivores in terrestrial ecosystems. **The Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, v. 40, p. 573-92, 2009.

Losey JE, Denno RF. Positive predator–predator interactions: enhanced predation rates and synergistic suppression of aphid populations. **Ecology**, v. 79, n. 6, p. 2143–2152, 1998.

Müller CB, Brodeur J. Intraguild predation in biological control and conservation biology. **Biological Control**, v. 25, n. 3, p. 216-223, 2002.

Oliveira HN, Zanuncio JC, Sossai MF, Pratissoli D. Body weight increment of *Podisus nigrispinus* (Stal) (Heteroptera: Pentatomidae), fed on *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) or *Musca domestica* L. (Diptera: Muscidae). **Brenesia**, v. 51, p. 77-83, 1999.

Oliveira HN, De Clercq P, Zanuncio JC, Pratissoli D, Pedruzzi EP. Nymphal development and feeding preference of *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae) on eggs of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) parasitised or not by *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 64, n. 3a, p. 459-463, 2004.

Otuka AK, Vacari AM, Martins MIEG, De Bortoli SA. Custo de produção de *Podisus nigrispinus* (Dallas, 1851) (Hemiptera: Pentatomidae) criado com diferentes presas. **O Biológico**, v. 68, p. 224-227, 2006.

Pereira FF, Zanuncio TV, Zanuncio JC, Pratissoli D, Tavares MT. Species of lepidoptera defoliators of Eucalyptus as new host for the parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 51, n. 2, p. 259-262, 2008.

Pereira FF, Zanuncio JC, Serrão JE, Pastori PL, Ramalho FS. Reproductive performance of *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) with previously refrigerated pupae of *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae). **Brazilian Journal of Biology**, v. 69, n. 3, p. 865-869, 2009.

Reis Jr. R, Souza O, Vilela E. Predators impairing the natural biological control of parasitoids. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 29, n. 3, p. 507-514, 2000.

Ribaski J, Montoya LJ, Rodrigheri HR. Sistemas Agroflorestais: aspectos ambientais e socioeconômicos. **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 202, p. 61-67, 2001.

Rosenheim JA, Kaya HK, Ehler LE, Marois JJ, Jaffee BA. Intraguild predation among biological-control agents: theory and evidence. **Biological Control**, v. 5, n. 3, p. 303-335, 1995.

Polis GA, Holt RD. Intraguild predation: the dynamics of complex trophic interactions. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 7, n. 5, p. 151–155, 1992.

Polis GA, Strong DR. Food web complexity and community dynamics. **The American Naturalist**, v. 147, n. 5, p. 813-846, 1996.

Smith SM. Biological control with *Trichogramma*: advances, successes, and potential of their use. **Annual Review of Entomology**, v. 41, p. 375-406, 1996.

Snyder GB, Finke DL, Snyder WE. Predator biodiversity strengthens aphid suppression across single- and multiple-species prey communities. **Biological Control**, v. 44, n. 1, p. 52-60, 2008.

Snyder WE, Wise DH. Contrasting trophic cascades generated by a community of generalist predators. **Ecology**, v. 82, n. 6, p. 1571–1583, 2001.

Soares MA, Zanuncio JC, Leite GLD, Wermelinger ED, Serrão JE. Does *Thyrinteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) use different defense behaviours against predators? **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 116, n. 1, p. 30-33, 2009.

Soares MA, Zanuncio JC, Leite GLD, Reis TC, Silva MA. Controle biológico de pragas em armazenamento: uma alternativa para reduzir o uso de agrotóxicos no Brasil? **Unimontes Científica**, 2010, (no prelo)

Soares MA, Torres-Gutierrez C, Zanuncio JC, Belline LL, Prezotto F, Serrão JE. *Pachysomoides* sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae: Cryptinae) and *Megaselia scalaris* (Diptera: Phoridae) parasitoids of *Mischocyttarus cassununga* (Hymenoptera: Vespidae) in Viçosa, Minas Gerais state, Brazil. **Sociobiology**, v. 48, n. 3, p. 1-8, 2006.

Soares MA, Leite GLD, Zanuncio JC, Rocha SL, de Sá VGM, Serrão JE. Flight capacity, parasitism and emergence of five *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) species from forest areas in Brazil. **Phytoparasitica**, v. 35, n. 3, p. 314-318, 2007.

Torres JB, Zanuncio JC. Effect of sequential mating by males on reproductive output of the stinkbug predator, *Podisus nigrispinus*. **BioControl**, v. 46, n. 4, p. 469-480, 2001.

Torres JB, Pratissoli D, Zanuncio JC. Exigências térmicas e potencial de desenvolvimento dos parasitóides *Telenomus podisi* Ashmead e *Trissolcus brochymenae* (Ashmead) em ovos do percevejo predador *Podisus nigrispinus* (Dallas). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 26, n. 2, p. 445-453, 1997.

Torres JB, Zanuncio JC, Cecon PR, Gasperazzo WL. Mortalidade de *Podisus nigrispinus* (Dallas) por parasitóides de ovos em áreas de eucalipto. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 25, n. 3, p. 463-472, 1996.

Uhlig A, Goldemberg J, Coelho ST. O uso de carvão vegetal na indústria siderúrgica brasileira e o impacto sobre as mudanças climáticas. **Revista Brasileira de Energia**, v. 14, n. 2, p. 67-85, 2008.

Ulyshen MD, Duan JJ, Bauer LS. Interactions between *Spathius agrili* (Hymenoptera: Braconidae) and *Tetrastichus planipennisi* (Hymenoptera: Eulophidae), larval parasitoids of *Agrilus planipennis* (Coleoptera: Buprestidae). **Biological Control**, v. 52, n. 2, p. 188-193, 2010.

van Baaren J, Boivin G, Nénon JP. Intra- and interspecific host discrimination in two closely related egg parasitoids. **Oecologia**, v. 100, n. 3, p. 325-330, 1994.

Wen B, Smith L, Brower JH. Competition between *Anisopteromalus calandrae* and *Choetospila elegans* (Hymenoptera: Pteromalidae) at different parasitoid densities on immature maize weevils (Coleoptera: Curculionidae) in corn. **Environmental Entomology**, v. 23, n. 1, p. 367-373, 1994.

Zang LS, Liu TX. Intraguild interactions between an oligophagous predator, *Delphastus catalinae* (Coleoptera: Coccinellidae), and a parasitoid, *Encarsia sophia* (Hymenoptera: Aphelinidae), of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). **Biological Control**, v. 41, n. 1, p. 142-150, 2007.

Zanuncio JC, Alves JB, Zanuncio TV, Garcia JF. Hemipterous predators of eucalypt defoliator caterpillars. **Forest Ecology and Management**, v. 65, n. 1, p. 65-73, 1994.

Zanuncio JC, Guedes RNC, Zanuncio TV, Fabres AS. Species richness and abundance of defoliating Lepidoptera associated with *Eucalyptus grandis* in Brazil and their response to plant age. **Austral Ecology**, v. 26, n. 6, p. 582-589, 2001.

Zanuncio JC, Zanuncio TV, Freitas FA, Pratissoli D. Population density of Lepidoptera in a plantation of *Eucalyptus urophylla* in the state of Minas Gerais, Brazil. **Animal Biology**, v. 53, n. 1, p. 17-26, 2003.

Zanuncio JC, Pereira FF, Jacques GC. *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae), a new alternative host to rear the pupae parasitoid *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae). **The Coleopterists Bulletin**, v. 62, n. 1, p. 64–66, 2008.

Capítulo I

**Seletividade do predador *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae)
por pupas sadias ou parasitadas por *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera:
Eulophidae)**

**Seletividade do predador *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae)
por pupas sadias ou parasitadas por *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera:
Eulophidae)**

Resumo

Podisus nigrispinus (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) e *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) são inimigos naturais de lepidópteros desfolhadores e informações sobre liberações simultâneas desses insetos não foram relatadas. O objetivo foi verificar a seletividade de pupas sadias ou parasitadas por *P. elaeisis* pelo predador *P. nigrispinus*. Pupas de *Thyrinteina arnobia* (Stoll) (Lepidoptera: Geometridae) e do hospedeiro alternativo *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae), com 24 horas de idade, foram individualizadas em tubos de vidro e expostas ao parasitismo por seis fêmeas de *P. elaeisis* por 24 horas. Os seguintes ensaios foram realizados para verificar a seletividade do predador: 1) pupas de *T. arnobia* sadias e com um dia de parasitismo por *P. elaeisis*; 2) pupas de *T. molitor* sadias e com um, nove ou dezoito dias do parasitismo e 3) extratos hexânicos de pupas de *T. molitor* sadias e parasitadas há um, três, seis e nove dias. Esses extratos foram aspergidos sobre pupas de *T. molitor* sadias. Em todos os ensaios, uma pupa sadia (T1) e outra parasitada por *P. elaeisis* (T2) foram dispostas em faces opostas de uma arena. Fêmeas de *P. nigrispinus* foram liberadas, individualmente, no centro dessas placas e a preferência de cada fêmea por pupa foi observada. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e a seletividade foi analisada pelo teste de qui quadrado (X^2) ($P \leq 0,05$). Fêmeas do predador evitaram pupas de *T. arnobia* com um dia e de *T. molitor* com um e 18 dias de parasitismo, mas não apresentaram seletividade para pupas de *T. molitor* com nove dias de parasitismo. Fêmeas de *P. nigrispinus* evitaram pupas de *T. molitor* pulverizadas com extrato hexânico de pupas parasitadas há um dia, o que indica a presença de aleloquímicos de *P. elaeisis* na presa, gerando um estímulo negativo no predador.

Palavras chave: Competição, parasitóide, predação intraguilda

Introdução

A predação e interações presa-predador podem explicar a complexidade de muitas cadeias alimentares. No entanto, modelos tróficos teóricos mais complexos tentam encontrar outros tipos de interações entre espécies, como aqueles que mensuram a predação intraguilda (Polis & Holt 1992). Na predação intraguilda, outra dimensão é adicionada, a interação de presa-predador-competidor quando ocorre uma mudança de nível trófico de um dos competidores, passando a predador do outro (Polis & Holt 1992). Este fenômeno é comum em vários ecossistemas e pode estabilizar ou desestabilizar cadeias alimentares, dependendo das condições e do tipo de sistema estudado (Müller & Brodeur 2002; Vandermeer 2006; Martinou *et al.* 2010). Como consequência, a predação intraguilda combina a competição e a predação (Polis & Holt 1992).

Podisus nigrispinus (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) e *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) coexistem em florestas de eucalipto e podem ser classificados como pertencentes a mesma “guilda”, por compartilharem o mesmo recurso alimentar (Müller & Brodeur 2002); o primeiro por predação e o segundo por parasitismo. Esses inimigos naturais compartilham uma fase comum da presa, pupas de lepidópteros desfolhadores, e são polípagos, podendo se alimentar de uma grande diversidade de espécies (Delvare & LaSalle 1993; Pereira *et al.* 2008; Zanuncio *et al.* 2008; Pereira *et al.* 2009). Por isto é possível a ocorrência de predação intraguilda do tipo assimétrica entre esses inimigos naturais (Rosenheim *et al.* 1995). Neste caso, *P. nigrispinus* poderia se alimentar, preferencialmente, de pupas parasitadas por *P. elaeisis* e excluir esse parasitóide da área ou levar ao aumento da praga-alvo pela redução do tempo e esforços gastos pelo predador na predação dessa praga (Rosenheim *et al.* 1995; Wise 2006).

A competição e predação intraguilda podem afetar a eficiência de programas de controle biológico em florestas, com liberações de mais de uma espécie de inimigo natural. No entanto, esses organismos podem desenvolver adaptações como a seletividade de presas, onde o predador consegue distinguir as sadias das parasitadas, e coexistirem (Jones *et al.* 2005). Além disso, os

parasitóides imaturos podem desenvolver mecanismos de defesas e se protegerem da predação no hospedeiro parasitado (Brodeur & Boivin 2004; Nakazawa *et al.* 2010).

O objetivo deste trabalho foi verificar a seletividade de *P. nigrispinus* por pupas sadias ou parasitadas por *P. elaeisis*.

Materiais e Métodos

O experimento foi realizado nos Laboratórios de Controle Biológico de Insetos e de Semioquímicos e Comportamento de Insetos do Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, Minas Gerais, Brasil, com hospedeiros natural e alternativo.

Podisus nigrispinus foi criado em gaiolas de madeira telada (50 cm x 40 cm x 40 cm) com chumaços de algodão embebido com água destilada em sua parte superior externa e galhos de *Eucalyptus* spp. (Myrtaceae) no interior. Pupas de *T. molitor* foram fornecidas, diariamente, *ad libitum* para esse predador (Ramalho *et al.* 2008; Soares *et al.* 2009a). Três ensaios foram realizados para verificar a seletividade de *P. nigrispinus*.

Seletividade com o hospedeiro natural

Pupas de *Thyriniteina arnobia* Stoll (Lepidoptera: Geometridae), com 24 horas de idade, foram obtidas da criação massal do Laboratório de Controle Biológico de Insetos onde são criadas com folhas de *Eucalyptus* spp.. Estas foram individualizadas em tubos de vidro (14 x 2,2 cm) e expostas ao parasitismo por seis fêmeas de *P. elaeisis* por pupa (Soares *et al.* 2009b). Essas fêmeas não tinham experiência prévia de oviposição e ficaram com o hospedeiro por 24 horas a 25 ± 1 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas em estufa tipo B.O.D.. As fêmeas de *P. elaeisis* foram retiradas dos tubos ao término desse período (Pereira *et al.* 2008; Zanuncio *et al.* 2008; Soares *et al.* 2009b).

Uma pupa sadia de *T. arnobia* e outra com 24 horas de parasitismo por *P. elaeisis* foram dispostas em faces opostas de uma placa de Petri (9,0 x 1,5 cm),

servindo como arena de alimentação (Legaspi & Legaspi Jr. 2004; Jones *et al.* 2005) (Figura 1A). Uma fêmea de *P. nigrispinus*, não alimentada e com 48 horas da emergência, foi liberada na região central da arena de alimentação, representando uma repetição de um total de 50. A seletividade de cada fêmea desse predador por pupa, sadia ou parasitada por *P. elaeisis* foi observada. A escolha das fêmeas de *P. nigrispinus* pelo alimento foi considerada, apenas, quando esta predou a pupa durante 30 minutos ininterruptos (Figura 1B). Esse tempo é suficiente para que o predador utilize seu par de estiletes maxilares para romper os tecidos da presa e inicie a digestão extra-oral (Oliveira *et al.* 2004). Comportamentos de defesa das presas, no interior das arenas, foram observados (Soares *et al.* 2009b).

Seletividade com o hospedeiro alternativo

Pupas de *T. molitor*, com menos de 24 horas de idade (Zanuncio *et al.* 2008), foram individualizadas e expostas ao parasitismo por seis fêmeas de *P. elaeisis* cada uma, nas mesmas condições do ensaio anterior.

Pupas do hospedeiro alternativo, sadias e com um, nove ou 18 dias do parasitismo (representando o início, meio e fim da ontogenia do parasitóide) foram caracterizadas morfolologicamente e utilizadas (Figura 2). Uma pupa de *T. molitor*, em um dos estágios de parasitismo por *P. elaeisis*, e outra sadia foram dispostas em faces opostas de uma placa de Petri (9,0 x 1,5 cm), com 50 repetições, sendo cada placa de Petri uma repetição (Legaspi & Legaspi Jr. 2004; Jones *et al.* 2005). Uma fêmea de *P. nigrispinus*, não alimentada e com 48 horas da emergência, foi liberada na região central da arena de alimentação e a seletividade de cada fêmea de *P. nigrispinus* observada. A defesa comportamental das presas, no interior das arenas, foi registrada (Soares *et al.* 2009b).

Seletividade com o extrato hexânico

Pupas de *T. molitor*, com menos de 24 horas de idade (Zanuncio *et al.* 2008), foram individualizadas e expostas ao parasitismo por seis fêmeas de *P. elaeisis* cada uma, nas mesmas condições do primeiro e segundo ensaios.

Pupas de *T. molitor* sadias ou com um, três, seis e nove dias do parasitismo (representando o período do início ao meio da ontogenia do parasitóide) foram utilizadas. Para a extração dos compostos cuticulares, dez pupas de *T. molitor* foram acondicionadas por tubo de ensaio contendo 1 ml de hexano. As pupas e o solvente foram mantidos em capela, por 30 minutos, e os extratos obtidos acondicionados em tubos de vidro e deixados em descanso, ao ar livre, até a evaporação total do solvente. Posteriormente, os extratos foram ressuspensos com 50 µL de hexano, originando um extrato concentrado com equivalente pupa de 5 µL/pupa.

Pupas de *T. molitor* sadias foram aspergidas com 5 µL, cada, de extrato hexânico, com uma microseringa e dispostas em placas de Petri (9,0 x 1,5 cm). As pupas foram dispostas nas placas com o seguinte arranjo: pupas com extrato hexânico de presas sadias x com extrato de presas parasitadas há um dia; extrato de presas sadias x com extrato de presas parasitadas há três dias; extrato de presas sadias x com extrato de presas parasitadas há seis dias e extrato de presas sadias x com extrato de presas parasitadas há nove dias. Para cada arranjo foram realizadas 20 repetições. Uma fêmea de *P. nigrispinus*, não alimentada e com 48 horas da emergência, foi liberada na região central da arena e a seletividade de cada fêmea de *P. nigrispinus* foi observada.

Análises estatísticas

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e a seletividade de *P. nigrispinus* pela presa foi compilada na forma de frequências e analisada pelo teste de qui quadrado (X^2) ($P \leq 0,05$) com a fórmula $X^2 = \sum \frac{[(f_o - f_e)]^2}{f_e}$, onde f_o = frequência observada e f_e = frequência esperada (Pearson 1904).

Resultados

Seletividade com o hospedeiro natural

Fêmeas de *P. nigrispinus* evitaram pupas de *T. arnobia* com um dia de parasitismo, preferindo aquelas não parasitadas (Tabela 1). As pupas sadias apresentaram movimentos giratórios quando molestadas pelo predador, já àquelas parasitadas apresentaram movimentos reduzidos.

Seletividade com o hospedeiro alternativo

Pupas de *T. molitor* com um dia de parasitismo apresentaram morfologia semelhante àquelas sadias, com coloração amarela clara. As com nove dias de parasitismo apresentaram coloração marrom clara e as com 18 dias apresentaram coloração variando do marrom escuro ao negro. Estas últimas se encontravam deterioradas, secas e quebradiças e apresentando forte odor (Figura 2).

Fêmeas de *P. nigrispinus* evitaram pupas de *T. molitor* com um e 18 dias de parasitismo, mas não apresentaram seletividade para aquelas com nove dias de parasitismo (Tabela 2).

As pupas sadias apresentaram movimentos abdominais e giratórios quando molestadas pelo predador, já àquelas parasitadas não apresentaram movimentos.

Seletividade com o extrato hexânico

Fêmeas de *P. nigrispinus* evitaram pupas de *T. molitor* pulverizadas com extrato hexânico de presa com um dia de parasitismo, mas não apresentaram seletividade para os demais extratos (Tabela 3).

Discussão

A preferência do predador *P. nigrispinus* por presas não parasitadas é importante, pois o nível populacional de insetos praga depende das taxas relativas de predação em presas sadias *versus* parasitadas (Rosenheim 1998). Além disso, o controle biológico é mais efetivo quando os predadores preferem presas sadias e são liberados em associação com parasitóides (Colfer &

Rosenheim 2001). Desse modo, o padrão de alimentação do predador, em presas sadias ou parasitadas, pode aumentar o sucesso do controle biológico (McGregor & Gillespie 2005).

A semelhança morfológica entre pupas hospedeiras sadias e com um dia do parasitismo por *P. elaeisis* indica que as fêmeas de *P. nigrispinus* as discriminaram por via química. Predadores do gênero *Podisus* utilizam meios visuais, químicos e/ou tácteis para localizar e reconhecer suas presas (De Clercq 2000) e fêmeas de parasitóides podem liberar marcadores químicos na superfície de seus hospedeiros, durante a oviposição (Nufio & Papaj 2001; Soares *et al.* 2009b). Esses marcadores são importantes no comportamento de insetos, especialmente entre parasitóides, por permitirem a discriminação dos hospedeiros, rejeitando um hospedeiro parasitado (van Baaren *et al.* 1994; van Baaren & Boivin 1998; Mahmoud & Lim 2008; Nufio & Papaj 2001; Soares *et al.* 2009b).

Predadores generalistas não foram relatados como capazes de detectar marcadores químicos, nos estágios iniciais de parasitismo de suas presas, ocorrendo seletividade apenas nos estágios finais da ontogenia do parasitóide. No entanto, a discriminação das presas em estágios iniciais de parasitismo por *P. elaeisis*, observada em fêmeas de *P. nigrispinus*, diverge destes relatos, possivelmente pela coexistência no mesmo habitat e com presas/hospedeiros comuns entre esses inimigos naturais. Fêmeas de *Dicyphus hesperus* (Knight) (Heteroptera: Miridae) consomem larvas e pupas de *Encarsia formosa* (Gahan) (Hymenoptera: Aphelinidae) em laboratório e em casa de vegetação, mostrando predação intraguilda assimétrica entre um predador generalista e um parasitóide especialista (McGregor & Gillespie 2005). *Dicyphus hesperus* não discrimina presas parasitadas das sadias e sua escolha parece se basear, exclusivamente, na proporção disponível das mesmas (Bennett *et al.* 2009). *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae), em teste de livre escolha, preferiu larvas de *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae) parasitadas por *Cotesia plutellae* (Kurdjumov) (Hymenoptera: Braconidae) que as presas sadias, sendo considerado um predador potencial intraguilda de *C. plutellae* (Herrick *et al.*

2008). Já o predador *Hippodamia convergens* (Guérin-Ménéville) (Coleoptera: Coccinellidae) prefere indivíduos sadios de *Aphis gossypii* (Glover) (Homoptera: Aphididae) que aqueles mumificados pelo parasitismo por *Lysiphlebus testaceipes* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae) mas não discriminou afídeos em estágio inicial de parasitismo (Colfer & Rosenheim 2001).

A escolha de fêmeas de *P. nigrispinus* por pupas de *T. molitor* com nove dias do parasitismo pode indicar a possível ausência de aleloquímicos nas mesmas no momento da predação e por movimentos de defesa das presas sadias. Os aleloquímicos não apresentam longa duração no hospedeiro, sendo sua permanência importante, apenas, quando o parasitóide se encontra na fase de ovo, sem condições de se defender do ataque de outro inimigo natural (van Alphen & Visser, 1990). Assim, o valor dos marcadores químicos deixados pelas fêmeas parasitóides decresce ao longo do tempo (van Alphen & Visser, 1990). A preferência de *P. nigrispinus* por pupas com extrato hexânico de presas sadias, em relação àquelas parasitadas há um dia, indica a presença desses aleloquímicos e sua natureza efêmera na presa, pois esta resposta do predador não foi observada em estágios mais avançados de desenvolvimento do parasitóide (três, seis e nove dias do parasitismo por *P. elaeisis*).

Os movimentos abdominais e giratórios de pupas sadias de *T. molitor*, com giro de 360° em torno do próprio eixo e rolando no interior da arena de alimentação, poderiam afastar o predador e evitar a inserção de seus estiletes como relatado para lagartas de *Bombyx mori* (Linnaeus) (Lepidoptera: Bombycidae) que, com agressivos movimentos de defesa evitaram a predação por *Podisus rostralis* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae) (Lemos *et al.* 2005). Além disso, o predador generalista *P. maculiventris* preferiu atacar presas menos hábeis para escapar ou se defender que aquelas nutricionalmente superiores, que poderiam conferir a esse predador fecundidade máxima (Legaspi & Legaspi Jr. 2004).

A dificuldade de predação das presas sadias e a facilidade de atacar aquelas parasitadas poderiam explicar a ausência de seletividade do predador *P. nigrispinus*, por pupas de *T. molitor*, com nove dias de parasitismo por *P.*

elaeisis. Pupas de insetos têm, na maioria das vezes, comportamento passivo comparado a larvas, o que facilita o ataque por inimigos naturais (Levine 1990). No entanto, algumas como àquelas do gênero *Manduca* (Hübner) (Lepidoptera: Sphingidae) incorporaram sistemas de defesas como projeções cuticulares na margem anterior do abdômen ligadas à pêlos sensoriais. O desvio desses pêlos sensoriais contrai o músculo longitudinal interseguimental e causa forte contração da pupa, o que pode esmagar apêndices dos inimigos naturais entre as câmaras formadas pela junção dos segmentos abdominais da mesma (Levine 1990). Pupas de *Hylesia* sp. não tiveram comportamento de defesa contra inimigos naturais, mas as de *T. arnobia* apresentaram fortes movimentos giratórios (Soares *et al.* 2009b). De forma semelhante, movimentos de defesa apresentados pelas pupas sadias de *T. molitor* evitaram alguns ataques dos predadores. As presas parasitadas por *P. elaeisis*, por sua vez, tiveram seus movimentos mais reduzidos, o que é comum, possivelmente pela ação de toxinas paralisantes, injetadas pela fêmea parasitóide durante a oviposição (Godfray 1994), o que pode facilitar sua predação. Populações de Aphidae apresentaram aumento de indivíduos com a presença de *Pterostichus melanarius* (Illiger) (Coleoptera: Carabidae). Isto, aparentemente se deve ao fato desse predador atacar múmias imóveis dos pulgões parasitadas por *Aphidius ervi* (Haliday) (Hymenoptera: Aphidiidae), enquanto aqueles não parasitados escapavam da predação (Snyder & Ives 2001). O predador *Agabus* sp. (Coleoptera: Dytiscidae) apresentou predação seletiva, preferindo em 76% das vezes larvas de moscas à crustáceos (Copepoda e Ostracoda). Tal preferência parece ser motivada pela facilidade de captura das larvas de moscas (Culler & Lamp 2009).

Pupas de *T. molitor*, após 18 dias do parasitismo por *P. elaeisis*, poderiam apresentar composição química diferenciada, presença de metabólitos e excretas dos parasitóides e avançado processo de deterioração dos tecidos não consumidos (Godfray 1994; Brodeur & Boivin 2004) o que as tornariam pouco atrativas para o predador.

Conclusões

Podisus nigrispinus é seletivo, ao evitar presas parasitadas e, quando isso não ocorre, a predação intraguilda é simétrica. Os principais fatores que podem explicar a seletividade desse predador são os aleloquímicos liberados pelas fêmeas de *Palmistichus elaeisis* na superfície do hospedeiro, no momento da oviposição e o avançado processo de deterioração dos hospedeiros, próximo à emergência dos parasitóides.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelas bolsas e auxílios concedidos.

Referências

- Bennett JA, Gillespie DR, Shipp JL, Vanlaerhoven SL. 2009. Foraging strategies and patch distributions: intraguild interactions between *Dicyphus hesperus* and *Encarsia formosa*. *Ecological Entomology* 34 58-65.
- Brodeur J, Boivin G. 2004. Functional ecology of immature parasitoids. *Annual Review of Entomology* 49: 27-49.
- Colfer RG, Rosenheim JA. 2001. Predation on immature parasitoids and its impact on aphid suppression. *Oecologia* 126: 292-304.
- Culler LE, Lamp WO. 2009. Selective predation by larval *Agabus* (Coleoptera: Dytiscidae) on mosquitoes: support for conservation-based mosquito suppression in constructed wetlands. *Freshwater Biology* 54, 2003-2014.
- De Clercq P. 2000. Predaceous stinkbugs (Pentatomidae: Asopinae). In: Schaefer CW, Panizzi AR (Eds.). *Heteroptera of Economic Importance*. Cambridge: Cambridge University. pp. 737-789.
- Delvare G, LaSalle JA. 1993. New genus of Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae) from the Neotropical region, with the description of a new

- species parasitic on key pests of oil palm. *Journal of Natural History* 27: 435-444.
- Godfray HCJ. 1994. Parasitoids, behavioral and evolutionary ecology. Princeton: Princeton University Press, 473 p.
- Herrick NJ, Reitz SR, Carpenter JE, O'Brien CW. 2008. Predation by *Podisus maculiventris* (Hemiptera: Pentatomidae) on *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) larvae parasitized by *Cotesia plutellae* (Hymenoptera: Braconidae) and its impact on cabbage. *Biological Control* 45: 386–395.
- Jones GA, Sieving KE, Avery ML, Meagher RL. 2005. Parasitized and non-parasitized prey selectivity by an insectivorous bird. *Crop Protection* 24: 185–189.
- Lemos WP, Zanuncio JC, Serrão JE. 2005. Attack behavior of *Podisus rostralis* (Heteroptera: Pentatomidae) adults on caterpillars of *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 48: 975-981.
- Legaspi JC, Legaspi Jr. BC. 2004. Does a polyphagous predator prefer prey species that confer reproductive advantage? Case study of *Podisus maculiventris*. *Environmental Entomology* 33: 1401-1409.
- Levine RB, Weeks JC. 1990. Hormonally mediated changes in simple reflex circuits during metamorphosis in *Manduca*. *Journal of Neurobiology* 21: 1022-1036.
- Mahmoud AMA, Lim UT. 2008. Host discrimination and interspecific competition of *Trissolcus nigripedius* and *Telenomus gifuensis* (Hymenoptera: Scelionidae), sympatric parasitoids of *Dolycoris baccarum* (Heteroptera: Pentatomidae). *Biological Control* 45: 337-343.
- Martinou AF, Raymond B, Milonas PG, Wright DJ. 2010. Impact of intraguild predation on parasitoid foraging behaviour. *Ecological Entomology* 35: 183–189.
- McGregor RR, Gillespie DR. 2005. Intraguild predation by the generalist predator *Dicyphus hesperus* on the parasitoid *Encarsia formosa*. *Biocontrol Science and Technology* 15: 219-227.

- Müller CB, Brodeur J. 2002. Intraguild predation in biological control and conservation biology. *Biological Control* 25: 216–223.
- Nakazawa T, Miki T, Namba T. 2010. Influence of predator-specific defense adaptation on intraguild predation. *Oikos* 119: 418-427.
- Nufio CR, Papaj DR. 2001. Host marking behavior in phytophagous insects and parasitoids. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 99: 273–293.
- Oliveira HN, De Clercq P, Zanuncio JC, Pratissoli D, Pedruzzi EP. 2004. Nymphal development and feeding preference of *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae) on eggs of *Ephesia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) parasitised or not by *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Brazilian Journal of Biology* 64: 459-463.
- Pearson K. 1904. On the theory of contingency tables and its relation to association and normal correlation. Draper's Co. Res. Mem. Biometric Ser. 1. Reprinted (1948) in Karl Pearson's Early Papers, Cambridge University Press. 230p.
- Pereira FF, Zanuncio TV, Zanuncio JC, Pratissoli D, Tavares MT. 2008. Species of lepidoptera defoliators of Eucalyptus as new host for the parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 51: 259-262.
- Pereira FF, Zanuncio JC, Serrão JE, Pastori PL, Ramalho FS. 2009. Reproductive performance of *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) with previously refrigerated pupae of *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae). *Brazilian Journal of Biology* 69: 865-869.
- Polis GA, Holt RD. 1992. Intraguild predation: the dynamics of complex trophic interactions. *Trends in Ecology and Evolution* 7: 151–155.
- Ramalho FS, Mezzomo JA, Lemos WP, Bandeira CM, Malaquias JB, Silva JPS, Leite GLD, Zanuncio JC. 2008. Reproductive strategy of *Podisus nigrispinus* females under different feeding intervals. *Phytoparasitica* 36: 30-37.
- Rosenheim JA. 1998. Higher-order predators and the regulation of insect herbivore populations. *Annual Review of Entomology* 43: 421-427.

- Rosenheim JA, Kaya HK, Ehler LE, Marois JJ, Jaffee BA. 1995. Intraguild predation among biological-control agents: theory and evidence. *Biological Control* 5: 303-335.
- Snyder WE, Ives AR. 2001. Generalist predators disrupt biological control by a specialist parasitoid. *Ecology* 82: 705-716.
- Soares MA, Zanuncio JC, Leite GLD, Wermelinger ED, Serrão JE. 2009a. Does *Thyriniteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) use different defense behaviours against predators? *Journal of Plant Diseases and Protection* 116: 30-33.
- Soares MA, Torres-Gutierrez C, Zanuncio JC, Pedrosa ARP, Lorenzon AS. 2009b. Superparasitismo de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) y comportamiento de defensa de dos hospederos. *Revista Colombiana de Entomología* 35: 62-65.
- Vandermeer J. 2006. Omnivory and the stability of food webs. *Journal of Theoretical Biology* 238: 497-504.
- van Alphen JJM, Visser ME. 1990. Superparasitism as an adaptive strategy for insect parasitoids. *Annual Review of Entomology* 35: 59-79.
- van Baaren J, Boivin G. 1998. Learning affects host discrimination behavior in a parasitoid wasp. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 42: 9-16.
- van Baaren J, Boivin G, Nénon JP. 1994. Intra- and interspecific host discrimination in two closely related egg parasitoids. *Oecologia* 100: 325-330.
- Wise DH. 2006. Cannibalism, food limitation, intraspecific competition, and the regulation of spider populations. *Annual Review of Entomology* 51: 441-65.
- Zanuncio JC, Pereira FF, Jacques GC, Tavares MT, Serrão JE. 2008. *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae), a new alternative host to rear the pupae parasitoid *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae). *The Coleopterists Bulletin* 62: 64-66.

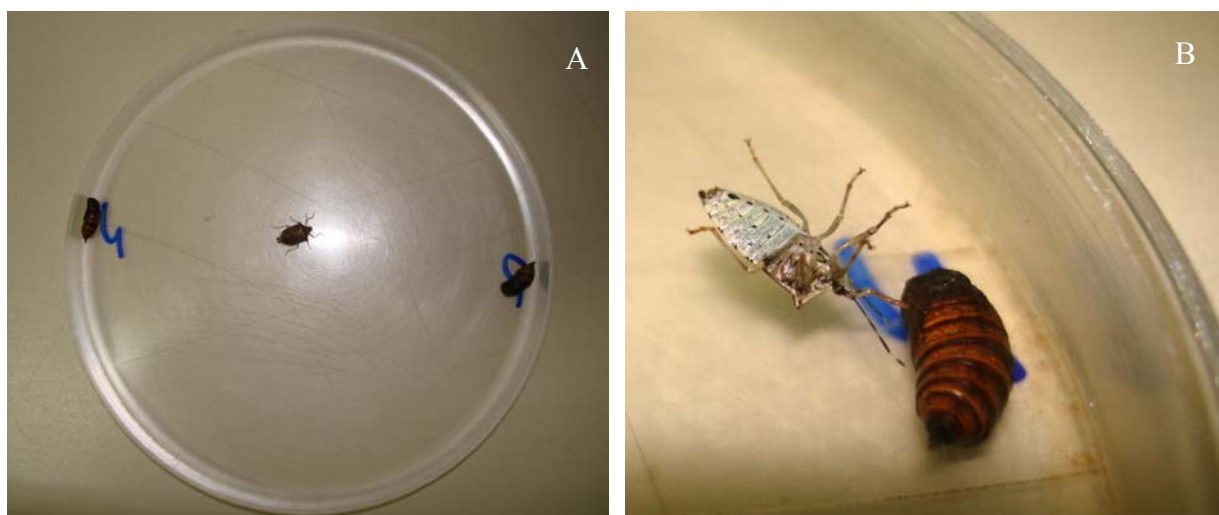


Figura 1. Arena de alimentação de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) com pupas de *Thyriniteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) sadia ou parasitada por *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) (A) e *P. nigrispinus* em posição de ataque (B).

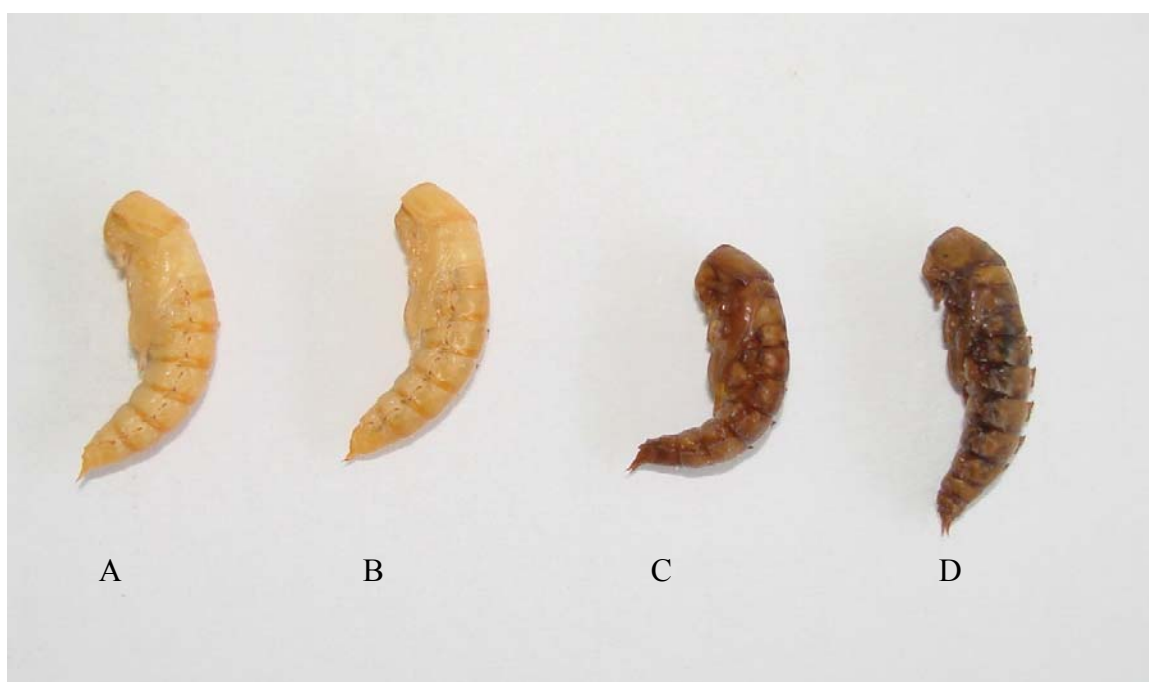


Figura 2. Pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) sadias (A) e com um (B), nove (C) ou 18 dias (D) do parasitismo.

Tabela 1. Seletividade de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) por pupa de *Thyriniteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) sadia ou parasitada por *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae)

Classe	Frequência	Porcentagem
Parasitadas (um dia)	17 b	34%
Sadias	33a	66%

Frequências seguidas de mesma letra por coluna não diferem pelo teste de qui quadrado (X^2) a 5% de probabilidade.

Tabela 2. Seletividade de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) por pupa de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) sadia ou parasitada por *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae)

Classe	Frequência	Porcentagem
Parasitadas (um dia)	16 b	32%
Sadias	34a	68%
Parasitadas (nove dias)	22a	44%
Sadias	28a	56%
Parasitadas (18 dias)	18 b	36%
Sadias	32a	64%

Frequências seguidas de mesma letra por coluna não diferem pelo teste de qui quadrado (X^2) a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Seletividade de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) por pupa de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) com extrato hexânico de presa sadia ou parasitada por *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae)

Classe (extrato hexânico)	Frequência	Porcentagem
Parasitadas (um dia)	5 b	25%
Sacias	15a	75%
Parasitadas (três dias)	9a	45%
Sacias	11a	55%
Parasitadas (seis dias)	10a	50%
Sacias	10a	50%
Parasitadas (nove dias)	8a	40%
Sacias	12a	60%

Frequências seguidas de mesma letra por coluna não diferem pelo teste de qui quadrado (X^2) a 5% de probabilidade.

Capítulo II

Consumo de biomassa de pupas sadias ou parasitadas por *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) pelo predador *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae)

Consumo de biomassa de pupas sadias ou parasitadas por *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) pelo predador *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae)

Resumo

Estratégias de forrageamento e alimentação diferem entre inimigos naturais, que tentam balancear os riscos e benefícios da escolha de uma presa de acordo com sua biologia e o ambiente no qual forrageiam. Variações no padrão de alimentação de um predador podem, também, se relacionarem com a distribuição dos recursos, a competição ou ainda com mecanismos de defesa da presa. O objetivo desse trabalho foi determinar o consumo de biomassa de pupas de *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae) sadias ou parasitadas por *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) e sua conversão em massa corpórea pelo predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae). Cem fêmeas de *P. nigrispinus*, não alimentadas e com 48 horas de emergência, foram pesadas e individualizadas em placas de Petri. Vinte e cinco dessas fêmeas receberam, por três dias consecutivos, pupas de *T. molitor* sadias (T1), enquanto as outras receberam pupas com um (T2), ou nove (T3), ou 18 dias (T4) do parasitismo por *P. elaeisis*. A predação foi permitida por 24 horas e as pupas foram pesadas antes e após esse período. No quarto dia, as fêmeas de *P. nigrispinus* foram novamente pesadas para se avaliar o peso final das mesmas. O consumo da biomassa de presas parasitadas foi menor que o daquelas sadias e aumentou com o desenvolvimento do parasitóide. Fêmeas de *P. nigrispinus* atingem o peso ideal (>60 mg), para maior fecundidade, mesmo se alimentando de presas parasitadas. O maior efeito da predação intraguilha no parasitóide pode ser esperado, apenas, quando *P. elaeisis* estiver na fase de pupa no interior da presa.

Palavras chave: Massa corpórea, predação intraguilha, *Tenebrio molitor*

Introdução

Estratégias de forrageamento e alimentação diferem entre inimigos naturais, que tentam balancear os riscos e benefícios da escolha de uma presa com sua biologia e o ambiente no qual forrageiam (Bennett *et al.* 2009). Variações no padrão de alimentação de um predador podem se relacionar com a distribuição dos recursos e a competição (Amaresekare 2003; Choh *et al.* 2010) ou ainda com mecanismos de defesa da presa (Soares *et al.* 2009ab; Nakazawa *et al.* 2010).

Uma situação comum é um predador encontrar presas, já previamente parasitadas, no campo. Essas presas diferem bioquímica, fisiológica e ecologicamente de seus co-específicos sadios (Brodeur & Boivin 2004), sendo possível se esperar diferenças no consumo de presas parasitadas por um predador. Outro aspecto importante é a fase de desenvolvimento do parasitóide dentro da presa. Diferenças no padrão de alimentação do predador podem ser observadas de acordo com a ontogenia do parasitóide (Colfer & Rosenheim 2001; McGregor & Gillespie 2005).

O consumo de biomassa da presa e sua conversão em massa corpórea do predador são importantes, pois o tamanho das fêmeas e o número de ovos de *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae) foram positivamente correlacionados (Evans 1982). Fêmeas de *Podisus rostralis* (Stal) (Heteroptera: Pentatomidae), com massa acima de 60 mg, foram indicadas para otimização da criação massal por possuírem maior fecundidade (Zanuncio *et al.* 2002). Fêmeas de *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae), com peso entre 61 e 70 mg, apresentaram maior número de ovos por postura e de ninfas por dia (Espindula *et al.* 2006) e aquelas de *Brontocoris tabidus* (Signoret) (Heteroptera: Pentatomidae) com maior massa (entre 160 e 220 mg) foram, também sugeridas para programas de controle biológico, por produzirem maior número de ovos e apresentarem maior período de oviposição e maior viabilidade de ovos (Oliveira *et al.* 2005). *Podisus rostralis* apresentou correlação linear negativa entre a massa corpórea de suas fêmeas e o período de pré oviposição mostrando que estas adquirirão peso antes de iniciar sua reprodução (Zanuncio *et al.* 2002). Outros

parâmetros reprodutivos, como o número de massas de ovos, de ovos e de ninfas foram, também, negativamente afetados, pelo menor peso de fêmeas de *P. rostralis* (Zanuncio *et al.* 2002).

O predador generalista *P. nigrispinus* é produzido e liberado para o controle biológico de lepidópteros em florestas de eucalipto no Brasil. Esse predador coexiste e pode competir com populações de parasitóides nativos, como *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle e *Trichospilus diatraeae* (Cherian & Margabandhu) (Hymenoptera: Eulophidae) (Dall'Oglio *et al.* 2003; Pereira *et al.* 2008ab; 2010).

O objetivo desse trabalho foi determinar o consumo de biomassa de pupas de *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae) sadias ou parasitadas por *P. elaeisis* e sua conversão em massa corpórea pelo predador *P. nigrispinus*.

Materiais e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Controle Biológico de Insetos do Departamento de Biologia Animal da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Obtenção de fêmeas de *Podisus nigrispinus*

Podisus nigrispinus foi criado em gaiolas de madeira telada (50 cm x 40 cm x 40 cm) com chumaços de algodão embebido com água destilada em sua parte superior externa e galhos de *Eucalyptus* spp. (Myrtaceae) no interior. Pupas de *T. molitor* foram fornecidas, diariamente, *ad libitum* para esse predador (Ramalho *et al.* 2008; Soares *et al.* 2009a).

Obtenção de pupas parasitadas de *Tenebrio molitor*

Pupas de *T. molitor*, com menos de 24 horas de idade, foram obtidas da criação massal do Laboratório de Controle Biológico de Insetos. Estas foram individualizadas em tubos de vidro (14 x 2,2 cm) e expostas ao parasitismo por seis fêmeas de *P. elaeisis* por pupa (Soares *et al.* 2009b). Essas fêmeas não tinham experiência prévia de oviposição e ficaram com o hospedeiro por 24

horas a 25 ± 1 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas em estufa tipo B.O.D.. Ao término desse período as fêmeas de *P. elaeisis* foram retiradas dos tubos (Pereira *et al.* 2008a; Zanuncio *et al.* 2008; Soares *et al.* 2009b).

Montagem do experimento

Para se estimar a biomassa das pupas de *T. molitor* sadias ou parasitadas por *P. elaeisis*, consumida por *P. nigrispinus* foi realizado um experimento em estufa tipo B.O.D. a 25 ± 1 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas.

Todas as pupas de *T. molitor* utilizadas foram pesadas em balança com precisão de 0,1 mg no início do experimento. Cem fêmeas de *P. nigrispinus*, não alimentadas e com 48 horas de emergência, foram pesadas e individualizadas em placas de Petri (9,0 x 1,5 cm), com um chumaço de algodão embebido com água destilada. Os tratamentos consistiram em oferecer ao predador, por três dias consecutivos, pupas de *T. molitor* sadias (T1) ou parasitadas por *P. elaeisis* há um (T2), nove (T3) ou 18 dias (T4) (representando o início, meio e fim da ontogenia do parasitóide). Cada fêmea, de cada tratamento, recebeu uma única pupa por dia e a predação foi permitida por 24 horas sendo, posteriormente, as pupas retiradas das placas, pesadas e substituídas por novas. A biomassa consumida foi obtida pela subtração dos pesos das pupas de *T. molitor* antes e após a predação (Legaspi & Legaspi Jr. 2004). Dez pupas por tratamento foram pesadas e mantidas sem predação por 24 horas em B.O.D., para nova pesagem. Essas pupas serviram como testemunha e o cálculo de sua biomassa permitiu se descontar a perda natural de peso. No quarto dia, foi avaliado o peso final das fêmeas de *P. nigrispinus*.

Pupas de *T. molitor*, aos nove e 18 dias do parasitismo por *P. elaeisis*, foram abertas com um estilete, através de um corte transversal entre o primeiro e segundo segmentos abdominais e seu interior fotografado com uma câmera compacta acoplada a um microscópio de luz, para definir o estágio em que o parasitóide se encontrava no interior de hospedeiro. A atividade de larvas e pupas de *P. elaeisis* foi observada por 30 minutos.

Análises estatísticas

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, os dados de peso e biomassa consumida foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com o programa SAEG (Gomes 1985).

Resultados

Pupas de *T. molitor* do T1 e T2 apresentaram maior peso, as do T4 menor e aquelas do T3 apresentaram valor intermediário (Figura 1). As pupas do T1, T2, T3 e T4 apresentaram perda média natural de peso de 0,14, 0,88, 0,63 e 0,48 mg, respectivamente em B.O.D.. O que foi descontado do valor da biomassa consumida por fêmea de *P. nigrispinus*, no tratamento específico.

O peso inicial de fêmeas de *P. nigrispinus*, com 48 horas de emergência, foi semelhante, com média e erro padrão de $57,68 \pm 11,66$ mg. O peso final das fêmeas desse predador variou com o tratamento, sendo maior para aquelas do T1, seguidas pelas do T4 (Figura 2).

Pupas de *T. molitor* do tratamento T1 foram as mais consumidas por fêmeas de *P. nigrispinus*, durante os três dias de avaliação, seguidas por aquelas do T4 (Tabela 1). Pupas do tratamento T4 foram menos consumidas no primeiro dia de avaliação que as do T1, mas seu consumo foi semelhante ao delas nos segundo e terceiro dias. No terceiro dia, as pupas do T2 foram às menos consumidas (Tabela 1).

O corte transversal de pupas de *T. molitor*, após nove dias do parasitismo (T3), mostrou larvas de *P. elaeisis* no interior do hospedeiro. No entanto, as pupas hospedeiras, com 18 dias do parasitismo (T4) apresentaram pupas de *P. elaeisis* no seu interior (Figura 3A e B). As larvas de *P. elaeisis* apresentaram movimentação ativa enquanto às pupas desse parasitóide não apresentaram movimento algum.

Discussão

O maior peso final de fêmeas de *P. nigrispinus*, no tratamento T1, indica maior consumo da presa sadia e conversão de seus tecidos em massa corpórea pelo predador. Isto é importante, pois fêmeas de *P. nigrispinus*, com massa acima de 60 mg, podem ter melhor performance reprodutiva e aumento de sua população no campo e suprimirem a praga-alvo mais rapidamente (Zanuncio *et al.* 2002; Espindula *et al.* 2006). O fato das fêmeas utilizadas neste trabalho apresentarem peso inicial semelhante e, após três dias de consumo de presas sadias ou parasitadas terem apresentado massa corpórea acima de 60 mg indica que, mesmo ao se alimentar dessas últimas as fêmeas de *P. nigrispinus* podem alcançar na primeira semana de vida, faixa de peso adequado para apresentarem boa fecundidade (> 60 mg) e que a competição com parasitóides imaturos pode não afetar a população desse predador no campo.

O maior consumo da biomassa de presas sadias e com 18 dias de parasitismo pelas fêmeas de *P. nigrispinus*, indica melhor aceitação dessas presas pelo predador. Pupas de *T. molitor*, com um dia do parasitismo por *P. elaeisis* podem ter aleloquímicos que sinalizariam a presença de imaturos de parasitóides para as fêmeas predadoras. Isto é devido à coexistência ao longo do tempo de fêmeas de *P. nigrispinus*, com *P. elaeisis*, no mesmo habitat e com espécies de presas/hospedeiros comuns como *Eupseudosoma involuta* (Sepp) (Lepidoptera: Arctiidae), *Euselasia eucerus* (Hewitson) (Lepidoptera: Riodinidae), *Sabulodes* sp., *Thyrintina arnobia* Stoll e *Thyrintina leucoceraea* (Rindge) (Lepidoptera: Geometridae) (Delvare & LaSalle 1993; Pereira *et al.* 2008a; 2009; 2010; Zanuncio *et al.* 2003).

Podisus nigrispinus ataca suas presas com forte influência dos aleloquímicos, esse predador apresentou maior número de visitas em plantas de *Eucalyptus pellita* F. Muell (Myrtaceae) com lagartas e injúrias por *T. arnobia* que naquelas sem injúrias, com injúrias mecânicas, ou com injúrias desse herbívoro, mas sem a presença do lepidóptero (Cavalcanti *et al.* 2000). Dessa forma, as plantas injuriadas liberando sinomônios e lagartas de *T. arnobia* produzindo cairomônios influenciaram o maior número de visitas de *P.*

nigrispinus nessas plantas (Cavalcanti et al., 2000). Assim, fêmeas de *P. nigrispinus* evitariam presas com aleloquímicos por não serem sadias, do mesmo modo que fêmeas de parasitóides reconheceriam hospedeiros previamente parasitados e os abandonariam evitando o superparasitismo (van Baaren & Boivin 1998; Nufio & Papaj 2001; Khafagi & Hegazi 2008; Soares et al. 2009b).

Pupas abertas de *T. molitor*, com nove dias de parasitismo, apresentaram larvas ativas de parasitóides que poderiam se defender da predação intraguildda ao se esquivarem das maxilas do predador, responsáveis pela liberação das enzimas digestivas e sucção do alimento na digestão extra-oral (Cohen 1998; Zeng & Cohen 2001). Esse mecanismo de defesa dos parasitóides imaturos poderia dificultar o consumo da biomassa das presas por *P. nigrispinus* e explicar os menores valores de biomassa consumida no tratamento T3. Além disso, os parasitóides imaturos poderiam liberar toxinas na hemolinfa do hospedeiro tornando-o menos palatável ao predador (Quicke 1997).

Pupas de *T. molitor*, com 18 dias de parasitismo por *P. elaeisis*, ao serem abertas mostraram pupas imóveis do parasitóide. Neste caso, as pupas de *P. elaeisis* não poderiam se esquivar dos estiletes maxilares de *P. nigrispinus* e seriam mais susceptíveis à predação intraguildda que as larvas desse parasitóide. Isto difere do relatado para o predador generalista *Delphastus catalinae* (Horn) (Coleoptera: Coccinellidae) que predou menor número de ninfas de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) com pupas de *Encarsia sophia* (Girault & Dodd) (Hymenoptera: Aphelinidae) comparado àquelas sadias ou com larvas desse parasitóide (Zang & Liu 2007). No entanto, presas com pupas de *P. elaeisis* (T4) foram pouco consumidas durante o primeiro dia por *P. nigrispinus* que nos segundo e terceiro dias de avaliação. Isto demonstra rejeição inicial deste tipo de presa pelo predador, o que pode restringir o efeito da predação intraguildda de pupas de *P. elaeisis* às situações de intensa competição por alimento e/ou recursos limitados no campo, como pressuposto para outros predadores (Wise 2006).

Conclusões

O consumo da biomassa de presas parasitadas foi menor que o de sadias e aumenta com o maior desenvolvimento do parasitóide. Fêmeas de *P. nigrispinus* atingiram o peso ideal (>60 mg), para maior fecundidade, mesmo se alimentando de presas parasitadas. O maior efeito da predação intraguilda no parasitóide pode ser esperado, apenas, quando *P. elaeisis* estiver na fase de pupa no interior da presa.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelas bolsas e auxílios concedidos.

Referências

- Amarasekare P. 2003. Competitive coexistence in spatially structured environments: a synthesis. *Ecology Letters* 6: 1109-1122.
- Bennett JA, Gillespie DR, Shipp JL, Vanlaerhoven SL. 2009. Foraging strategies and patch distributions: intraguild interactions between *Dicyphus hesperus* and *Encarsia formosa*. *Ecological Entomology* 34: 58-65.
- Brodeur J, Boivin G. 2004. Functional ecology of immature parasitoids. *Annual Review of Entomology* 49: 27-49.
- Cavalcanti MG, Vilela EF, Eiras AE, Zanuncio JC, Picanço MC. 2000. Interação tritrófica entre *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae), *Eucalyptus* e lagartas de *Thyriniteina arnobia* (Stoll) (Lepidoptera: Geometridae): I Visitação. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 29: 697-703.
- Choh Y, van der Hammen T, Sabelis MW, Janssen A. 2010. Cues of intraguild predators affect the distribution of intraguild prey. *Oecologia* 163:335–340
- Cohen AC. 1998. Solid-to-liquid feeding: the inside(s) story on extra-oral digestion in predaceous Arthropoda. *American Entomologist* 44: 103-116.

- Colfer RG, Rosenheim JA. 2001. Predation on immature parasitoids and its impact on aphid suppression. *Oecologia* 126: 292-304.
- Dall'Oglio OT, Zanuncio JC, Freitas FA, Pinto R. 2003. Himenópteros parasitóides coletados em povoamentos de *Eucalyptus grandis* e mata nativa em Ipaba, estado de Minas Gerais. *Ciência Florestal* 13: 123-129.
- Delvare G, LaSalle JA. 1993. New genus of Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae) from the Neotropical region, with the description of a new species parasitic on key pests of oil palm. *Journal of Natural History* 27: 435-444.
- Espindula MC, Oliveira HN, Campanharo M, Pastori PL, Magevski GC. 2006. Influência da massa corporal sobre características reprodutivas e longevidade de fêmeas de *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae). *Idesia* 24: 19-25.
- Evans EW. 1982. Consequences of body size for fecundity in the predadatory stinkbug, *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae). *Annals of the Entomological Society of America* 75: 418-420.
- Gomes JM. 1985. SAEG 3.0: Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas. Viçosa, Imprensa Universitária, 105p.
- Khafagi WE, Hegazi EM. 2008. Does superparasitism improve host suitability for parasitoid development? A case study in the *Microplitis rufiventris* - *Spodoptera littoralis* system. *BioControl* 53: 427-438.
- Legaspi JC, Legaspi Jr. BC. 2004. Does a polyphagous predator prefer prey species that confer reproductive advantage? Case study of *Podisus maculiventris*. *Environmental Entomology* 33: 1401-1409.
- McGregor RR, Gillespie DR. 2005. Intraguild predation by the generalist predator *Dicyphus hesperus* on the parasitoid *Encarsia formosa*. *Biocontrol Science and Technology* 15: 219-227.
- Nakazawa T, Miki T, Namba T. 2010. Influence of predator-specific defense adaptation on intraguild predation. *Oikos* 119: 418-427.
- Nufio CR, Papaj DR. 2001. Host marking behavior in phytophagous insects and parasitoids. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 99: 273-293.

- Oliveira I, Zanuncio JC, Serrão JE, Zanuncio TV, Pinon TBM, Fialho MCQ. 2005. Effect of female weight on reproductive potential of the predator *Brontocoris tabidus* (Signoret, 1852) (Heteroptera: Pentatomidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 48: 295-301.
- Pereira FF, Zanuncio TV, Zanuncio JC, Pratissoli D, Tavares MT. 2008a. Species of Lepidoptera defoliators of Eucalyptus as new host for the parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 51: 259-262.
- Pereira FF, Zanuncio JC, Tavares MT, Pastori PL, Jacques GC, Vilela EF. 2008b. New record of *Trichospilus diatraeae* as a parasitoid of the eucalypt defoliator *Thyrinitea arnobia* in Brazil. *Phytoparasitica* 36: 304-306.
- Pereira FF, Zanuncio JC, Serrão JE, Zanuncio TV, Pratissoli D, Pastori PL. 2010. The density of females of *Palmistichus elaeisis* Delvare and LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) affects their reproductive performance on pupae of *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 82: 323-331.
- Pereira FF, Zanuncio JC, Serrão JE, Pastori PL, Ramalho FS. 2009. Reproductive performance of *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) with previously refrigerated pupae of *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae). *Brazilian Journal of Biology* 69: 865-869.
- Quicke DLJ. 1997. Parasitic wasps. Chapman & Hall, London. 470p.
- Ramalho FS, Mezzomo JA, Lemos WP, Bandeira CM, Malaquias JB, Silva JPS, Leite GLD, Zanuncio JC. 2008. Reproductive strategy of *Podisus nigrispinus* females under different feeding intervals. *Phytoparasitica* 36: 30-37.
- Soares MA, Zanuncio JC, Leite GLD, Wermelinger ED, Serrão JE. 2009a. Does *Thyrinitea arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) use different defense behaviours against predators? *Journal of Plant Diseases and Protection* 116: 30-33.
- Soares MA, Torres-Gutierrez C, Zanuncio JC, Pedrosa ARP, Lorenzon AS. 2009b. Superparasitismo de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae)

- y comportamiento de defensa de dos hospederos. *Revista Colombiana de Entomología* 35: 62-65.
- van Baaren J, Boivin G. 1998. Learning affects host discrimination behavior in a parasitoid wasp. *Behavioral Ecology and Sociobiology* 42: 9-16.
- Wise DH. 2006. Cannibalism, food limitation, intraspecific competition, and the regulation of spider populations. *Annual Review of Entomology* 51: 441–65.
- Zang LS, Liu TX. 2007. Intraguild interactions between an oligophagous predator, *Delphastus catalinae* (Coleoptera: Coccinellidae), and a parasitoid, *Encarsia sophia* (Hymenoptera: Aphelinidae), of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Biological Control* 41: 142-150.
- Zanuncio JC, Molina-Rugama AJ, Santos GP, Ramalho FS. 2002. Effect of body weight on fecundity and longevity of the stinkbug predator *Podisus rostralis*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 37: 1225-1230.
- Zanuncio JC, Zanuncio TV, Freitas FA, Pratisoli D. 2003. Population density of Lepidoptera in a plantation of *Eucalyptus urophylla* in the state of Minas Gerais, Brazil. *Animal Biology* 53: 17-26.
- Zanuncio JC, Pereira FF, Jacques GC, Tavares MT, Serrão JE. 2008. *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae), a new alternative host to rear the pupae parasitoid *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae). *The Coleopterists Bulletin* 62: 64–66.
- Zeng F, Cohen AC. 2001. Induction of elastase in a zoophytophagous Heteropteran, *Lygus hesperus* (Hemiptera: Miridae). *Annals of the Entomological Society of America* 94: 146-151.

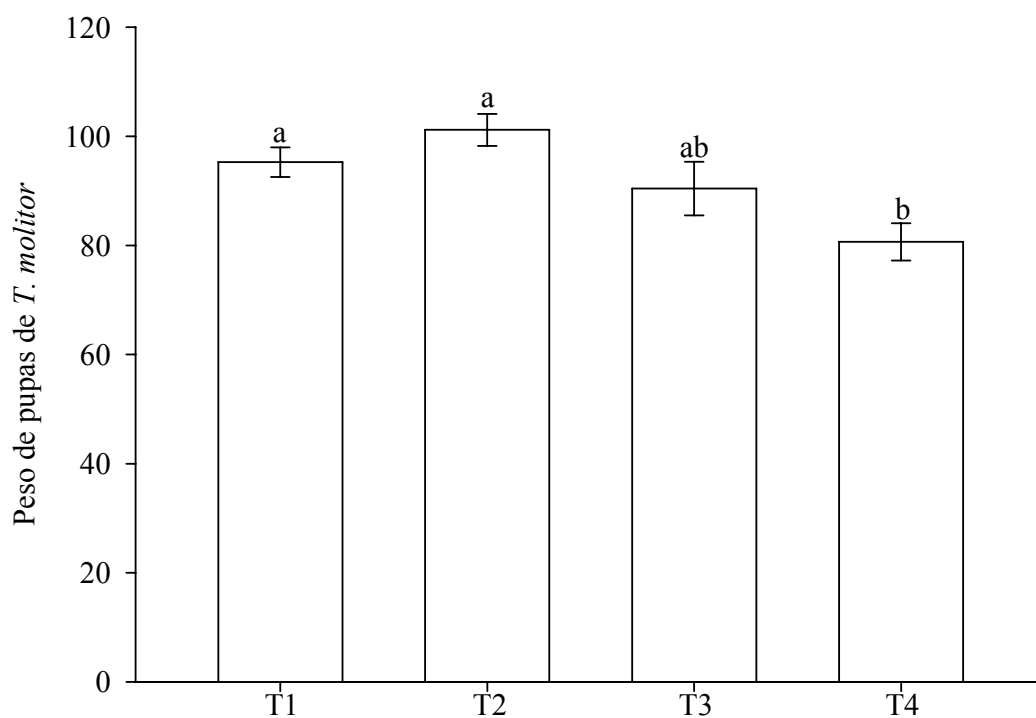


Figura 1. Peso de pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) (mg) (média $\pm$ erro padrão) sadias (T1); com um dia de parasitismo (T2); com nove dias de parasitismo (T3); com 18 dias de parasitismo (T4) por *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). Temperatura: 25 ± 1 °C, Umidade Relativa: $70 \pm 10\%$, fotofase: 12 horas. Médias seguidas de mesma letra nas barras não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

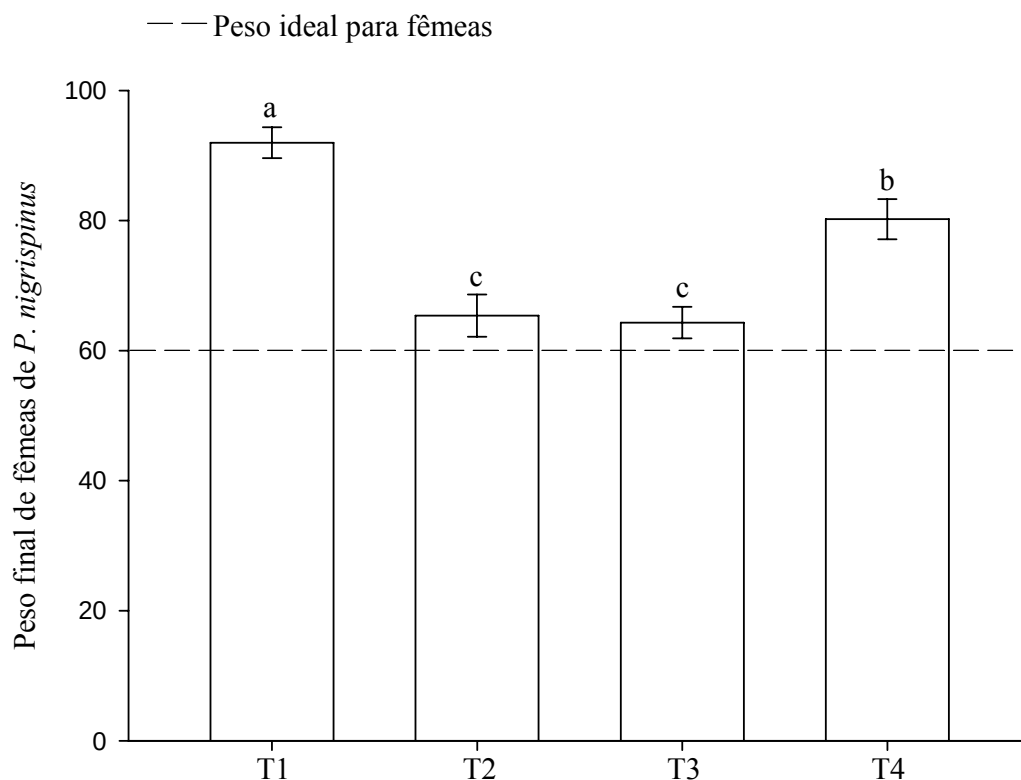


Figura 2. Peso final (mg) (média $\pm$ erro padrão) de fêmeas de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) alimentadas por três dias consecutivos com pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) sadias (T1); com um dia de parasitismo (T2); com nove dias de parasitismo (T3); com 18 dias de parasitismo (T4) por *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). Temperatura: 25 ± 1 °C, Umidade Relativa: $70 \pm 10\%$, fotofase: 12 horas. Médias seguidas de mesma letra nas barras não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Linha: Peso mínimo ideal de fêmeas de *P. nigrispinus* (Zanuncio *et al.*, 2002; Espindula *et al.*, 2006).

Tabela 1. Consumo diário (mg) (média $\pm$ erro padrão) de fêmeas de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) em pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) sadias (T1); com um dia de parasitismo (T2); com nove dias de parasitismo (T3); com 18 dias de parasitismo (T4) por *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). Temperatura: 25 ± 1 °C, Umidade Relativa: $70 \pm 10\%$, fotofase: 12 horas

Tratamentos	Dias			
	Primeiro	Segundo	Terceiro	Média diária
T1	46,33 $\pm$ 3,12Aa	24,75 $\pm$ 3,05Ab	12,09 $\pm$ 2,34ABc	27,72 $\pm$ 1,19A
T2	19,43 $\pm$ 2,89 Ba	5,50 $\pm$ 1,32 Bb	5,15 $\pm$ 1,30 Bb	10,03 $\pm$ 1,21 C
T3	11,24 $\pm$ 1,48 Ba	6,66 $\pm$ 1,13 Bc	8,17 $\pm$ 1,51ABb	8,69 $\pm$ 0,78 C
T4	12,09 $\pm$ 1,82 Bc	18,78 $\pm$ 2,82Aa	14,51 $\pm$ 2,53Ab	15,12 $\pm$ 1,29 B

Médias seguidas de mesma letra maiúscula por coluna e minúscula por linha não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

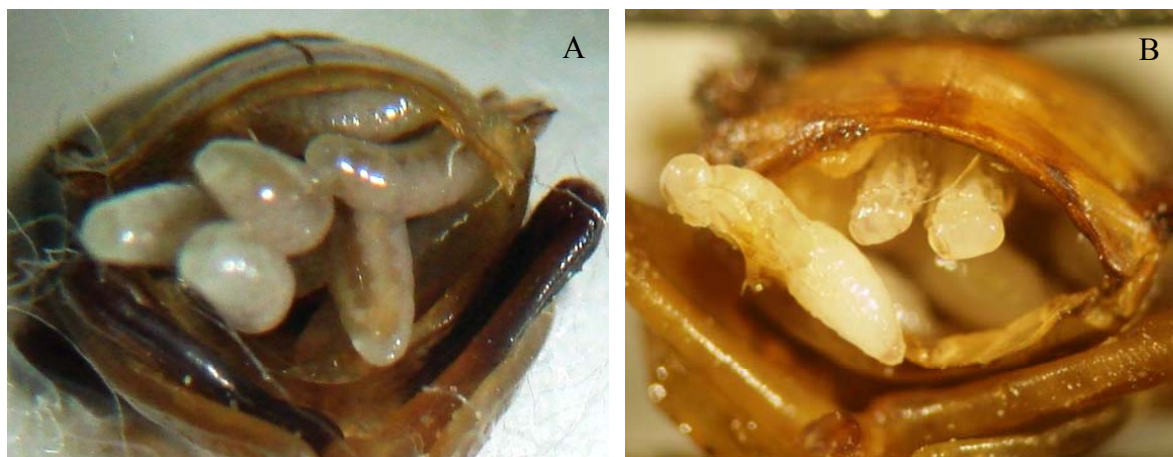


Figura 3. Corte transversal de pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) com nove (A) ou 18 dias de parasitismo por *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) (B). Temperatura: 25 ± 1 °C, Umidade Relativa: $70 \pm 10\%$, fotofase: 12 horas.

Capítulo III

Emergência e biologia de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) com predação intraguilda

Emergência e biologia de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) com predação intraguilda

Resumo

Espécies florestais são cultivadas no Brasil em monoculturas, o que simplifica o ecossistema. A diversificação de inimigos naturais é uma alternativa de manejo de desfolhadores, mas é necessário avaliar os níveis de competição e predação intraguilda. O objetivo foi avaliar o efeito da predação intraguilda na emergência e biologia do parasitóide *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae). Pupas do hospedeiro alternativo *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae) foram expostas ao parasitismo por seis fêmeas de *P. elaeisis*, cada, por 24 horas. Essas pupas, contendo larvas (bioensaio I) ou pupas (bioensaio II) de *P. elaeisis*, foram individualizadas em placas de Petri com um chumaço de algodão embebido com água destilada e com uma fêmea de *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae). Os tratamentos consistiram da testemunha (T1) e períodos de 24 (T2) e 48 horas (T3) do predador com as pupas. A seguir, as pupas de *T. molitor* foram retiradas das placas de Petri, individualizadas em tubos de ensaio e mantidas em B.O.D.. O ciclo (ovo-adulto), a emergência, a longevidade, a razão sexual e os parâmetros morfométricos de adultos de *P. elaeisis* foram avaliados. Pupas de *T. molitor*, dos tratamentos T1 e T2, apresentaram emergência semelhante de adultos de parasitóides, enquanto as do T3 apresentaram menor emergência desse inimigo natural. O ciclo de *P. elaeisis* foi menor, no tratamento T3 e as fêmeas dos T2 e T3 foram mais longevas no Bioensaio I. A razão sexual desse parasitóide foi maior em pupas de *T. molitor* do T1. Isto é importante, pois a menor emergência e razão sexual podem prejudicar o desempenho de *P. elaeisis* e reduzir sua população no campo. Por outro lado, o menor período imaturo e a maior longevidade de *P. elaeisis*, com a predação intraguilda, beneficiam a ação desse parasitóide.

Palavras chave: Ciclo, coexistência, parasitismo

Introdução

Monoculturas de espécies florestais e especialmente, de clones, simplificam e reduzem a estabilidade do ecossistema (Zanuncio *et al.* 2003). Neste contexto, a diversificação de espécies de inimigos naturais, liberadas em programas de controle biológico de pragas, é uma alternativa de manejo, mas os níveis de competição e a predação intraguilda devem ser avaliados (Day 2005; Zang & Liu 2007; Snyder *et al.* 2008; Letourneau *et al.* 2009). Predadores generalistas podem afetar negativamente outros inimigos naturais, competindo por um recurso comum ou os matando (Colfer & Rosenheim 2001). Resultados com *Delphastus catalinae* (Horn) (Coleoptera: Coccinellidae) predando ninfas parasitadas de *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae), com larvas e pupas de *Encarsia sophia* (Girault & Dodd) (Hymenoptera: Aphelinidae) mostraram que essas espécies são incompatíveis para liberação simultânea em casa de vegetação (Zang & Liu 2007).

O predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) foi relatado em florestas de eucalipto (Zanuncio *et al.* 2003) e é utilizado em programas de controle biológico aplicado no Brasil. No entanto, este predador pode causar efeitos negativos nas populações de parasitóides nativas, ou naquelas liberadas simultaneamente.

Parasitóides são os inimigos naturais mais abundantes em povoamentos de eucalipto (Dall'Oglio *et al.* 2003; Soares *et al.* 2007) e *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) se destaca pela eficiência no parasitismo de pupas de lepidópteros desfolhadores (Delvare & LaSalle 1993; Pereira *et al.* 2008; 2009; Soares *et al.* 2009). Esse parasitóide pode ser criado em hospedeiros alternativos, como *Bombyx mori* (Linnaeus) (Lepidoptera: Bombycidae), *Anticarsia gemmatilis* (Hubner), *Alabama argillacea* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae) (Pereira *et al.* 2008; 2009; Zanuncio *et al.* 2008). Isto torna *P. elaeisis* uma alternativa eficiente para multiplicação e liberação em campo visando o controle de lagartas desfolhadoras de eucalipto.

Liberações simultâneas de *P. nigrispinus* e *P. elaeisis* podem ser viáveis, mas esses inimigos naturais são polívoros e atacam uma fase comum dos desfolhadores, a pupa. Isto torna necessário estudar efeitos da competição e da predação intraguilda de *P. nigrispinus* em imaturos de *P. elaeisis*.

O objetivo foi avaliar o efeito da predação intraguilda na emergência e biologia do parasitóide *P. elaeisis*.

Materiais e Métodos

O experimento foi realizado em dois bioensaios, representando as fases de larva e pupa de *P. elaeisis* dentro do hospedeiro, no Laboratório de Controle Biológico de Insetos e no Insetário do Departamento de Biologia Animal (DBA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Obtenção de pupas parasitadas de *Tenebrio molitor*

Pupas do hospedeiro alternativo *T. molitor* foram obtidas da criação massal do Insetário da Universidade Federal de Viçosa, onde essa presa é criada à temperatura de 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas. Essas pupas, com menos de 24 horas de idade, foram individualizadas em tubos de vidro (14 x 2,2 cm) e expostas ao parasitismo por seis fêmeas de *P. elaeisis* por pupa (Soares *et al.* 2009). As fêmeas parasitóides não tinham experiência prévia de oviposição e permaneceram com o hospedeiro por 24 horas a 25 ± 1 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas em estufa tipo B.O.D. (Pereira *et al.* 2008; 2009). Posteriormente, essas fêmeas foram retiradas dos tubos.

Obtenção das fêmeas de *Podisus nigrispinus*

Fêmeas de *P. nigrispinus* foram criadas em gaiolas de madeira telada (50 cm x 40 cm x 40 cm) com um chumaço de algodão embebido com água destilada na parte superior externa e galhos de *Eucalyptus* spp. (Myrtaceae) em seu interior (Ramalho *et al.* 2008). Pupas de *T. molitor* foram fornecidas para os predadores, *ad libitum*.

Montagem do experimento

Bioensaio I (presas contendo o parasitóide na fase larval)

Quarenta e cinco pupas de *T. molitor*, contendo larvas de *P. elaeisis* (aos nove dias de parasitismo), foram pesadas em balança de precisão de 0,1 mg e individualizadas em placas de Petri. No interior de cada placa foi colocado um chumaço de algodão embebido com água destilada e uma fêmea de *P. nigrispinus*, não alimentada e com 48 horas de emergência. Os tratamentos consistiram da testemunha sem o predador (T1) e períodos de 24 (T2) e 48 horas (T3) do predador com as pupas. Cada tratamento teve 15 repetições. Posteriormente, as pupas foram retiradas das placas de Petri, pesadas, individualizadas em tubos de ensaio e mantidas à temperatura de 25 ± 1 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas em B.O.D.. O consumo de biomassa da pupa pelo predador, o número de pupas com emergência de parasitóides, o ciclo (ovo-adulto), a emergência de adultos por pupa e a razão sexual de *P. elaeisis* foram avaliados.

Quinze fêmeas e dez machos de *P. elaeisis* emergidos por tratamento foram individualizados em tubos de vidro (14 x 2,2 cm) e alimentados com uma gotícula de mel (Soares *et al.* 2007; Pereira *et al.* 2008; 2009). Esses indivíduos foram mantidos em estufa B.O.D. para se observar sua longevidade. Após a morte, os parâmetros morfométricos dos parasitóides, como cápsula cefálica (CC) na altura mediana dos olhos e tamanho do corpo (TC) medido através da linha mediana do dorso do inseto da cabeça à extremidade abdominal, foram obtidos com ocular micrométrica acoplada a um microscópio estereoscópico. Adultos de *P. elaeisis* foram sexados com base nas características do abdômen desse parasitóide, que é maior nas fêmeas e termina afinando-se abruptamente (Delvare & LaSalle 1993).

Bioensaio II (presas contendo o parasitóide na fase pupal)

Neste bioensaio, o procedimento descrito acima foi repetido, porém, utilizando-se pupas de *T. molitor* contendo em seu interior o parasitóide *P. elaeisis* empupado (aos 18 dias de parasitismo).

Análises estatísticas

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. Os dados de pupas de *T. molitor* com emergência de parasitóides não atenderam às pressuposições de homogeneidade de variância e distribuição normal. Por isto, foram submetidos à análise de variância não paramétrica pelo teste de Kruskal-Wallis em nível de 5% de probabilidade. Os dados de consumo da biomassa de pupas de *T. molitor*, nos tratamentos T2 e T3, foram calculados por subtração dos pesos iniciais e finais das mesmas e, posteriormente, corrigidos, subtraindo-se de seus valores as constantes 0,63 e 0,48 mg de acordo com o estágio do parasitismo (Vide capítulo II). Esses dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e comparados pelo teste “F” a 5% de probabilidade. A razão sexual foi calculada pela equação $rs = \text{número de fêmeas} / (\text{número de fêmeas} + \text{número de machos})$ e, juntamente, com os demais dados submetida à ANOVA e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com o programa de análises estatísticas SAEG (Gomes 1985).

Resultados

Bioensaio I

Presas parasitadas, no tratamento T3, apresentaram menor emergência de adultos de *P. elaeisis*. Nos tratamentos T1 e T2 o número de parasitóides emergidos por pupa foi semelhante (Figura 1A). O consumo das pupas de *T. molitor* pelo predador, no T3, foi superior ao daquelas do T2 (Figura 2A). O número de pupas de *T. molitor*, com emergência do parasitóide *P. elaeisis*, foi semelhante, independente do período que permaneceram com o predador (Tabela 1).

O ciclo de *P. elaeisis* (ovo-adulto) foi menor em pupas do T3 e semelhante nos demais tratamentos. Fêmeas de *P. elaeisis* dos tratamentos T2 e T3 foram mais longevas (Tabela 1).

A razão sexual de adultos de *P. elaeisis* foi maior no tratamento T1 (Tabela 1), o tamanho da cápsula cefálica desses adultos variou entre tratamentos, mas o do corpo foi semelhante (Tabela 1).

Bioensaio II

Pupas de *T. molitor* do tratamento T1 apresentaram maior número de parasitóides emergidos. As do T2 mostraram valores intermediários e as do T3 tiveram menor emergência de adultos de *P. elaeisis* por pupa (Figura 1B). O consumo de pupas de *T. molitor*, por *P. nigrispinus*, no T3 foi superior ao daquelas do T2 (Figura 2B). O número de pupas de *T. molitor*, com emergência do parasitóide *P. elaeisis*, foi semelhante, independente do tempo que permaneceram com o predador (Tabela 1).

O ciclo (ovo-adulto) e a longevidade de adultos de *P. elaeisis* foram semelhantes entre tratamentos (Tabela 1).

A razão sexual dos adultos de *P. elaeisis* foi maior nas pupas do tratamento T1 (Tabela 1), o tamanho da cápsula cefálica foi semelhante nos diferentes tratamentos e o do corpo de fêmeas de *P. elaeisis* variou entre tratamentos (Tabela 1).

Discussão

Bioensaio I

A emergência semelhante de parasitóides de pupas de *T. molitor* do tratamento T1 com aquelas do T2, mostra que o consumo das pupas parasitadas pelo predador é baixo por 24h e insuficiente para reduzir a emergência de *P. elaeisis*. O parasitismo induz mudanças no hospedeiro e altera a resposta do inseto parasitado ao ambiente (Brodeur & Boivin 2004). Isto ocorre pelo fato da sobrevivência do parasitóide imaturo depender da integridade do hospedeiro e a

predação ser importante na evolução de características animais (Lima & Dill 1990). Deste modo, os parasitóides selecionados podem ser menos susceptíveis a inimigos naturais dentro de seus hospedeiros (Fritz 1982; Brodeur 1994). Associações entre hospedeiros-parasitóides-predadores e a taxa de predação variam dependendo do sistema, com hospedeiros parasitados sendo menos, mais ou igualmente susceptíveis à predação que os sadios (Brodeur & Boivin 2004).

A menor emergência de adultos de *P. elaeisis*, do tratamento T3, mostra que *P. nigrispinus* tem potencial de predação intraguilda nesse período de tempo. No entanto, esse predador não tinha opção de escolha de presas e o período de confinamento foi prolongado. Isto tem chances limitadas de ocorrer no ambiente natural, pois *Podisus* spp. são predadores generalistas e com grande diversidade de presas no ambiente florestal, inclusive de outros estágios de desenvolvimento como ovos e larvas (De Clercq 2000). Além disso, a exclusão de um inimigo natural da área, por competição é esperada, apenas, quando ocorrem fortes interações assimétricas, independente do seu nível populacional (Castillo & Velasco-Hernández 2003). Por isto, é possível que, no campo, *P. nigrispinus* abandone a presa parasitada e busque outras em locais adjacentes.

O menor ciclo de *P. elaeisis*, no tratamento T3, e a maior longevidade de fêmeas desse tratamento mostram que a predação intraguilda do hospedeiro poderia ser benéfica para o parasitóide, possivelmente, por reduzir a competição entre larvas de *P. elaeisis*. *Palmistichus elaeisis* tem hábito gregário, com várias larvas se desenvolvendo até a maturidade em um único hospedeiro (Pereira *et al.* 2010). Seis indivíduos de *P. elaeisis* parasitaram, ao mesmo tempo, uma pupa de *Thyrintina leucoceraea* (Rindge) (Lepidoptera, Geometridae) em *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake (Myrtaceae) e 194 adultos de *P. elaeisis* emergiram dessa pupa após 23 dias (Pereira *et al.* 2008). Os parasitóides podem reconhecer hospedeiros, previamente, parasitados por si mesmo ou por uma fêmea da mesma espécie (van Lenteren 1981). Contudo, Eulophidae pode apresentar superparasitismo no campo como relatado para *Phymastichus coffea* (LaSalle) (Hymenoptera: Eulophidae) em *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae) (Castillo *et al.* 2004; Jaramillo *et al.* 2005). Fêmeas desse parasitóide,

usualmente, colocam dois ovos, uma fêmea e um macho, por hospedeiro em laboratório (Castillo *et al.* 2004). No entanto, liberações inundativas de *P. coffea* em plantios de café da Colômbia, após infestações artificiais de *H. hampei*, mostraram mais de seis larvas desse parasitóide por hospedeiro (Jaramillo *et al.* 2006). Além disso, resultados com *P. elaeisis* mostraram menor porcentagem de parasitismo e emergência em pupas de *B. mori* quando o mesmo parasitou em baixas densidades de indivíduos (1:1 e 9:1) (Pereira *et al.* 2010). Isto sugere que o superparasitismo seja comum em Eulophidae e pode ser adaptativo para estes indivíduos, quando o risco de encapsulação é alto (Visser *et al.* 1990; Zanuncio *et al.* 2008). No entanto, após a eclosão das larvas do parasitóide, estas passam a competir por espaço e alimento, sendo necessária à existência de recursos suficientes para o completo desenvolvimento dos imaturos (Brodeur & Boivin 2004).

A redução do número de imaturos de *P. elaeisis* por hospedeiro, no campo, pode ser explicada pela predação intraguilddo o que, após passada a fase de perigo de encapsulação, é benéfica ao parasitóide, por aumentar a quantidade de recursos disponíveis por larva. Assim, as larvas de *P. elaeisis* poderiam obter a quantidade de reservas energéticas para a metamorfose em menor tempo. A competição entre larvas de parasitóides, de espécies diferentes em um mesmo hospedeiro, ocorre por ataques físicos ou por supressão fisiológica (De Moraes & Mescher 2005). No entanto, a competição de espécies gregárias é, geralmente, restrita a exploração do recurso e os imaturos, raramente, estão em combate direto; porém com recursos limitados, os indivíduos são menores e têm menor “fitness” (Brodeur & Boivin 2004). Outra hipótese para explicar a redução de imaturos do parasitóide emergidos por pupa de *T. molitor*, seria a ocorrência apenas da competição entre *P. nigrispinus* e *P. elaeisis*. Neste caso o predador poderia se alimentar dos tecidos do hospedeiro, diminuindo a quantidade de recursos disponíveis por larvas parasitóides, que morreriam por inanição.

A maior longevidade de fêmeas de *P. elaeisis* beneficia o parasitóide, pois aqueles longevos poderiam gastar mais tempo avaliando a qualidade do hospedeiro, rejeitando os inadequados e conseguindo melhores hospedeiros, o

que reflete em melhor qualidade da prole (Royer *et al.* 1999). A menor longevidade de adultos de *P. elaeisis*, no tratamento T1, que a observada para este mesmo parasitóide com pupas de *T. molitor* (Zanuncio *et al.* 2008) poderia ser devido à utilização de seis fêmeas de *P. elaeisis* por pupa de *T. molitor* enquanto Zanuncio *et al.* (2008) utilizaram apenas quatro fêmeas desse parasitóide, o que, provavelmente, reduziu a competição entre suas larvas. No entanto, a longevidade semelhante de adultos de *P. elaeisis*, à desses autores, no tratamento T2 e T3, reforça a teoria de que a predação intraguilda reduz a competição entre larvas de *P. elaeisis* e aumenta a longevidade de seus adultos.

A alta razão sexual de *P. elaeisis*, no tratamento T1, concorda com o relatado para os parasitóides *Melittobia clavicornis* (Cameron) (97% de fêmeas), *Melittobia australica* (Girault) (95-97% de fêmeas) e *Melittobia digitata* (Dahms) (95-98% de fêmeas) (Hymenoptera: Eulophidae) em pupas de *Neobellieria bullata* (Parker) (Diptera: Sarcophagidae) (Gonzáles *et al.* 2004). Parasitóides com maior razão sexual podem ser mais eficientes no campo, pois suas fêmeas realizariam as posturas e praticariam o controle biológico de insetos-praga (Matos Neto *et al.* 2004; Gonzáles *et al.* 2004; Soares *et al.* 2007; Zanuncio *et al.* 2008). Deste modo, um maior número de fêmeas de *P. elaeisis* aumentaria a taxa de controle biológico e a população desse parasitóide no campo, mas, a predação intraguilda por *P. nigrispinus* poderia prejudicar *P. elaeisis* ao reduzir sua razão sexual.

O tamanho semelhante do corpo de adultos de *P. elaeisis*, entre tratamentos, deve-se possivelmente, ao fato da predação intraguilda, neste trabalho ter contribuindo, apenas, para que os indivíduos alcançassem de forma mais rápida a quantidade de energia necessária para a metamorfose, sem grandes acúmulos que pudessem alterar sua massa corpórea e tamanho. No entanto, a predação intraguilda mais cedo poderia reduzir a competição entre larvas de *P. elaeisis* nos primeiros estádios, e as fêmeas poderiam adquirir maior tamanho, por se alimentarem mais (Royer *et al.* 1998). Isto é vantajoso, pois o tamanho do corpo tem correlação positiva com indicadores de qualidade da eficiência de parasitóides, como longevidade, preferência para cópula, fecundidade, período

reprodutivo, emergência da progênie e razão sexual (Sagarra *et al.* 2001). Fêmeas e machos maiores (1,7-2,1 e 1,2-1,6 mm) de *Anagyrus kamali* (Moursi) (Hymenoptera: Encyrtidae) viveram por mais tempo ($35,4 \pm 10$; $29,16 \pm 6,5$ dias) que aqueles menores (1,5-1,9 e 1,0-1,4 mm) ($27,9 \pm 9,6$; $18,4 \pm 5,7$ dias), respectivamente. Além disso, fêmeas desse parasitóide tiveram fecundidade correlacionada, positivamente, com seu tamanho, com valores de 37 ± 21 ovos para fêmeas pequenas e de 96 ± 43 para as grandes (Sagarra *et al.* 2001).

Bioensaio II

A semelhança, entre tratamentos, do número de pupas de *T. molitor* com emergência de parasitóides mostra que a exposição da presa ao predador, por período prolongado, não provoca mortes generalizadas dos imaturos de *P. elaeisis*. Isto indica que esse parasitóide e *P. nigrispinus* desenvolveram mecanismos de coexistência o que, possivelmente, evitaria que uma dessas espécies fosse excluída do campo. No entanto, pupas de *T. molitor*, do tratamento T1, apresentaram maior número de parasitóides emergidos mostrando que a presença do predador pode reduzir a população de *P. elaeisis*.

Valores semelhantes de ciclo (ovo-adulto) e da longevidade de adultos de *P. elaeisis* diferem do observado no Bioensaio I. A predação intraguildda não poderia diminuir a competição entre pupas de imaturos, pois estes já cessaram sua alimentação. Além disso, a maior duração do ciclo de *P. elaeisis* no tratamento T1 que a desse parasitóide em pupas desse mesmo hospedeiro ($23,42 \pm 0,18$ dias) (Zanuncio *et al.* 2008) e de *A. gemmatalis*, *Diatraea saccharalis* (Fabricius) (Lepidoptera: Crambidae), *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), *Thyrinteina arnobia* (Stoll) (Lepidoptera: Geometridae) e *Heliothis virescens* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) (18,9; 19,5; 19,7; 20,2 e 22,0 dias respectivamente) (Bittencourt & Berti Filho 2004) mostra que o ciclo de *P. elaeisis* pode, também, ser afetado pela temperatura de criação, pois Zanuncio *et al.* (2008) realizaram seus trabalhos em sala climatizada e, também, pelo hospedeiro utilizado.

A menor razão sexual de *P. elaeisis*, com predação intraguildda (T3), pode diminuir a população desse parasitóide, no campo, pois as fêmeas são responsáveis pelo controle biológico e produção de progênie (Matos Neto *et al.* 2004; Gonzáles *et al.* 2004; Soares *et al.* 2007; Zanuncio *et al.* 2008).

Conclusões

A competição e/ou predação intraguildda pode afetar a emergência e a biologia do parasitóide *P. elaeisis*, pois o número de adultos emergidos por pupa e a razão sexual desse parasitóide diminuíram, quando o hospedeiro permaneceu com o predador por 48h. Isto pode refletir em menor aumento populacional no campo e menor eficiência desse parasitóide no controle biológico. Pupas hospedeiras, com parasitóides no estágio de larva, quando predadas, apresentam efeitos positivos na biologia de *P. elaeisis*, como menor ciclo (ovo-adulto) e maior longevidade de suas fêmeas. O impacto da competição e/ou predação intraguildda variou com o estágio de *P. elaeisis* no hospedeiro e, de maneira geral, no campo pode-se esperar um menor número de indivíduos emergidos por pupa predada, menores razão sexual e ciclo e maior longevidade de fêmeas de *P. elaeisis*.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelas bolsas e auxílios concedidos.

Referências

Bittencourt MAL, Berti Filho E. 2004. Exigências térmicas para o desenvolvimento de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera, Eulophidae) em pupas de cinco espécies de lepidópteros. *Iheringia Série Zoologia* 94: 321-323.

- Brodeur J. 1994. Susceptibility of parasitized insect hosts to predators. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 16: 147–53.
- Brodeur J, Boivin G. 2004. Functional ecology of immature parasitoids. *Annual Review of Entomology* 49: 27-49.
- Castillo D, Velasco-Hernández J.X. 2003. Coexistence in a competitive parasitoid–host system. *Journal of Theoretical Biology* 221: 61–77.
- Castillo A, Infante F, Vera-Graziano J, Trujillo J. 2004. Host discrimination by *Phymastichus coffea*, a parasitoid of the coffee berry borer. *BioControl* 49: 655–663.
- Colfer RG, Rosenheim JA. 2001. Predation on immature parasitoids and its impact on aphid suppression. *Oecologia* 126: 292-304.
- Dall'Oglio OT, Zanuncio JC, Freitas FA, Pinto R. 2003. Himenópteros parasitóides coletados em povoamentos de *Eucalyptus grandis* e mata nativa em Ipaba, estado de Minas Gerais. *Ciência Florestal* 13: 123-129.
- Day WH. 2005. Changes in abundance of native and introduced parasites (Hymenoptera: Braconidae), and of the target and non-target plant bug species (Hemiptera: Miridae), during two classical biological control programs in alfalfa. *Biological Control* 33: 368–374.
- De Clercq P. 2000. Chapter 32: Predaceous Stinkbugs (Pentatomidae: Asopinae), pp. 737-789. In Schaefer C.W. & A.R. Panizzi [eds.], *Heteroptera of Economic Importance*. CRC Press, Boca Raton, FL. 828 pp.
- De Moraes CM, Mescher MC. 2005. Intrinsic competition between larval parasitoids with different degrees of host specificity. *Ecological Entomology* 30: 564-570.
- Delvare G, LaSalle JA. 1993. New genus of Tetrastichinae (Hymenoptera: Eulophidae) from the Neotropical region, with the description of a new species parasitica on key pests of oil palm. *Journal of Natural History* 27: 435-444.
- Fritz RS. 1982. Selection for host modification by insect parasitoids. *Evolution* 36: 283–88.

- Gomes JM. 1985. SAEG 3.0: Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas. Viçosa, Imprensa Universitária, 105p.
- Gonzáles JM, Abe J, Matthews RW. 2004. Offspring production and development in the parasitoid wasp *Melittobia clavicornis* (Cameron) (Hymenoptera: Eulophidae) from Japan. *Entomological Science* 7: 15-19.
- Jaramillo J, Borgemeister C, Setamou M. 2006. Field superparasitism by *Phymastichus coffea*, a parasitoid of adult coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 119: 231–237.
- Jaramillo J, Bustillo AE, Montoya EC, Borgemeister C. 2005. Biological control of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae) by *Phymastichus coffea* (Hymenoptera: Eulophidae) in Colômbia. *Bulletin of Entomological Research* 95: 467–472.
- Letourneau DK, Jedlicka JA, Bothwell SG, Moreno CR. 2009. Effects of natural enemy biodiversity on the suppression of arthropod herbivores in terrestrial ecosystems. *The Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 40: 573-92.
- Lima SL, Dill LM. 1990. Behavioral decisions made under the risk of predation: a review and prospectus. *Canadian Journal of Zoology* 68: 619-40.
- Matos Neto FC, Zanuncio JC, Cruz I, Guedes RNC, Picanço MC. 2004. Progeny production and parasitism by *Campoletis flavicincta* (Hym.: Ichneumonidae) as affected by female ageing. *Biological Agriculture and Horticulture* 22: 369–378.
- Pereira FF, Zanuncio TV, Zanuncio JC, Pratissoli D, Tavares MT. 2008. Species of Lepidoptera defoliators of *Eucalyptus* as new host for the parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 51: 259-262.
- Pereira FF, Zanuncio JC, Serrão JE, Pastori PL, Ramalho FS. 2009. Reproductive performance of *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) with previously refrigerated pupae of *Bombyx mori* (Lepidoptera: Bombycidae). *Brazilian Journal of Biology* 69: 865-869.

- Pereira FF, Zanuncio JC, Serrão JE, Zanuncio TV, Pratissoli D, Pastori PL. 2010. The density of females of *Palmistichus elaeisis* Delvare and LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) affects their reproductive performance on pupae of *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 82: 323-331.
- Ramalho FS, Mezzomo JA, Lemos WP, Bandeira CM, Malaquias JB, Silva JPS, Leite GLD, Zanuncio JC. 2008. Reproductive strategy of *Podisus nigrispinus* females under different feeding intervals. *Phytoparasitica* 36: 30-37.
- Royer L, Le Lannic J, Nénon JP, Boivin G. 1998. Response of first-instar *Aleochara bilineata* larvae to the puparium morphology of its dipteran host. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 87: 217-20.
- Royer L, Fournet S, Brunel E, Boivin G. 1999. Intra- and interspecific host discrimination by host-seeking larvae of coleopteran parasitoids. *Oecologia* 118: 59-68.
- Sagarra LA, Vicent C, Stewart RK. 2001. Body size as an indicator of parasitoid quality in male and female *Anagyrus kamali* (Hymenoptera: Encyrtidae). *Bulletin of Entomological Research* 91: 363-367.
- Snyder GB, Finke DL, Snyder WE. 2008. Predator biodiversity strengthens aphid suppression across single- and multiple-species prey communities. *Biological Control* 44: 52-60.
- Soares MA, Torres-Gutierrez C, Zanuncio JC, Pedrosa ARP, Lorenzon AS. 2009. Superparasitismo de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) y comportamiento de defensa de dos hospederos. *Revista Colombiana de Entomología* 35: 62-65.
- Soares MA, Leite GLD, Zanuncio JC, Rocha SL, de Sá VGM, Serrão JE. 2007. Flight capacity, parasitism and emergence of five *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) species from forest areas in Brazil. *Phytoparasitica* 35: 314-318.
- van Lenteren JC. 1981. Host discrimination by parasitoids. Semiochemicals, their role in pest control (ed. by Nordlund DA, Jones RL, Lewis WJ), Wiley, New York, NY, USA. pp. 153-180.

- Visser ME, van Alphen JJM, Nell H. 1990. Adaptive superparasitism and patch time allocation in solitary parasitoids: the influence of the number of parasitoids depleting the patch. *Behaviour* 114: 21–36.
- Zang LS, Liu TX. 2007. Intraguild interactions between an oligophagous predator, *Delphastus catalinae* (Coleoptera: Coccinellidae), and a parasitoid, *Encarsia sophia* (Hymenoptera: Aphelinidae), of *Bemisia tabaci* (Homoptera; Aleyrodidae). *Biological Control* 41: 142-150.
- Zanuncio JC, Zanuncio TV, Freitas FA, Pratisoli D. 2003. Population density of Lepidoptera in a plantation of *Eucalyptus urophylla* in the state of Minas Gerais, Brazil. *Animal Biology* 53: 17-26.
- Zanuncio JC, Pereira FF, Jacques GC, Tavares MT, Serrão JE. 2008. *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae), a new alternative host to rear the pupae parasitoid *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae). *The Coleopterists Bulletin* 62: 64–66.

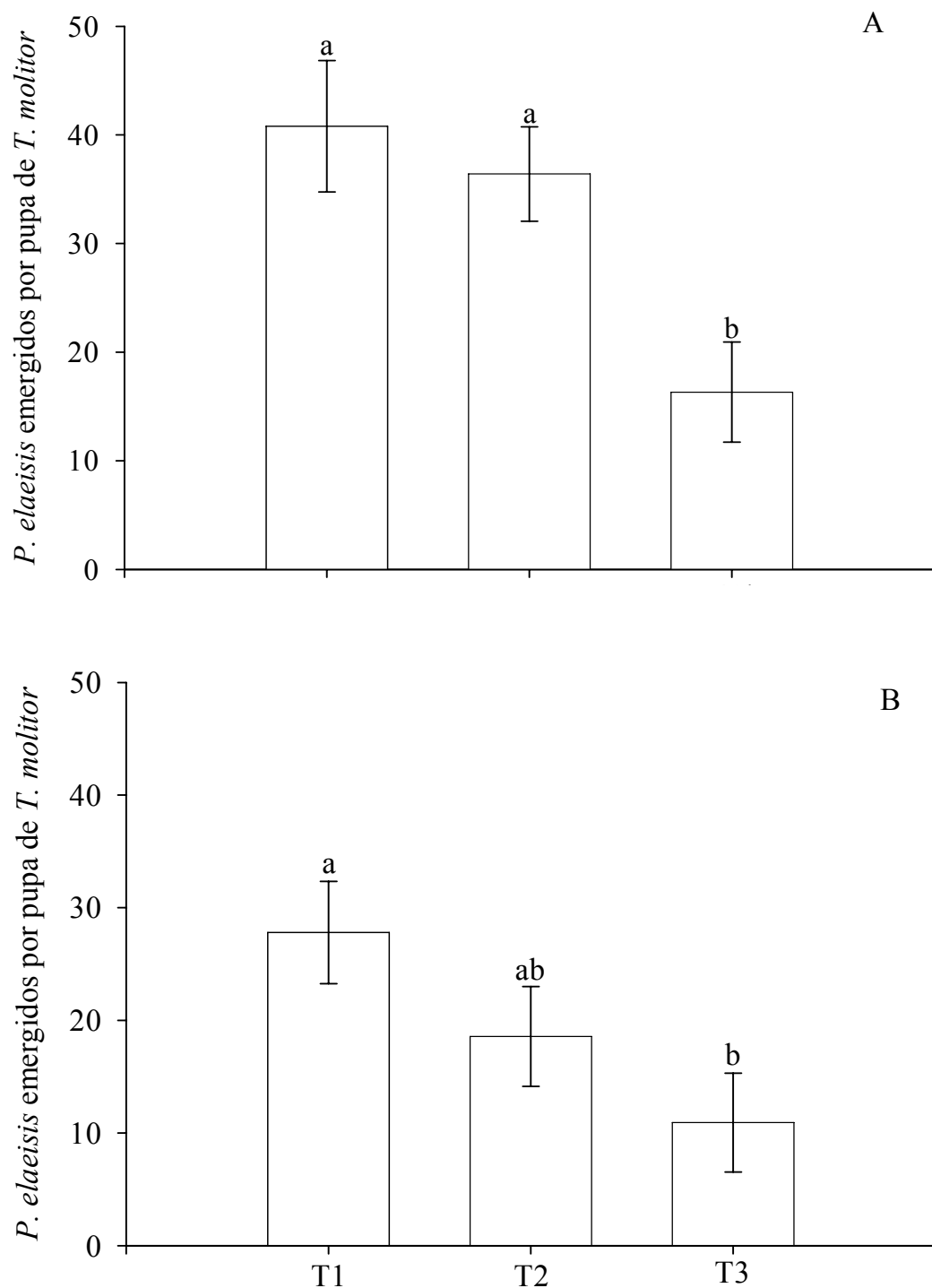


Figura 1. Número de adultos de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) (média $\pm$ erro padrão) emergido por pupa de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) sem predação (T1) ou com o predador *Podisus nigripinus* (Heteroptera: Pentatomidae) durante 24 (T2) e 48 horas (T3) consecutivas. Bioensaio I com presas contendo larvas (A) e bioensaio II com presas contendo pupas (B) de *P. elaeisis*. Barras seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

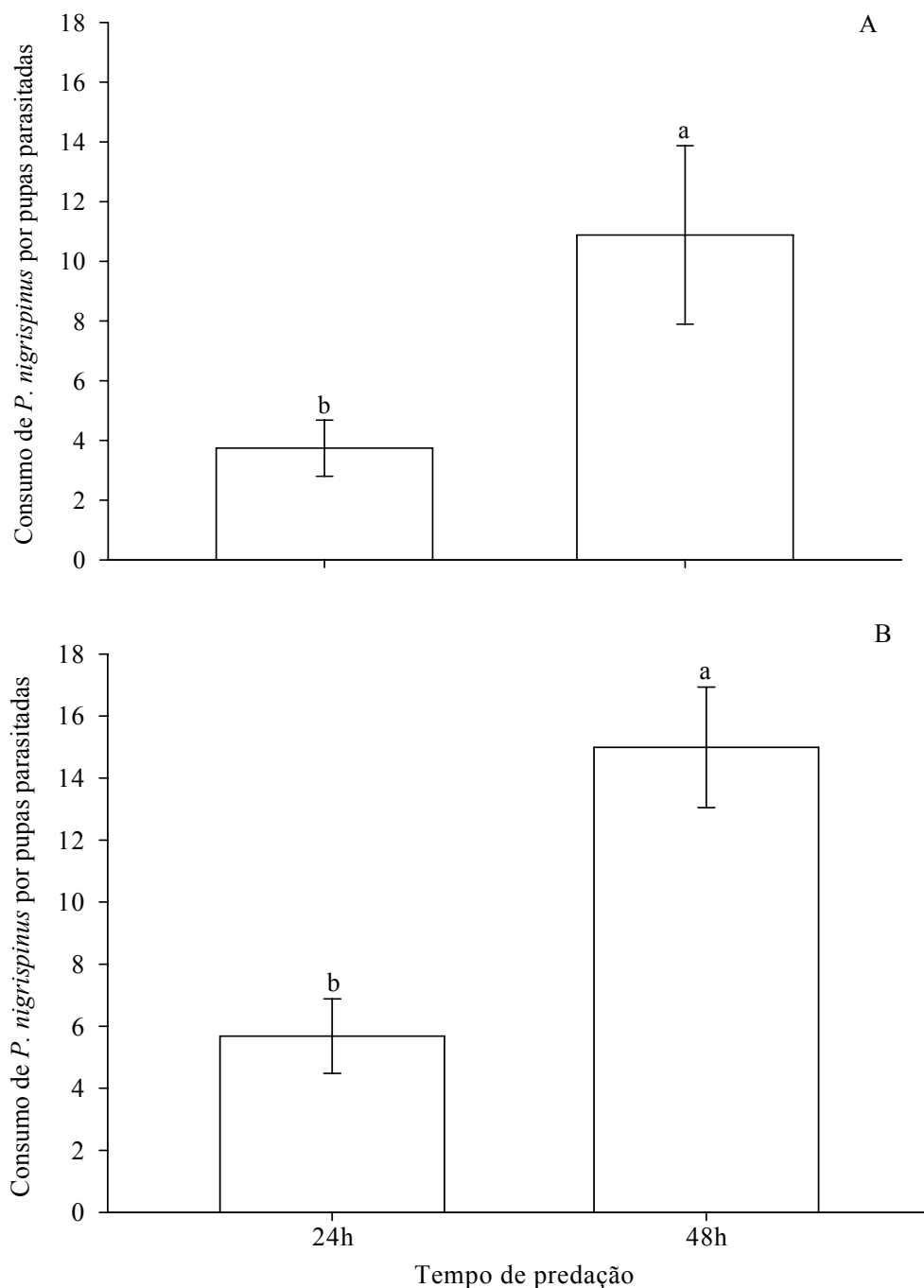


Figura 2. Consumo (mg) de pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) (média $\pm$ erro padrão) parasitadas por *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) junto com o predador *Podisus nigripinus* (Heteroptera: Pentatomidae) durante 24 (T2) ou 48 horas (T3) consecutivas. Bioensaio I com presas contendo larvas (A) e bioensaio II com presas contendo pupas (B) de *P. elaeisis*. Barras seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

Tabela 1. Parâmetros biológicos de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) (média $\pm$ erro padrão) emergidos de pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) sem predação (T1) ou junto com o predador *Podisus nigripinus* (Heteroptera: Pentatomidae) durante 24 (T2) e 48 horas (T3) consecutivas. No bioensaio I, as presas utilizadas tinham larvas e no bioensaio II, pupas de *P. elaeisis* no interior

Bioensaio I	Tratamentos			
	(n)	T1	T2	T3
Pupas com emergência de parasitóides (%) ^{ns*}	15	93	93	73
Duração do ciclo (ovo-adulto)	15	27,00 $\pm$ 0,63a	24,33 $\pm$ 0,56a	21,54 $\pm$ 0,74 b
Longevidade de fêmeas (dias)	15	14,47 $\pm$ 1,64 b	21,33 $\pm$ 1,90a	21,73 $\pm$ 1,09a
Longevidade de machos (dias)	10	15,37 $\pm$ 1,90ab	10,00 $\pm$ 4,08 b	20,30 $\pm$ 2,02a
Razão sexual	10	0,95 $\pm$ 0,02a	0,81 $\pm$ 0,05 b	0,86 $\pm$ 0,03ab
Cápsula cefálica de fêmeas (mm)	15	0,59 $\pm$ 0,004a	0,51 $\pm$ 0,04 b	0,54 $\pm$ 0,01ab
Cápsula cefálica de machos (mm)	10	0,47 $\pm$ 0,01a	0,47 $\pm$ 0,02a	0,43 $\pm$ 0,04 b
Tamanho do corpo de fêmeas (mm) ^{ns}	15	1,95 $\pm$ 0,01	1,71 $\pm$ 0,12	1,73 $\pm$ 0,04
Tamanho do corpo de machos (mm) ^{ns}	10	1,45 $\pm$ 0,02	1,49 $\pm$ 0,06	1,40 $\pm$ 0,04
Bioensaio II	(n)	T1	T2	T3
Pupas com emergência de parasitóides (%) ^{ns*}	15	100	78,6	67,14
Duração do ciclo (ovo-adulto) ^{ns}	15	30,00 $\pm$ 0,51	29,18 $\pm$ 0,40	28,62 $\pm$ 0,82
Longevidade de fêmeas (dias) ^{ns}	15	15,53 $\pm$ 0,94	15,73 $\pm$ 0,90	16,13 $\pm$ 1,45
Longevidade de machos (dias) ^{ns}	10	21,30 $\pm$ 1,26	14,10 $\pm$ 2,63	14,40 $\pm$ 3,06
Razão sexual	10	0,94 $\pm$ 0,01a	0,74 $\pm$ 0,12ab	0,48 $\pm$ 0,13 b
Cápsula cefálica de fêmeas (mm) ^{ns}	15	0,62 $\pm$ 0,01	0,63 $\pm$ 0,01	0,63 $\pm$ 0,01
Cápsula cefálica de machos (mm) ^{ns}	10	0,55 $\pm$ 0,01	0,56 $\pm$ 0,00	0,49 $\pm$ 0,06
Tamanho do corpo de fêmeas (mm)	15	1,96 $\pm$ 0,03 b	2,10 $\pm$ 0,02a	2,04 $\pm$ 0,02ab
Tamanho do corpo de machos (mm) ^{ns}	10	1,51 $\pm$ 0,03	1,56 $\pm$ 0,04	1,46 $\pm$ 0,16

Médias seguidas de diferentes letras, por linha, diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns} médias não significativas. * médias analisadas pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis a 5% de probabilidade.

Capítulo IV

Desenvolvimento e sobrevivência de ninfas do percevejo predador *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) quando alimentado com presas parasitadas por *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae)

Desenvolvimento e sobrevivência de ninfas do percevejo predador *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) quando alimentado com presas parasitadas por *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae)

Resumo

Entender os fatores ecológicos que facilitam a coexistência de inimigos naturais competidores e os que determinam qual espécie prevalece quando a coexistência torna-se impossível é importante para estudos de ecologia e do controle biológico. O objetivo desse trabalho foi avaliar possíveis impactos de presas parasitadas por *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) no desenvolvimento e sobrevivência de ninfas de *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae). Trezentas ninfas de *P. nigrispinus*, no início do segundo estágio, foram acondicionadas em 30 sacos de tecido branco de organza envolvendo folhas de eucalipto. Os tratamentos foram ninfas de *P. nigrispinus* alimentadas com pupas de *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae) parasitadas por *P. elaeisis* (T1); ninfas de *P. nigrispinus* alimentadas com pupas parasitadas e sadias (1:1) (T2) e ninfas de *P. nigrispinus* alimentadas com pupas sadias (T3). A duração da fase ninfal, sobrevivência, massa corpórea, largura da cabeça e razão sexual das ninfas de *P. nigrispinus* foram avaliadas em delineamento experimental inteiramente casualizado. As curvas de sobrevivência da fase ninfal foram determinadas com o modelo Kaplan-Meier no programa BioEstat. Os demais dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e suas médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com o SAEG. O ciclo de ninfas de *P. nigrispinus* do tratamento T1 pode aumentar em, até, oito dias, mas com sobrevivência próxima a 100%. A massa corpórea de ninfas de *P. nigrispinus* foi menor com pupas parasitadas (T1). Já ninfas desse predador com pupas parasitadas e sadias de *T. molitor* (T2), apresentaram massa corpórea intermediária entre os T1 e T3. Isto indica que níveis de competição equilibrados com parasitóides podem não afetar ninfas de *P. nigrispinus*.

Palavras chave: Competição, parasitismo, predação

Introdução

Os fatores ecológicos que facilitam a coexistência de inimigos naturais competidores e determinam à espécie que prevalecerá, quando a coexistência torna-se impossível, são importantes para estudos de ecologia básica e da ciência aplicada do controle biológico (De Moraes & Mescher 2005).

Heteroptera predadores são inimigos naturais generalistas, utilizados para a regulação de desfolhadores e *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) é a principal espécie estudada em plantios de eucalipto (Zanuncio *et al.* 1994; Soares *et al.* 2009a).

Parasitóides têm alta diversidade e podem controlar populações hospedeiras em florestas (Dall'Oglio *et al.* 2003; Pereira *et al.*, 2010). A maioria desses inimigos naturais pertence às ordens Hymenoptera e Diptera com, aproximadamente, 50.000 espécies descritas de himenópteros parasitóides (Dall'Oglio *et al.* 2003), sendo as famílias Ichneumonidae, Braconidae, Scelionidae, Trichogrammatidae e Eulophidae as mais abundantes em povoamentos de eucalipto (Dall'Oglio *et al.* 2003; Soares *et al.* 2007).

Os parasitóides podem ter mecanismos para tornar seus hospedeiros menos susceptíveis a predadores, pois o desenvolvimento de sua prole depende da integridade dos mesmos (Fritz 1982). Fêmeas de parasitóides podem injetar toxinas ou vírus em seus hospedeiros durante a oviposição (De Moraes & Mescher 2005) ou seus imaturos podem produzir secreções tóxicas, logo após a eclosão, para tornar seu hospedeiro inadequado para um competidor (Quicke 1997). Deste modo, o predador poderia alterar seu consumo em presas parasitadas (Brodeur & Boivin 2004) e afetar o desempenho de ninfas predadoras.

O objetivo desse trabalho foi avaliar possíveis impactos de presas parasitadas por *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) no desenvolvimento e sobrevivência de ninfas do predador *P. nigrispinus*.

Materiais e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Controle Biológico de Insetos e no Insetário do Departamento de Biologia Animal (DBA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Obtenção de pupas parasitadas de *Tenebrio molitor*

Pupas de *T. molitor* foram obtidas da criação massal do Insetário da Universidade Federal de Viçosa, onde esse hospedeiro alternativo é criado à temperatura de 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas. Essas pupas, com menos de 24 horas de mudança de fase foram individualizadas em tubos de vidro (14 x 2,2 cm) e, cada uma, exposta ao parasitismo por seis fêmeas de *P. elaeisis*, sem experiência prévia de oviposição, por 24 horas (Soares *et al.* 2009b). As fêmeas de *P. elaeisis* foram retiradas dos tubos após esse período (Pereira *et al.* 2008; Zanuncio *et al.* 2008).

Obtenção das ninfas de *Podisus nigrispinus*

Ninfas de *P. nigrispinus* foram obtidas da criação massal do Laboratório de Controle Biológico de Insetos onde esse predador é criado a 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas e mantidas por uma geração em mudas de *Eucalyptus* spp. (Myrtaceae) no campo. Posturas e ninfas, de primeiro estágio, da segunda geração de *P. nigrispinus* em eucalipto foram mantidas em placas de Petri (9,0 x 1,2 cm) com um chumaço de algodão embebido em água destilada (Lemos *et al.* 2006; Ramalho *et al.* 2008; Soares *et al.* 2009a).

Montagem do experimento

Trezentas ninfas de *P. nigrispinus*, no início do segundo estágio, foram transferidas para 30 sacos de tecido branco de organza (20 x 30 cm) envolvendo folhas de *Eucalyptus* spp. no campo (Lemos *et al.* 2006).

Os tratamentos foram ninfas de *P. nigrispinus* alimentadas com pupas de *T. molitor* parasitadas por *P. elaeisis* (T1); ninfas de *P. nigrispinus* com pupas

parasitadas e sadias em proporções equivalentes (1:1) (T2) e ninfas de *P. nigrispinus* com pupas sadias (T3).

Os tratamentos T1 e T2 receberam pupas de *T. molitor* com seis à 18 dias após o parasitismo (representando os estágios larval e pupal do parasitóide no interior do hospedeiro). As presas foram trocadas quando se encontravam secas ou quando ocorria à emergência de parasitóides no interior da área experimental e a água foi borrifada na superfície dos sacos de organza.

A mudança de estágio foi avaliada pela morfologia externa e presença de exúvia do predador *P. nigrispinus*, sendo a duração da fase ninfal obtida de 20 ninfas por tratamento. As ninfas tiveram, ainda, seu peso, sobrevivência e largura da cabeça (LC) observados. Os dados de peso das ninfas e LC foram obtidos a partir do terceiro estágio, imediatamente após a ecdise (< 24h), pois ninfas de *P. nigrispinus* só iniciam sua alimentação no segundo. Esses dados foram obtidos observando-se dez ninfas por tratamento. As medidas de LC foram feitas em ninfas fixadas em álcool etílico 70% com microscópio estereoscópico e ocular de medição (Matesco *et al.* 2008; 2009). Os adultos de *P. nigrispinus* emergidos foram sexados com base na genitália externa (Grazia 1986) e seu peso e LC foram obtidos. A razão sexual foi calculada com a fórmula $RS = \frac{\text{número de fêmeas}}{\text{número de machos} + \text{número de fêmeas}}$.

Análises estatísticas

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado. As curvas de sobrevivência da fase ninfal de *P. nigrispinus* foram determinadas com o modelo Kaplan-Meier utilizando-se o programa BioEstat 5.0. Os demais dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com o sistema de Análises Estatísticas (SAEG) 9.0 (Gomes 1985).

Resultados

O período ninfal de *P. nigrispinus* foi de seis e oito dias maior no tratamento T1 que nos T2 e T3 respectivamente, mas a duração dos estágios I e

V foi semelhante entre os tratamentos (Tabela 1). Nos T2 e T3 o período ninfal observado foi semelhante entre tratamentos (Tabela 1).

A curva de sobrevivência das ninfas de *P. nigrispinus* foi maior no tratamento T1 e semelhante nos T2 e T3 sendo superior a 84% em todos os tratamentos (Figura 1).

Ninfas do IV e V estágio e adultos de *P. nigrispinus*, do tratamento T1, apresentaram menor massa corpórea que aqueles do T3 (Tabela 2). Já ninfas desse predador com pupas parasitadas e sadias de *T. molitor* (T2) apresentaram massa corpórea intermediária entre os T1 e T3 (Tabela 2).

A largura da cabeça de *P. nigrispinus* foi semelhante entre tratamentos (Tabela 3).

A razão sexual de *P. nigrispinus* foi de 0,6, 0,45 e 0,5 nos tratamentos T1, T2 e T3, respectivamente.

Discussão

A maior duração da fase ninfal de *P. nigrispinus*, com pupas parasitadas por *P. elaeisis*, mostra que a competição intensa entre esses inimigos naturais pode prejudicar o predador. *Podisus nigrispinus* atingindo a fase adulta com períodos ninfais mais curtos pode, conseqüentemente, se reproduzir mais cedo e com maior número de gerações por ano. A duração semelhante do primeiro estágio de *P. nigrispinus* pode ser explicada pelo fato de as ninfas consumirem, nessa etapa, apenas água e restos do córion (da Silva *et al.* 2009). A partir do segundo estágio, o maior tempo entre ecdises para ninfas com presas parasitadas concorda com o aumento em, cerca, de 36% do segundo estágio de *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae), com ovos de *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae) parasitados por *Trichogramma brassicae* (Bezdenko) (Hymenoptera: Trichogrammatidae) indicando que esse alimento não é adequado para esse predador (Oliveira *et al.* 2004). A semelhança entre tratamentos no quinto instar pode ser explicada pelo fato do inseto se encontrar no final da fase jovem.

O parasitismo por *P. elaeisis* pode induzir mudanças em pupas de *T. molitor* e o predador *P. nigrispinus* modifica seu consumo nestas presas. O inseto parasitado tem características bioquímicas, fisiológicas e ecológicas diferentes de seus co-específicos sadios (Brodeur & Boivin 2004). Um fator a ser considerado é o “stress” metabólico dos hospedeiros provocado pelas necessidades nutricionais dos parasitóides (Thompson 1990). Os imaturos de *P. elaeisis* poderiam requerer nutrientes específicos de seus hospedeiros, que seriam consumidos e metabolizados pelo parasitóide, o que desbalancearia nutricionalmente a pupa de *T. molitor*. Isto foi observado para endoparasitóides solitários, quando o primeiro se desenvolve e utiliza a maioria dos nutrientes do hospedeiro e mata as espécies de inimigos naturais que tentam se alimentar, posteriormente, por inanição (Vinson & Hegazi 1998).

Pupas parasitadas de *T. molitor* poderiam apresentar menor qualidade nutricional e, conseqüentemente, retardar o ciclo de *P. nigrispinus*, pois este inimigo natural precisaria de maior período de tempo e maior número de presas para acumular reservas energéticas, aumentar seu tamanho e realizar a ecdise. Além disso, a fêmea de *P. elaeisis* poderia, ao ovipositar, injetar fatores de supressão fisiológica aos competidores e modificar o metabolismo de seu hospedeiro. O modo como essas toxinas são injetadas no hospedeiro, pelas fêmeas parasitóides durante a oviposição, não é claro, mas alguns estudos sugerem que sejam enzimas citolíticas (Beckage 1993; De Moraes & Mescher 2005). Vírus Polydnviridae, em Ichneumonidae e Braconidae são injetados nos hospedeiros e essenciais para o sucesso desses parasitóides (Pasquier-Barre *et al.* 2002). Esses vírus se multiplicam, exclusivamente, nos ovários de fêmeas parasitóides e são injetados durante a oviposição. Depois de injetadas, as partículas virais entram nas células do hospedeiro e seus genes passam a ser expressos, causando alterações fisiológicas como quebra da defesa imunológica, atraso no crescimento e inibição da metamorfose do hospedeiro (Shelby & Webb 1999; Pasquier-Barre *et al.* 2002). Larvas de parasitóides podem secretar e liberar toxinas na hemolinfa do hospedeiro, como relatado para *Campoletis sonorensis* (Cameron) (Hymenoptera: Ichneumonidae) (Vinson & Hegazi 1998).

Parasitóides imaturos podem, também, liberar células, denominadas teratócitos, na cavidade do corpo dos hospedeiros para desestabilizar o sistema imunológico, levar substâncias ou captar nutrientes da hemolinfa e secretar compostos como enzimas digestivas ou manipuladores da fisiologia do hospedeiro (Godfray 1994; Vinson & Hegazi 1998). Essas modificações nutricionais e fisiológicas de hospedeiros parasitados mostram que poderiam ser presas inadequadas para ninfas de *P. nigrispinus*, que as consumiriam em menores quantidades e com alterações na sua biologia.

A alta sobrevivência de ninfas de *P. nigrispinus*, em todos os tratamentos, mostra que mesmo alteradas, fisiológica e nutricionalmente, as presas parasitadas permitem a manutenção das necessidades vitais das ninfas predadoras. No entanto, ninfas de *P. maculiventris* morreram no terceiro estágio com ovos de *E. kuheniella* contendo pupas de *T. brassicae* (Oliveira *et al.* 2004). A sobrevivência de *P. nigrispinus*, alimentando-se de pupas de *T. molitor* parasitadas por *P. elaeisis* pode se dever à combinação dessas presas com plantas de *Eucalyptus* spp.. Ninfas de *P. maculiventris* não receberam plantas no trabalho de Oliveira *et al.* (2004) e predadores do gênero *Podisus* possuem atividade zoofitófica, ou seja, consomem presas, e utilizam plantas como suplemento alimentar (Coll & Guershon 2002; Zanuncio *et al.* 2004). Assim, a alimentação em plantas de *Eucalyptus* spp. poderia diminuir as deficiências nutricionais do desbalanço das presas parasitadas. A qualidade da planta hospedeira pode melhorar o desenvolvimento e fecundidade de Arthropoda (Awmack & Leather 2002) e o tamanho, sobrevivência e a densidade populacional dos inimigos naturais não, estritamente, carnívoros (Bottrell *et al.* 1998; Evangelista Jr. *et al.* 2003). A zoofitofagia permite à Heteroptera predadores se manterem em condições de escassez de presas (Coll & Guershon 2002; De Clercq 2002) ou, em alta competição intraguilda. Por outro lado, as menores curvas de sobrevivência das ninfas de *P. nigrispinus* dos tratamentos T2 e T3 podem ser explicadas pelo fato desses predadores, possivelmente, gastarem mais energia e enzimas digestivas matando todas as presas vivas que lhes foram oferecidas. *Podisus nigrispinus* em criações massais mata as presas oferecidas antes de consumi-las,

mesmo que não possa consumir todas, sendo comum a observação de pupas apodrecidas e não consumidas (observações pessoais).

A menor massa corpórea de ninfas e adultos de *P. nigrispinus*, no tratamento com presas parasitadas (T1) indica subnutrição do predador. Isto é importante, pois a massa corpórea tem correlação positiva com a fecundidade de fêmeas de percevejos predadores (Oliveira *et al.* 2003, 2005). A massa corpórea de machos é, também, importante, pois o número de ovos férteis de fêmeas de *Nezara viridula* (Linnaeus) (Heteroptera: Pentatomidae) foi maior com machos de maior massa corpórea (McClain *et al.* 1991). No entanto, a massa corpórea intermediária de ninfas e adultos de *P. nigrispinus*, no tratamento T2, indica que níveis de competição equilibrados com parasitóides, no ambiente florestal, podem ter menores impactos no desenvolvimento e reprodução desse predador.

A LC semelhante de adultos de *P. nigrispinus* nos três tratamentos mostra que, mesmo em intensa competição por alimento com parasitóides, a morfometria dos adultos de *P. nigrispinus* é mantida como uma característica intrínseca da espécie e pode ser usada para a taxonomia. Características morfométricas podem diferenciar estádios de insetos (Galvão *et al.* 2005) e auxiliar na separação de espécies, pois *Podisus distinctus* (Stal) (Heteroptera: Pentatomidae) tem maiores comprimento e largura totais, pronoto mais comprido e largo e cabeça menor e mais larga que *P. nigrispinus* (Pires *et al.* 2009). No entanto, machos de *Coccinella septempunctata* (Linnaeus) (Coleoptera: Coccinellidae) alimentados com afídeos contaminados pelo fungo *Neozygites fresenii* (Nowakowski) (Entomophthorales: Neozygitaceae) tem menor largura total e tamanho da tíbia que daqueles com presas sadias (Simelane *et al.* 2008), mostrando que a predação intraguilddade pode reduzir parâmetros morfométricos em outras espécies predadoras.

A maior razão sexual de *P. nigrispinus*, em intensa competição com o parasitóide *P. elaeisis*, corrobora o relatado para ninfas desse predador, com razão sexual alterada para 0,65 ao se alimentar de lagartas de segundo estágio de *Chlosyne lacinia saundersii* (Doubleday & Hewitson) (Lepidoptera: Nymphalidae), uma presa inadequada para esse predador por ter mecanismos

eficientes de defesa contra a predação (da Silva *et al.* 2009). Possivelmente, os machos de *P. nigrispinus* são mais sensíveis à subnutrição e apresentam maior taxa de mortalidade que as fêmeas em condições adversas.

Conclusões

Podisus nigrispinus pode coexistir com *P. elaeisis* e ter reduzido impacto no desempenho de suas ninfas por esse competidor. Ninfas de *P. nigrispinus*, em intensa competição com imaturos de *P. elaeisis*, têm seu ciclo aumentado em, até, oito dias, mas sua sobrevivência permanece alta. A massa corpórea das ninfas e adultos de *P. nigrispinus* foi menor com pupas parasitadas, possivelmente, pela baixa qualidade e reduzido consumo dessas pupas, mas seus adultos mantiveram a largura da cabeça característica da espécie.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelas bolsas e auxílios concedidos.

Referências

- Awmack CS, Leather SR. 2002. Host plant quality and fecundity in herbivorous insects. *Annual Review of Entomology* 47: 817–44.
- Beckage NE. 1993. Endocrine and neuroendocrine host-parasite relationships. *Receptor* 3: 1–13.
- Bottrell DG, Barbosa P, Gould F. 1998. Manipulating natural enemies by plant variety selection and modification: a realistic strategy? *Annual Review of Entomology* 43: 347–67.
- Brodeur J, Boivin G. 2004. Functional ecology of immature parasitoids. *Annual Review of Entomology* 49: 27–49.
- Coll M, Guershon M. 2002. Omnivory in terrestrial arthropods: Mixing plant and prey diets. *Annual Review of Entomology* 47: 267–297.

- Da Silva CAD, Zanuncio TV, Cunha BG, Canevari GC, Zanuncio JC, Serrão JE. 2009. Development and survival of nymphs of *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) fed with caterpillars of *Chlosyne lacinia saundersii* (Lepidoptera: Nymphalidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 52: 105-109.
- Dall'Oglio, OT, Zanuncio JC, Freitas FA, Pinto R. 2003. Himenópteros parasitóides coletados em povoamentos de *Eucalyptus grandis* e mata nativa em Ipaba, estado de Minas Gerais. *Ciência Florestal* 13: 123-129.
- De Clercq P. 2002. Dark clouds and their silver linings: exotic generalist predators in augmentative biological control. *Neotropical Entomology* 31(2): 169-176.
- De Moraes CM, Mescher MC. 2005. Intrinsic competition between larval parasitoids with different degrees of host specificity. *Ecological Entomology* 30: 564-570.
- Evangelista Jr. WS, Gondim Jr. MGC, Torres JB, Marques EJ. 2003. Efeito de plantas daninhas e do algodoeiro no desenvolvimento, reprodução e preferência para oviposição de *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae). *Neotropical Entomology* 32: 677-684.
- Fritz RS. 1982. Selection for host modification by insect parasitoids. *Evolution* 36: 283-88.
- Galvão C, McAloon FM, Rocha DS, Schaefer CW, Patterson J, Juberg J. 2005. Description of eggs and nymphs of *Linshcosteus karupus* (Hemiptera: Reduviidae: Triatominae). *Annals of the Entomological Society of America* 98: 861-872.
- Godfray HCJ. 1994. Parasitoids, behavioral and evolutionary ecology. Princeton: Princeton University Press, 473 p.
- Gomes JM. 1985. SAEG 3.0: Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas. Viçosa, Imprensa Universitária, 105p.
- Grazia J. 1986. Sobre os tipos de Pentatomidae (Heteroptera) descritos por A.A. Piran e depositados no "Museo Argentino de Ciencias Naturales Bernardino Rivadavia". *Revista Brasileira de Entomologia* 30: 51-56.

- Lemos WP, Ramalho FS, Serrão JE, Zanuncio JC, Bauce E. 2006. Diet affects reproduction and number of oocytes per ovary of the predator *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae). *Animal Biology* 56: 279-287.
- Matesco VC, Schwertner CF, Grazia J. 2008 Immature stages of *Chinavia musiva* (Berg, 1878): a unique pattern in the morphology of *Chinavia* Orian, 1965 (Hemiptera, Pentatomidae). *Journal of Natural History* 42: 1749-1763.
- Matesco VC, Schwertner CF, Grazia J. 2009. Morphology of the immatures and biology of *Chinavia longicorialis* (Breddin) (Hemiptera: Pentatomidae). *Neotropical Entomology* 38: 74-82.
- McClain DK. 1991. Heritability of size: a positive correlate of multiple fitness components in the Southern green stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Annals of the Entomological Society of America* 84: 174-178.
- Oliveira I, Zanuncio JC, Serrão JE, Pereira JMM. 2003. Reproductive potential of the predator *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) affected by female body weight. *Acta Scientiarum* 25: 49-53.
- Oliveira HN, De Clercq P, Zanuncio JC, Pratissoli D, Pedruzzi EP. 2004. Nymphal development and feeding preference of *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae) on eggs of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Pyralidae) parasitised or not by *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Brazilian Journal of Biology* 64: 459-463.
- Oliveira I, Zanuncio JC, Serrão JE, Zanuncio TV, Pinon TBM, Fialho MCQ. 2005. Effect of female weight on reproductive potential of the predator *Brontocoris tabidus* (Signoret, 1852) (Heteroptera: Pentatomidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 48: 295-301.
- Pasquier-Barre F, Dupuy C, Huguet E, Monteiro F, Moreau A, Poirié M, Drezen JM. 2002. Polydnavirus replication: the EP1 segment of the parasitoid wasp *Cotesia congregata* is amplified within a larger precursor molecule. *Journal of General Virology* 83: 2035-2045.
- Pereira FF, Zanuncio TV, Zanuncio JC, Pratissoli D, Tavares MT. 2008. Species of Lepidoptera defoliators of Eucalyptus as new host for the parasitoid

- Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 51: 259-262.
- Pereira FF, Zanuncio JC, Serrão JE, Zanuncio TV, Pratissoli D, Pastori PL. 2010. The density of females of *Palmistichus elaeisis* Delvare and LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae) affects their reproductive performance on pupae of *Bombyx mori* L. (Lepidoptera: Bombycidae). *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 82: 323-331.
- Pires EM, Pinto R, Soares MA, Santos GP, Zanuncio TV, Zanuncio JC. 2009. Produção de Percevejos Predadores. Visconde do Rio Branco, MG: Gráfica Suprema Editora. 56p.
- Quicke DLJ. 1997. Parasitic wasps. Chapman & Hall, London. 470p.
- Ramalho FS, Mezzomo JA, Lemos WP, Bandeira CM, Malaquia JB, Silva JPS, Leite GLD, Zanuncio JC. 2008. Reproductive strategy of *Podisus nigrispinus* females under different feeding intervals. *Phytoparasitica* 36: 30-37.
- Shelby KS, Webb BA. 1999. Polydnavirus-mediated suppression of insect immunity. *Journal of Insect Physiology* 45: 507-514.
- Simelane DO, Steinkraus DC, Kring TJ. 2008. Predation rate and development of *Coccinella septempunctata* L. influenced by *Neozygites fresenii*-infected cotton aphid prey. *Biological Control* 44: 128-135.
- Soares MA, Zanuncio JC, Leite GLD, Wermelinger ED, Serrão JE. 2009a. Does *Thyriniteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) use different defense behaviours against predators? *Journal of Plant Diseases and Protection* 116: 30-33.
- Soares MA, Torres-Gutierrez C, Zanuncio JC, Pedrosa ARP, Lorenzon AS. 2009b. Superparasitismo de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) y comportamiento de defensa de dos hospederos. *Revista Colombiana de Entomología* 35: 62-65.
- Soares MA, Leite GLD, Zanuncio JC, Rocha SL, de Sá VGM, Serrão JE. 2007. Flight capacity, parasitism and emergence of five *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) species from forest areas in Brazil. *Phytoparasitica* 35: 314-318.

- Thompson SN. 1990. Physiological alterations during parasitism and their effects on host behaviour. In: Barnard CJ, Behnke JM, (eds.) Parasitism and host behaviour. Taylor & Francis Ltd., London. pp. 64-94.
- Vinson SB, Hegazi EM. 1998. A possible mechanism for the physiological suppression of conspecific eggs and larvae following superparasitism by solitary endoparasitoids. *Journal of Insect Physiology* 44: 703–712.
- Zanuncio JC, Alves JB, Zanuncio TV, Garcia JF. 1994. Hemipterous predators of eucalypt defoliator caterpillars. *Forest Ecology and Management* 65: 65-73.
- Zanuncio JC, Lacerda MC, Zanuncio Junior JS, Zanuncio TV, Silva AMC, Espindula MC. 2004. Fertility table and rate of population growth of the predator *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) on one plant of *Eucalyptus cloeziana* in the field. *Annals of Applied Biology* 144: 357-361.
- Zanuncio JC, Pereira FF, Jacques GC. 2008. *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae), a new alternative host to rear the pupae parasitoid *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae). *The Coleopterists Bulletin* 62: 64–66.

Tabela 1. Duração em dias (média $\pm$ erro padrão) dos I, II, III, IV e V estádios e da fase ninfal de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) alimentados com pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) parasitadas por *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) (T1); parasitadas e sadias em proporções equivalentes (1:1) (T2) e sadias (T3). Viçosa, Minas Gerais, Brasil

Estádios	Duração (dias)		
	T1 (parasitadas)	T2 (1:1)	T3 (sadias)
I ^{ns}	3,05 $\pm$ 0,17	2,80 $\pm$ 0,89	2,50 $\pm$ 0,17
II	4,90 $\pm$ 0,12a	4,30 $\pm$ 0,34ab	3,70 $\pm$ 0,36 b
III	5,75 $\pm$ 0,28a	4,10 $\pm$ 0,32 b	3,60 $\pm$ 0,32 b
IV	5,90 $\pm$ 0,46a	3,70 $\pm$ 0,32 b	3,80 $\pm$ 0,43 b
V ^{ns}	6,55 $\pm$ 0,41	5,35 $\pm$ 0,58	4,85 $\pm$ 0,49
Fase ninfal	26,15 $\pm$ 1,39a	20,25 $\pm$ 1,82 b	18,45 $\pm$ 1,71 b

Médias seguidas de diferentes letras, por linha, diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. ^{ns} não significativo.

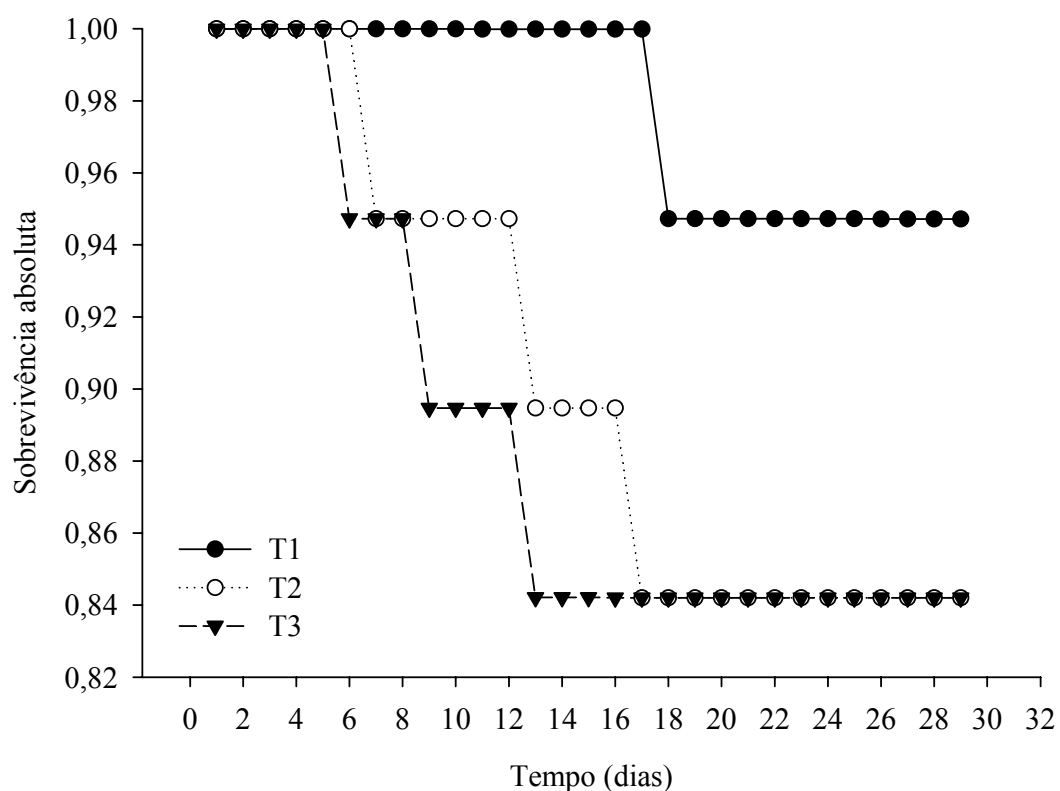


Figura 1. Curvas de sobrevivência, obtidas com o estimador Kaplan-Meier, de ninfas de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) alimentadas com pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) parasitadas por *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) (T1); parasitadas e sadias em proporções equivalentes (1:1) (T2) e sadias (T3). Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Tabela 2. Massa corpórea de ninfas em mg (média $\pm$ erro padrão) nos III, IV e V estádios de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) alimentados com pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) parasitadas por *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) (T1); parasitadas e sadias em proporções equivalentes (1:1) (T2) e sadias (T3). Viçosa, Minas Gerais, Brasil

Estádios	Massa corpórea (mg)		
	T1 (parasitadas)	T2 (1:1)	T3 (sadias)
III ^{ns}	4,56 $\pm$ 0,86	6,50 $\pm$ 0,82	4,46 $\pm$ 0,79
IV	10,47 $\pm$ 2,94 b	19,78 $\pm$ 2,93ab	21,93 $\pm$ 3,65a
V	19,69 $\pm$ 3,03 b	22,28 $\pm$ 6,63 b	49,41 $\pm$ 6,21a
Fêmeas	61,73 $\pm$ 2,00 b	68,46 $\pm$ 2,71ab	76,45 $\pm$ 2,45a
Machos	31,45 $\pm$ 5,39 b	49,55 $\pm$ 1,31a	48,10 $\pm$ 1,65a

Médias seguidas de diferentes letras, por linha, diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. ^{ns} não significativo.

Tabela 3. Largura da cabeça (LC) de ninfas em mm (média $\pm$ erro padrão) nos III, IV e V estádios e de adultos recém emergidos de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) alimentados com pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) parasitadas por *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) (T1); parasitadas e sadias em proporções equivalentes (1:1) (T2) e sadias (T3). Viçosa, Minas Gerais, Brasil

Estádios	Largura da cabeça (mm)		
	T1 (parasitadas)	T2 (1:1)	T3 (sadias)
III ^{ns}	0,87 $\pm$ 0,10	0,97 $\pm$ 0,01	0,99 $\pm$ 0,01
IV ^{ns}	1,13 $\pm$ 0,18	1,30 $\pm$ 0,14	1,27 $\pm$ 0,14
V ^{ns}	1,64 $\pm$ 0,18	1,31 $\pm$ 0,29	1,94 $\pm$ 0,04
Fêmeas ^{ns}	1,92 $\pm$ 0,21	1,82 $\pm$ 0,20	1,77 $\pm$ 0,20
Machos ^{ns}	1,76 $\pm$ 0,20	1,70 $\pm$ 0,19	1,69 $\pm$ 0,19

Médias seguidas de mesma letra, por linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. ^{ns} não significativo.

Capítulo V

Reprodução e tabela de vida de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) com presas parasitadas por *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae)

Reprodução e tabela de vida de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) alimentado com presas parasitadas por *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae)

Resumo

Podisus nigrispinus (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) é produzido e liberado para o controle de lepidópteros em plantios de eucalipto no Brasil onde poderia competir por recursos com parasitóides nativos como *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae). O objetivo foi avaliar a reprodução e os parâmetros da tabela de vida de *P. nigrispinus* com pupas do hospedeiro alternativo *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae) parasitadas por *P. elaeisis*. Os tratamentos foram ninfas de *P. nigrispinus* alimentadas com pupas de *T. molitor* parasitadas por *P. elaeisis* (T1); ninfas de *P. nigrispinus* com pupas parasitadas ou sadias em proporções equivalentes (1:1) (T2) e ninfas de *P. nigrispinus* com pupas sadias (T3). Após a emergência, os adultos de *P. nigrispinus* receberam a mesma dieta das ninfas que os originaram, foram sexados e acasalados em sacos brancos de organza envolvendo folhas de eucalipto. Os números de ovos e de ninfas, a duração dos períodos de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição, longevidade, viabilidade dos ovos, período de incubação dos ovos, números de ovos e de ninfas por postura, total de posturas, taxa de oviposição e de eclosão de ninfas por fêmea de *P. nigrispinus* foram avaliados diariamente. *Podisus nigrispinus* apresentou menores números de ovos por fêmea, posturas, período de oviposição, viabilidade e longevidade de machos no tratamento T1. As taxas líquidas de reprodução (R_0) foram menores no tratamento T1 e semelhantes nos T2 e T3. A taxa intrínseca de crescimento (rm) e a razão finita de aumento (λ) foram menores no tratamento T1, intermediárias no T2 e maiores no T3. As curvas de fertilidade específica (mx) de *P. nigrispinus* mostraram maiores picos de produção de fêmeas no tratamento T3. A competição com parasitóides pode afetar a reprodução, sobrevivência e tabelas de vida de *P. nigrispinus*, mas, competições equilibradas geram menor impacto nesse predador.

Palavras chave: Competição, fertilidade, taxas de crescimento populacional

Introdução

Insetos desfolhadores, não controlados com inseticidas ou outros meios, podem reduzir a produção econômica de culturas agrícolas e florestais (Soares *et al.* 2009a). O controle biológico tem sido utilizado no manejo integrado de pragas, por seu menor custo, permanência no campo e menor efeito no ambiente (Day 2005).

No entanto, a segurança do controle biológico aplicado tem sido questionada, pois os inimigos naturais podem não ser específicos, atacar espécies não-alvo e eliminar inimigos naturais menos eficientes (Day 2005). Esses questionamentos, especialmente o último, têm sido levantados para a introdução de predadores, parasitóides e/ou entomopatógenos. O predador *Coccinella septempunctata* Linnaeus (Coleoptera: Coccinellidae) apresentou menor desenvolvimento e reprodução ao se alimentar de afídeos contaminados com o fungo patogênico *Neozygites fresenii* (Nowakowski) (Entomophthorales: Neozygitaceae) (Simelane *et al.* 2008). *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae) preferiu atacar larvas de *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae) parasitadas por *Cotesia plutellae* (Kurdjumov) (Hymenoptera: Braconidae) que presas saudáveis, sendo considerado um predador potencial intraguilda desse parasitóide (Herrick *et al.* 2008). *Catolaccus grandis* (Burks) (Hymenoptera: Pteromalidae) e *Bracon vulgaris* (Ashmead) (Hymenoptera: Braconidae) competem por larvas de *Anthonomus grandis* (Boheman) (Coleoptera: Curculionidae) em algodoeiro. *Catolaccus grandis* apresentou melhores parasitismo e sobrevivência no hospedeiro alternativo *Euscepes postfasciatus* (Fairmaire) (Coleoptera: Curculionidae) que *B. vulgaris*, mas, não excluiu a segunda espécie de parasitóide (Ramalho *et al.* 2007).

O manejo integrado de lepidópteros em plantios de eucalipto no Brasil inclui a produção e liberação do predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae). Esse predador poderia competir com populações de

parasitóides nativos, como *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle e *Trichospilus diatraeae* (Cherian & Margabandhu) (Hymenoptera: Eulophidae) em ambientes florestais (Dall'Oglio *et al.* 2003; Pereira *et al.* 2008ab).

Este estudo objetivou avaliar a reprodução e os parâmetros da tabela de vida de adultos de *P. nigrispinus* com pupas do hospedeiro alternativo *Tenebrio molitor* (Linnaeus) (Coleoptera: Tenebrionidae) parasitadas por *P. elaeisis*.

Materiais e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Controle Biológico de Insetos e no Insetário do Departamento de Biologia Animal (DBA) da Universidade Federal de Viçosa (UFV) em Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Obtenção de pupas parasitadas de *Tenebrio molitor*

Pupas do hospedeiro alternativo *T. molitor* foram obtidas da criação massal do Insetário da Universidade Federal de Viçosa, onde são criadas à temperatura de 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas. Essas pupas, com menos de 24 horas de idade foram individualizadas em tubos de vidro (14 x 2,2 cm) e expostas ao parasitismo por seis fêmeas de *P. elaeisis*, cada uma (Soares *et al.* 2009b), sem experiência prévia de oviposição, por 24 horas. A seguir, as fêmeas de *P. elaeisis* foram retiradas dos tubos (Pereira *et al.* 2008a; Zanuncio *et al.* 2008).

Obtenção das ninfas de *Podisus nigrispinus*

Ninfas de *P. nigrispinus* foram obtidas da criação massal do Laboratório de Controle Biológico de Insetos onde são mantidas a 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas e criadas por uma geração em mudas de *Eucalyptus* spp. (Myrtaceae). Posturas e ninfas, de primeiro estágio, da segunda geração de *P. nigrispinus* em *Eucalyptus* spp. foram mantidas em placas de Petri (9,0 x 1,2 cm) com chumaços de algodão embebidos em água destilada (Lemos *et al.* 2006; Ramalho *et al.* 2008).

Montagem do experimento

Duzentas ninfas de *P. nigrispinus*, no início do segundo estágio, foram transferidas para 20 sacos de tecido branco de organza (20 x 30 cm) envolvendo folhas de mudas de *Eucalyptus* spp. no campo (Lemos *et al.* 2006).

Os tratamentos foram ninfas de *P. nigrispinus* alimentadas com pupas de *T. molitor* parasitadas por *P. elaeisis* (T1); ninfas de *P. nigrispinus* com pupas parasitadas ou sadias em proporções equivalentes (1:1) (T2) e ninfas de *P. nigrispinus* com pupas sadias (T3). Os tratamentos T1 e T2 receberam pupas de *T. molitor* com tempo de parasitismo entre seis e 18 dias (representando os estágios larval e pupal do parasitóide no interior do hospedeiro). Pupas de *T. molitor* foram fornecidas, de acordo com a necessidade, e a água foi borrifada na superfície dos sacos de organza.

Após a emergência, os adultos de *P. nigrispinus* receberam a mesma dieta das ninfas que os originaram. Esse predador, com menos de 24 horas de idade, foi sexado e individualizado em sacos brancos de organza (20 x 30 cm), envolvendo folhas de *Eucalyptus* spp. e acasalado aos quatro dias de idade, com um casal por saco de organza (Zanuncio *et al.* 1992). Machos de *P. nigrispinus* permaneceram com as fêmeas por cinco dias e foram afastados por 10 dias, durante todo o ciclo e aqueles que morreram antes das fêmeas foram substituídos por novos de mesma idade (Soares 2006). Os números de ovos e de ninfas, a duração dos períodos de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição, longevidade, viabilidade dos ovos, período de incubação dos ovos, números de ovos e de ninfas por postura, total de posturas, taxa de oviposição e de eclosão das ninfas por fêmea de *P. nigrispinus* foram avaliados diariamente. As posturas desse predador foram coletadas, diariamente, e acondicionadas em placas de Petri (9,0 x 1,2 cm) com um chumaço de algodão embebido em água destilada e as ninfas contadas 24 horas após sua eclosão (Ramalho *et al.* 2008).

Análises estatísticas

O delineamento experimental foi completamente casualizado, com vinte repetições, sendo uma por saco de organza. Os dados foram submetidos à análise

de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade com o Sistema de Análises Estatísticas (SAEG) (Gomes 1985). Os parâmetros da tabela de vida foram analisados com o programa SAS (SAS Institute 1999-2001) utilizando-se o modelo Jackknife (Maia *et al.* 2000) para se obter a taxa líquida de reprodução (R_o), a duração de uma geração (DG), a razão infinitesimal (rm) e finita (λ) de aumento populacional e o tempo necessário para o predador dobrar sua população em número de indivíduos (TD) sendo: a) taxa líquida de reprodução (R_o) (contribuição média de descendentes, por fêmea, para

a população) dada pela fórmula de Krebs (1994): $R_o = \sum_{x=0}^y l_x m_x$ em que l_x é a proporção de indivíduos vivos no ponto médio do intervalo da idade x e m_x a fertilidade específica; b) duração de uma geração (DG) (nascimento dos pais ao de seus descendentes) foi obtida pela fórmula de Krebs (1994): $DG = \ln(R_o) / r_m$; c) taxa intrínseca de crescimento (rm) (taxa de aumento populacional por

unidade de tempo) calculada com a equação de Lotka (1907): $\sum_{x=0}^y \exp^{-R_x} l_x m_x = 1$, onde x é a classe de idade; y , a de idade mais velha; m_x , o número de fêmeas produzidas por fêmea de idade x ; e l_x , proporção de indivíduos vivos no ponto médio do intervalo da idade x ; d) razão finita de aumento populacional (λ) (número de fêmeas adicionadas à população, por fêmea, por unidade de tempo) calculada pela fórmula de Krebs (1994): $\lambda = \text{anti log}(r_m \times 0,4343)$; e) tempo necessário para o predador dobrar sua população em número de indivíduos (TD) calculado com a fórmula de Krebs (1994): $TD = \ln(2) / r_m$.

Os valores de sobrevivência (l_x) de fêmeas de *P. nigrispinus* em função de sua fertilidade específica (m_x), a partir da emergência das mesmas, foram plotados para se descrever a produção de descendentes fêmeas por tratamento, dividindo-se a idade desse predador em classes de idade de sete dias. Os dados foram obtidos com o programa estatístico SAS (SAS Institute 1999-2001).

Resultados

O número de ovos por fêmea de *P. nigrispinus* diferiu entre tratamentos, com menores valores por fêmeas no tratamento T1. O número de ovos por postura variou entre tratamentos e com maiores valores no tratamento T3, seguidos pelos dos T2 e T1. Além disso, *P. nigrispinus* apresentou menor número de posturas por fêmea no tratamento T1 (Tabela 1).

Os períodos de pré- e pós-oviposição de *P. nigrispinus* foram semelhantes entre tratamentos, mas o de oviposição foi menor no T1. O período de incubação dos ovos de *P. nigrispinus* foi semelhante entre tratamentos, mas a viabilidade foi menor para as fêmeas do T1 (Tabela 1).

Os números de ninfas por fêmea e por postura de *P. nigrispinus* foram menores no tratamento T1. A longevidade de fêmeas desse predador foi semelhante entre tratamentos, mas a dos machos variou, sendo menor no T1 (Tabela 1).

A percentagem acumulada de ovos de *P. nigrispinus* variou, entre tratamentos, com 50 e 100% dos ovos colocados logo após o 20º e antes do 70º dia de vida das fêmeas do tratamento T1 e logo após o 30º e 100º dia para aquelas dos T2 e T3 (Figura 1). O padrão da sobrevivência e o número diário de ovos e de ninfas por fêmea de *P. nigrispinus*, também, variou entre tratamentos, com queda acentuada e menores picos para aquelas do T1 (Figura 2).

As fêmeas de *P. nigrispinus*, do tratamento T1, apresentaram menores taxas líquidas de reprodução (R_0) e as dos T2 e T3 valores semelhantes (Tabela 2).

As fêmeas predadoras do tratamento T1 apresentaram menor duração de uma geração (DG) e maior tempo para dobrar sua população em número de indivíduos (TD) (Tabela 2).

A taxa intrínseca de crescimento (rm) e a razão finita de aumento (λ) foram menores no tratamento T1, intermediárias no T2 e superiores no T3 (Tabela 2).

As curvas de fertilidade específica (mx) de *P. nigrispinus* mostraram picos em períodos semelhantes, com maior produção de fêmeas no tratamento T3, nas

classes de idade três e sete, e menores no tratamento T1 (Figura 3). A primeira interseção da curva de sobrevivência (lx) com a de fertilidade específica (mx) ocorreu nas classes de idade 10, 11 e seis nos tratamentos T1, T2 e T3, respectivamente, com probabilidade de 18, 46 e 78% dos indivíduos chegarem a essa idade (Figura 3).

Discussão

Os menores números de ovos por fêmea, por postura e de posturas por fêmea de *P. nigrispinus* no tratamento T1 podem ser explicados pela alta competição desses predadores por recursos com imaturos de *P. elaeisis*. Pupas parasitadas passam por grande *stress* metabólico, pois parasitóides imaturos consomem nutrientes específicos de seus hospedeiros durante seu desenvolvimento (Vinson & Hegazi 1998). Além disso, fêmeas parasitóides, durante a oviposição, podem injetar toxinas e vírus no hospedeiro para evitar a competição com outros inimigos naturais (Pasquier-Barre *et al.* 2002; De Moraes & Mescher 2005). Parasitóides imaturos podem, também, secretar toxinas na hemolinfa do hospedeiro como relatado para larvas de *Campoletis sonorensis* (Cameron) (Hymenoptera: Ichneumonidae) (Vinson & Hegazi 1998). Estas modificações tornam uma presa parasitada bioquímica, fisiológica e ecologicamente distinta de seus co-específicos sadios (Brodeur & Boivin 2004) e os menores números de ovos e posturas por fêmea de *P. nigrispinus* sugerem que as presas parasitadas por *P. elaeisis* possuem menor qualidade para este predador. *Podisus nigrispinus* reduziria o uso da energia para reprodução, o que melhoraria sua sobrevivência e permanência no sistema florestal (Molina-Rugama *et al.* 1998). Dessa forma, *P. nigrispinus* reduz seu esforço reprodutivo para favorecer sua longevidade como observado em outros Asopinae (Legaspi *et al.* 1996; Molina-Rugama *et al.* 2001; Mourão *et al.* 2003). Este fenômeno é conhecido como “trade-off” fisiológico e consiste na necessidade de um organismo em alocar a energia para dois ou mais processos que competem por recursos limitados em um mesmo indivíduo (Stearns 1994). Esse “trade-off” foi relatado para *Supputius cincticeps* (Stal) (Heteroptera: Pentatomidae) alimentado

com larvas de *T. molitor* em intervalos de um, dois, quatro, seis ou oito dias. Esse predador apresentou menores porcentagens de fêmeas com posturas, período de oviposição, número de posturas, de ovos e de ninfas com o aumento do intervalo sem presa, enquanto sua longevidade permaneceu inalterada (Mourão *et al.* 2003). O “trade-off” foi, também, observado para o predador *C. septempunctata* alimentando-se de afídeos contaminados com *N. fresenii* ou sadios. *Coccinella septempunctata* produziu maior número de ovos por dia ($43,7 \pm 0,5$) com afídeos sadios, que com aqueles infectados por esse fungo ($30,1 \pm 0,4$) (Simelane *et al.* 2008).

A longevidade semelhante de fêmeas de *P. nigrispinus* nos T1, T2 e T3 pode, também, ser explicada pelo “trade-off” fisiológico com compensação entre a longevidade e a fecundidade (redução da segunda para manter a primeira) (Mourão *et al.* 2003). Além disso, isto explica o menor número de ninfas no tratamento T1, por reduzir o número de ovos e a duração do período de oviposição em fêmeas desse tratamento.

Machos de *P. nigrispinus*, podem não apresentar compensações fisiológicas para manutenção de sua longevidade, o que explica os menores valores desse parâmetro quando alimentados com presas parasitadas (T1). Além disso, a menor viabilidade dos ovos das fêmeas do tratamento T1, possivelmente, se deve à má nutrição dos machos de *P. nigrispinus* desse tratamento. Machos com maiores massa corpórea e, conseqüente, maiores reservas energéticas, mantiveram, de forma mais eficiente, a viabilidade dos ovos de fêmeas de *Nezara viridula* (Linnaeus) (Heteroptera: Pentatomidae) em laboratório (McClain *et al.* 1991).

A maior percentagem acumulada de ovos por fêmea de *P. nigrispinus*, no tratamento T1, com 100% dos ovos depositados até o 70º dia de vida, sugere a presença de fatores estressantes para esse predador (Vivan *et al.* 2002; Soares 2006), como a alimentação exclusiva com presas de baixa qualidade nutricional (parasitadas por *P. elaeisis*). Esta situação não é a ideal, pois a distribuição de ovos por períodos mais longos aumentaria a presença do predador no ambiente, em fases diferentes do seu ciclo biológico (Zanuncio *et al.* 1992) e reduziria os

efeitos do parasitismo por *Telenomus podisi* (Ashmead) e *Trissolcus brochymenae* (Ashmead) (Hymenoptera: Scelionidae) sob seus ovos (Torres *et al.* 1997). Assim, uma taxa de oviposição melhor distribuída ao longo do ciclo, como observada nos tratamentos T2 e T3, favoreceria *P. nigrispinus* no campo.

As menores taxa líquida de reprodução (R_0), razão infinitesimal (rm) e finita de aumento populacional (λ) no tratamento T1 indicam aumento populacional de *P. nigrispinus* em, aproximadamente 98 vezes, rm de 0,11, λ de 1,12, enquanto isto foi de 240, 0,11 e 1,12 e 340, 0,12 e 1,13 nos T2 e T3, respectivamente. Esses valores representam o potencial reprodutivo intrínseco de uma espécie em uma situação específica (Rabinovich 1978; Maia *et al.* 2000; Zanuncio *et al.* 2005; 2006). Esses parâmetros foram avaliados para fêmeas de *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae) em alfafa com a presa *Trichoplusia ni* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) que apresentaram maior aumento populacional que as fêmeas de *P. nigrispinus* do T1 e menores que as do T2 e T3 (Coudron *et al.* 2002). Os menores valores de R_0 , rm e λ de *P. nigrispinus*, do tratamento T1, mostram que a intensa competição intraguildda com imaturos de *P. elaeisis*, pode reduzir as taxas de crescimento populacional desse predador, porem os valores observados foram positivos o que indica a impossibilidade de extinção local da população nesta situação específica. A redução populacional foi menos marcante no tratamento T2, onde a competição predador-parasitóide ocorre de forma equilibrada.

A menor duração de uma geração (DG) de *P. nigrispinus*, no tratamento T1, indica a possibilidade de, até, nove gerações desse predador, por um ano. No entanto, *P. nigrispinus* apresentou maior tempo para dobrar sua população em número de indivíduos (TD) no T1, o que caracteriza ciclo mais rápido do predador, com baixo acréscimo de descendentes à população por fêmea. Essa situação não é benéfica e sugere a ocorrência de fatores de estresse para o predador durante seu ciclo (Vivan *et al.* 2002; Soares 2006).

Os valores elevados da curva de fertilidade específica (mx), no tratamento T3, mostram que a competição intraguildda com *P. elaeisis* pode reduzir a fertilidade de *P. nigrispinus*, como observado nos T1 e T2. Os maiores picos de

fertilidade desse predador ocorreram no T3 e nas classes de idade três e sete (entre o 21º e 49º dias). Os picos de fertilidade do predador *S. cincticeps*, com presa e planta, foram maiores dos 42º ao 63º dias de idade (Zanuncio *et al.* 2005). Os predadores devem atingir a fertilidade específica máxima com menor idade possível, pois quanto mais tardia sua ocorrência, menor será a probabilidade do predador estar vivo naquela classe de idade (Rabinovich 1978; Zanuncio *et al.* 2005).

A maior inclinação das curvas de sobrevivência (lx) de *P. nigrispinus* a partir da classe de idade seis, no tratamento T1, se deve, possivelmente, à má nutrição dos adultos de *P. nigrispinus* desse tratamento, o que reduziu a sobrevivência desse predador. A interseção tardia da curva de sobrevivência (lx) com a de fertilidade (mx), nos tratamentos T1 e T2, é uma característica negativa para a população de *P. nigrispinus*, por indicar o ponto de maior tendência de aumento populacional para esse predador (Rabinovich 1978). A competição intraguilda com parasitóides pode atrasar a ocorrência do ponto de interseção e reduzir a probabilidade dos predadores estarem vivos no seu período de maior tendência de aumento populacional.

Conclusões

A população dos predadores se manterá com presas parasitadas ou sadias, sem risco de extinção local. A predação intraguilda intensa pode reduzir a oviposição e taxas de crescimento populacional e aumentar a mortalidade de *P. nigrispinus*. No entanto, competições equilibradas (1:1) com parasitóides têm menor impacto nesse predador. Isto pode ser esperado no campo, pois *P. nigrispinus* é um predador generalista e se alimenta de diferentes fases do ciclo biológico de suas presas, como ovos, larvas e pupas, o que facilitaria o acesso àquelas sadias.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

(CAPES) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelas bolsas e auxílios concedidos.

Referências

- Brodeur J, Boivin G. 2004. Functional ecology of immature parasitoids. *Annual Review of Entomology* 49: 27-49.
- Coudron TA, Wittmeyer J, Kim Y. 2002. Life history and cost analysis for continuous rearing of *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae) on a zoophytophagous artificial diet. *Journal of Economic Entomology* 95: 1159-1168.
- Dall'Oglio OT, Zanuncio JC, Freitas FA, Pinto R. 2003. Himenópteros parasitóides coletados em povoamentos de *Eucalyptus grandis* e mata nativa em Ipaba, estado de Minas Gerais. *Ciência Florestal* 13: 123-129.
- Day WH. 2005. Changes in abundance of native and introduced parasites (Hymenoptera: Braconidae), and of the target and non-target plant bug species (Hemiptera: Miridae), during two classical biological control programs in alfafa. *Biological Control* 33: 368–374.
- De Moraes CM, Mescher MC. 2005. Intrinsic competition between larval parasitoids with different degrees of host specificity. *Ecological Entomology* 30: 564-570.
- Gomes JM. 1985. SAEG 3.0: Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas. Viçosa, Imprensa Universitária, 105p.
- Herrick NJ, Reitz SR, Carpenter JE, O'Brien CW. 2008. Predation by *Podisus maculiventris* (Hemiptera: Pentatomidae) on *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) larvae parasitized by *Cotesia plutellae* (Hymenoptera: Braconidae) and its impact on cabbage. *Biological Control* 45: 386–395.
- Krebs CJ. 1994. Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance. 4th, New York, Harper Collins College Publishers, 801p.
- Legaspi JC, O'Neil RJ, Legaspi Jr. BC. 1996. Trade-offs in body weights, egg loads, and fat reserves of field-collected *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae). *Environmental Entomology* 25: 155-164.

- Lemos WP, Ramalho FS, Serrão JE, Zanuncio JC, Baucé E. 2006. Diet affects reproduction and number of oocytes per ovary of the predator *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae). *Animal Biology* 56: 279-287.
- Lotka AJ. 1907. Studies on the mode of growth of material aggregates. *American Journal of Science* 24: 199-216.
- Maia AHN, Luiz AJB, Campanhola C. 2000. Statistical inference on associated fertility life table parameters using Jackknife technique: Computational aspects. *Journal of Economic Entomology* 93: 511-518.
- McClain DK. 1991. Heritability of size: a positive correlate of multiple fitness components in the Southern green stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Annals of the Entomological Society of America* 84: 174-178.
- Molina-Rugama AJ, Zanuncio JC, Vinha E, Ramalho FS. 2001. Daily rate of egg laying of the predator *Podisus rostralis* (Stal, 1860) (Heteroptera, Pentatomidae) under different feeding intervals. *Revista Brasileira de Entomologia* 45: 1-5.
- Molina-Rugama AJ, Zanuncio JC, Zanuncio TV, Cecon PR, Menin E. 1998. Efecto de la escasez de alimento em la reproducción y longevidade de *Podisus rostralis* (Stal) (Heteroptera: Pentatomidae: Asopinae). *Tropical Ecology* 39: 185-191.
- Mourão SA, Zanuncio JC; Molina-Rugama, AJ, Vilela EF, Lacerda MC. 2003. Efeito da escassez de presa na sobrevivência e reprodução do predador *Supputius cincticeps* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae). *Neotropical Entomology* 32: 469-473.
- Pasquier-Barre F, Dupuy C, Huguet E, Monteiro F, Moreau A, Poirié M, Drezen JM. 2002. Polydnavirus replication: the EP1 segment of the parasitoid wasp *Cotesia congregata* is amplified within a larger precursor molecule. *Journal of General Virology* 83: 2035-2045.
- Pereira FF, Zanuncio TV, Zanuncio JC, Pratisoli D, Tavares MT. 2008a. Species of Lepidoptera defoliators of Eucalyptus as new host for the

- parasitoid *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 51: 259-262.
- Pereira FF, Zanuncio JC, Tavares MT, Pastori PL, Jacques GC, Vilela EF. 2008b. New record of *Trichospilus diatraeae* as a parasitoid of the eucalypt defoliator *Thyrinteina arnobia* in Brazil. *Phytoparasitica* 36: 304-306.
- Rabinovich JE. 1978. Ecologia de poblaciones animales. Washington: Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos, 114 p.
- Ramalho FS, da Silva AMC, Zanuncio JC, Serrão JE. 2007. Competition between *Catolaccus grandis* (Hymenoptera: Braconidae) and *Bracon vulgaris* (Hymenoptera: Braconidae), parasitoids of the boll weevil. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 50: 371-378.
- Ramalho FS, Mezzomo JA, Lemos WP, Bandeira CM, Malaquias JB, Silva JPS, Leite GLD, Zanuncio JC. 2008. Reproductive strategy of *Podisus nigrispinus* females under different feeding intervals. *Phytoparasitica* 36: 30-37.
- SAS Institute, 1999-2001. User's guide: statistics. Version G.12. SAS Institute Cary, NC, USA.
- Stearns SC. 1994. The evolution of Life Histories. Oxford: Oxford University Press. 249p.
- Simelane DO, Steinkraus DC, Kring TJ. 2008. Predation rate and development of *Coccinella septempunctata* L. influenced by *Neozygites fresenii*-infected cotton aphid prey. *Biological Control* 44: 128-135.
- Soares MA. 2006. Capacidade reprodutiva de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) com diferentes frequências de acasalamento e troca de parceiros em plantas de soja. Viçosa: UFV. Dissertação de Mestrado. 102p.
- Soares MA, Zanuncio TV, Zanuncio JC, Mielke OHH, Serrão JE. 2009a. *Euselasia mys lara* (Stichel, 1919) (Lepidoptera: Riodinidae) a potential pest on *Eucalyptus* in Brazil? *The Journal of Research on the Lepidoptera* 41: 76-83.
- Soares MA, Torres-Gutierrez C, Zanuncio JC, Pedrosa ARP, Lorenzon AS. 2009b. Superparasitismo de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera:

- Eulophidae) y comportamiento de defensa de dos hospederos. *Revista Colombiana de Entomología* 35: 62-65.
- Torres JB, Pratissoli D, Zanuncio JC. 1997. Exigências térmicas e potencial de desenvolvimento dos parasitóides *Telenomus podisi* Ashmead e *Trissolcus brochymenae* (Ashmead) em ovos do percevejo predador *Podisus nigrispinus* (Dallas). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 26: 445-453.
- Vinson SB, Hegazi EM. 1998. A possible mechanism for the physiological suppression of conspecific eggs and larvae following superparasitism by solitary endoparasitoids. *Journal of Insect Physiology* 44: 703–712.
- Vivan LM, Torres JB, Barros R, Veiga AFSL. 2002. Tasa de crecimiento poblacional del chinche depredador *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) y de la presa *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelechiidae) en invernadero. *Revista de Biología Tropical* 50: 145-153.
- Zanuncio JC, Didonet J, Santos GP, Zanuncio TV. 1992. Determinação da idade ideal para o acasalamento de fêmeas de *Podisus connexivus* Bergroth, 1891 (Hemiptera: Pentatomidae) visando uma criação massal. *Revista Árvore* 16: 362-367.
- Zanuncio JC, Pereira FF, Jacques GC, Tavares MT, Serrão JE. 2008. *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae), a new alternative host to rear the pupae parasitoid *Palmistichus elaeisis* Delvare & LaSalle (Hymenoptera: Eulophidae). *The Coleopterists Bulletin* 62: 64–66.
- Zanuncio TV, Zanuncio JC, Serrão JE, Medeiros RS, Pinon TBM, Sedyama CAZ. 2005. Fertility and life expectancy of the predator *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) exposed to sublethal doses of permethrin. *Biological Research* 38: 31-39.
- Zanuncio JC, Lemos WP, Lacerda MC, Zanuncio TV, Serrão JE, Bauce E. 2006. Age-dependent fecundity and fertility life tables of the predator *Brontocoris tabidus* (Heteroptera: Pentatomidae) under field conditions. *Journal of Economic Entomology* 99: 401-407.

Tabela 1. Parâmetros reprodutivos (média $\pm$ erro padrão) de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) alimentados com pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) parasitadas por *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) (T1); parasitadas e sadias em proporções equivalentes (1:1) (T2) e sadias (T3). Viçosa, Minas Gerais, Brasil

Parâmetros reprodutivos	Tratamentos		
	T1	T2	T3
Número de ovos por fêmea	170,63 $\pm$ 19,09 b	554,25 $\pm$ 51,27a	628,50 $\pm$ 66,02a
Número de ovos/postura	17,76 $\pm$ 6,43 c	27,66 $\pm$ 4,98 b	32,21 $\pm$ 1,19a
Número de posturas por fêmea	9,74 $\pm$ 0,93 b	20,15 $\pm$ 2,02a	19,85 $\pm$ 2,26a
Período de pré-oviposição (dias) ^{ns}	7,58 $\pm$ 0,81	6,55 $\pm$ 0,20	7,25 $\pm$ 0,26
Período de oviposição (dias)	34,10 $\pm$ 3,43 b	53,30 $\pm$ 5,69a	47,85 $\pm$ 5,55ab
Período de pós-oviposição (dias) ^{ns}	4,26 $\pm$ 0,68	2,65 $\pm$ 0,84	2,85 $\pm$ 0,75
Período de incubação dos ovos (dias) ^{ns}	3,84 $\pm$ 0,27	3,90 $\pm$ 0,26	3,75 $\pm$ 0,25
Viabilidade dos ovos (%)	0,75 $\pm$ 0,03 b	0,86 $\pm$ 0,02a	0,84 $\pm$ 0,02a
Número de ninfas por fêmea	136,42 $\pm$ 18,21 b	475,70 $\pm$ 42,64a	521,30 $\pm$ 53,82a
Número de ninfas/postura	13,47 $\pm$ 1,19 b	23,76 $\pm$ 1,11a	27,16 $\pm$ 1,00a
Longevidade de fêmeas (dias) ^{ns}	45,95 $\pm$ 3,55	62,50 $\pm$ 5,51	57,95 $\pm$ 5,98
Longevidade de Machos (dias)	35,53 $\pm$ 1,79 b	57,00 $\pm$ 6,58a	61,90 $\pm$ 5,90a

Médias seguidas de diferentes letras, por linha, diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. ^{ns} médias não significativas.

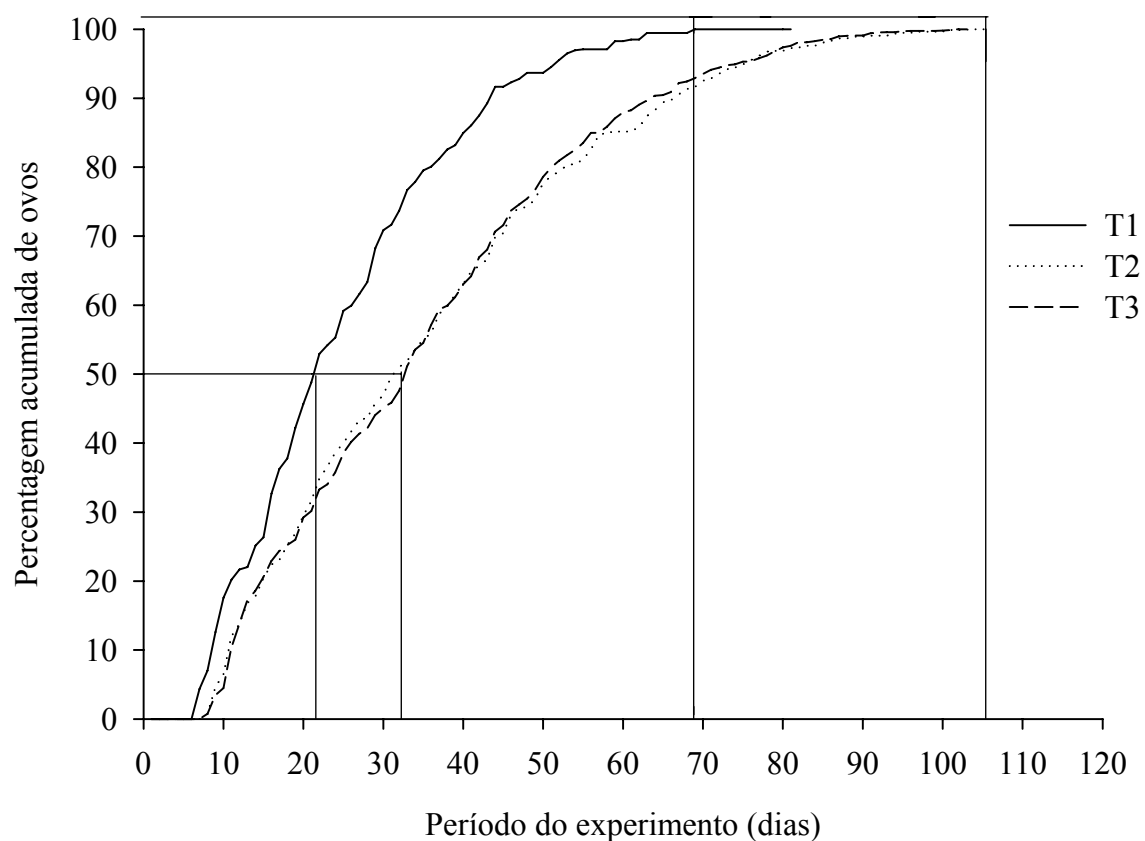


Figura 1. Percentagem de ovos por fêmea de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) alimentados com pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) parasitadas por *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) (T1); parasitadas e sadias em proporções equivalentes (1:1) (T2) e sadias (T3). Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

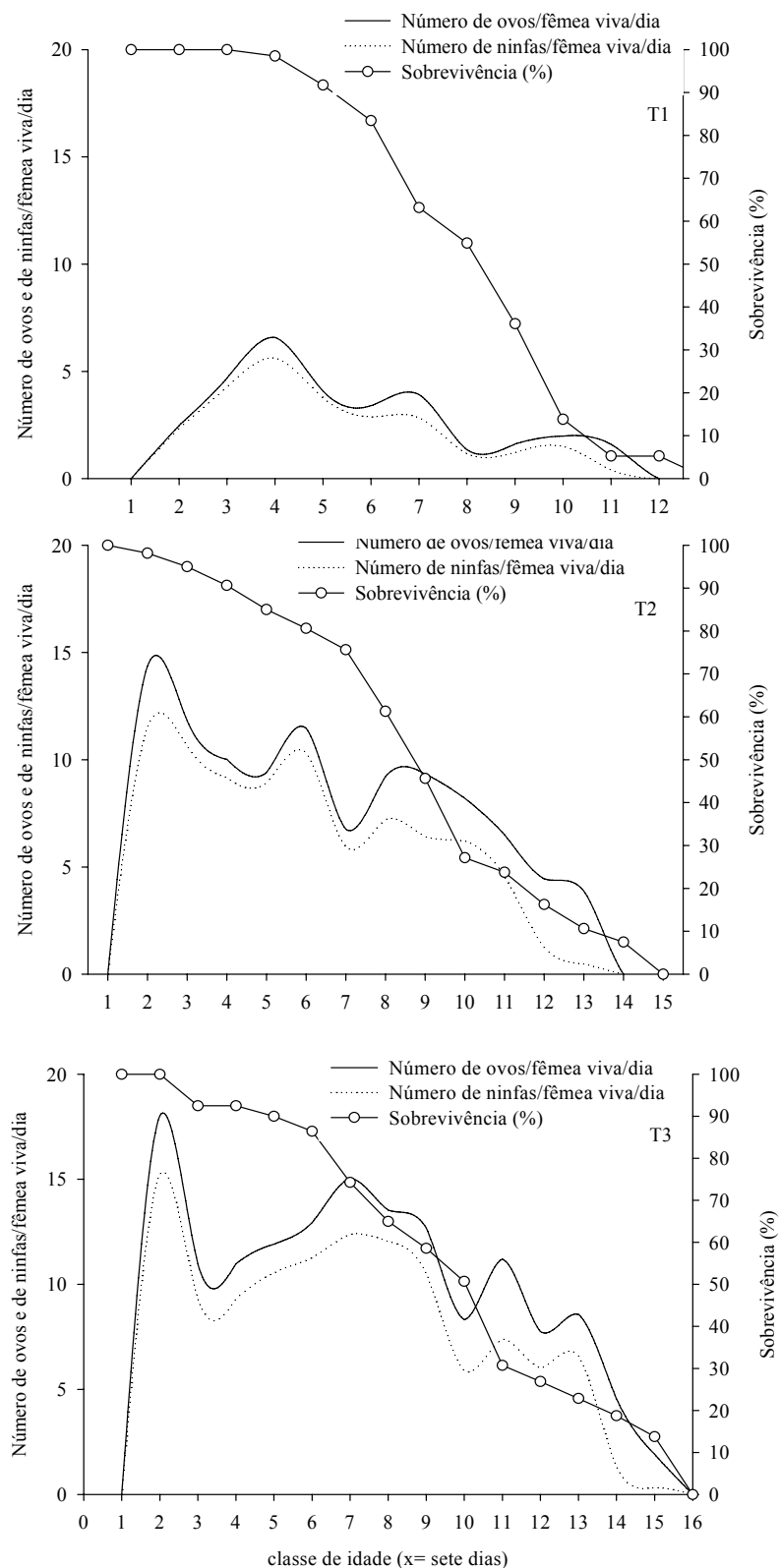


Figura 2. Sobrevivência, produção diária de ovos e ninfas por fêmea de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) alimentados com pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) parasitadas por *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) (T1), parasitadas ou sadias em proporções equivalentes (1:1) (T2) e sadias (T3). Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

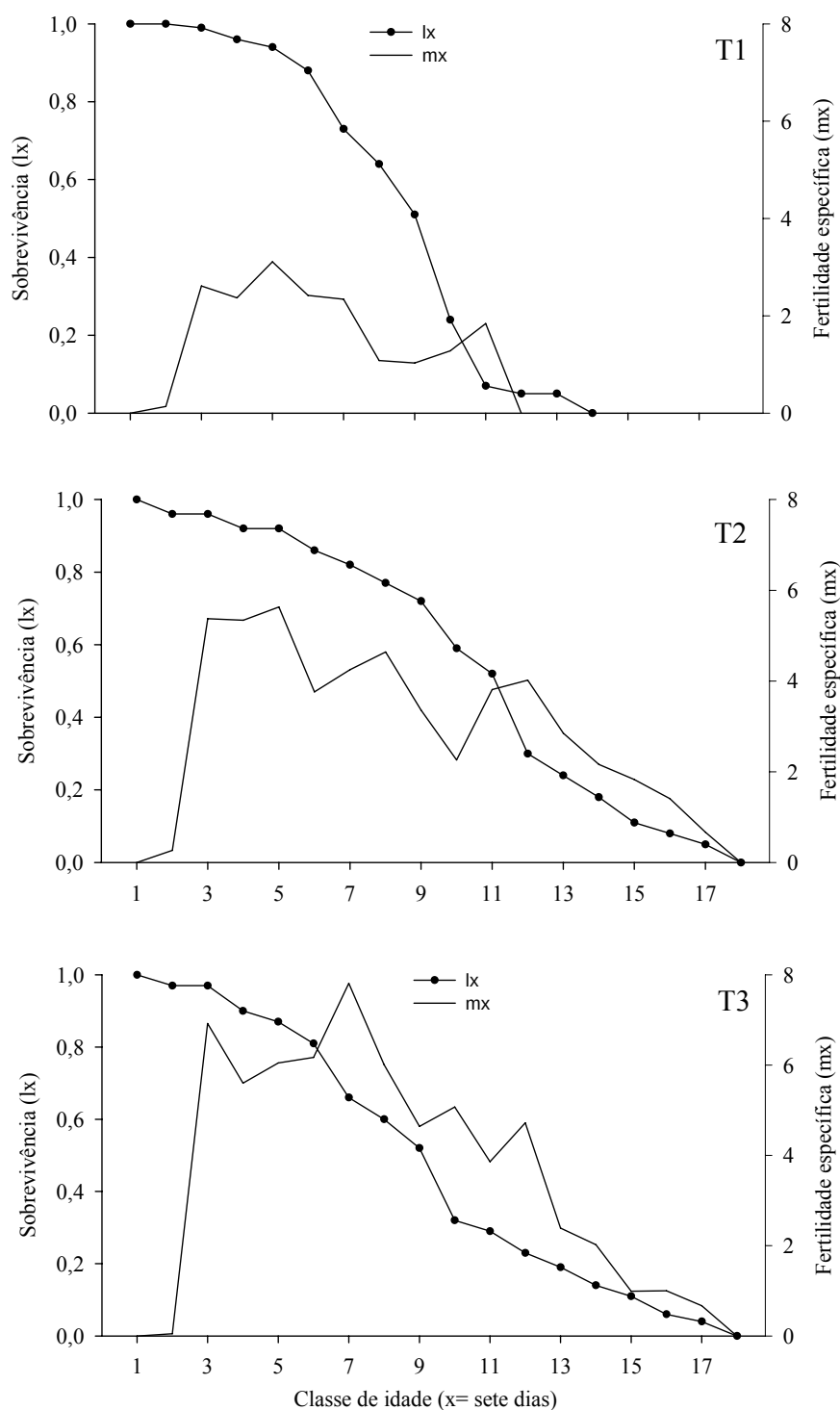


Figura 3. Sobrevivência (l_x) e fertilidade específica (m_x) do predador *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) alimentados com pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) parasitadas por *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) (T1), parasitadas ou sadias em proporções equivalentes (1:1) (T2) e sadias (T3). Viçosa, estado de Minas Gerais, Brasil.

Tabela 2. Parâmetros da tabela de vida de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) alimentados com pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) parasitadas por *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) (T1); parasitadas e sadias em proporções equivalentes (1:1) (T2) e sadias (T3). Viçosa, Minas Gerais, Brasil

Tratamentos	Parâmetros*				
	<i>Ro</i>	<i>DG</i>	<i>TD</i>	<i>rm</i>	λ
T1	98,31 $\pm$ 11,18 b	41,61 $\pm$ 1,42 b	6,27 $\pm$ 0,22a	0,11 $\pm$ 0,004 b	1,12 $\pm$ 0,004 b
T2	240,35 $\pm$ 22,48a	46,41 $\pm$ 1,72a	5,83 $\pm$ 0,18ab	0,11 $\pm$ 0,005ab	1,12 $\pm$ 0,005ab
T3	304,32 $\pm$ 31,96a	45,71 $\pm$ 2,21ab	5,54 $\pm$ 0,21 b	0,12 $\pm$ 0,005a	1,13 $\pm$ 0,005a

Médias obtidas pela técnica Jackknife seguidas de mesma letra, por coluna, não diferem pelo teste de Student a 5% de probabilidade. * Taxa líquida de reprodução (*Ro*); duração de uma geração (dias) (*DG*); tempo para duplicar sua população (dias) (*TD*); razão infinitesimal (*rm*) e razão finita (λ) de aumento populacional.

Conclusões Gerais

Podisus nigrispinus é seletivo, ao evitar presas parasitadas e, quando isso não ocorre, a predação intraguilha ocorre de forma simétrica. Os principais fatores que explicam a seletividade desse predador são os possíveis aleloquímicos liberados pelas fêmeas de *P. elaeisis* na superfície do hospedeiro no momento da oviposição e o avançado processo de deterioração dos hospedeiros parasitados, próximo à emergência dos parasitóides.

O consumo da biomassa de presas parasitadas foi menor que o das sadias e aumentou com a progressão ontogênica do parasitóide. Fêmeas de *P. nigrispinus* atingem o peso ideal (>60 mg), para maior fecundidade, mesmo se alimentando de presas parasitadas. O maior efeito da competição ou predação intraguilha no parasitóide pode ser esperado, apenas, quando *P. elaeisis* estiver na fase de pupa no interior da presa, em situações de intensa competição ou recursos limitados no campo.

A predação intraguilha pode afetar a emergência e a biologia do parasitóide *P. elaeisis*, pois o número de adultos emergidos por pupa e a razão sexual desse parasitóide diminuíram com o hospedeiro permanecendo com o predador por 48h. Isto pode refletir em menor aumento populacional no campo e menor eficiência desse parasitóide no controle biológico. Pupas hospedeiras, com parasitóides no estágio de larva, quando predadas, apresentam efeitos positivos na biologia de *P. elaeisis*, como menor ciclo (ovo-adulto) e maior longevidade de suas fêmeas.

Podisus nigrispinus pode coexistir com *P. elaeisis* e ter reduzido impacto no desempenho de suas ninfas por esse competidor. Ninfas de *P. nigrispinus*, em intensa competição com imaturos de *P. elaeisis*, têm ciclo aumentado em, até, oito dias, mas com sobrevivência alta. A menor massa corpórea de ninfas e adultos de *P. nigrispinus* com pupas parasitadas, possivelmente, deve-se a baixa qualidade e reduzido consumo dessas pupas, mas seus adultos mantiveram a largura da cabeça característica da espécie.

A predação intraguilha intensa pode, também, reduzir a oviposição e o crescimento populacional e aumentar a mortalidade de adultos de *P. nigrispinus*,

mas sem provocar a exclusão da espécie. No entanto, competições equilibradas (1:1) com parasitóides têm menor impacto em adultos desse predador. Isto pode ser esperado no campo, pois *P. nigrispinus* é um predador generalista e se alimenta de diferentes fases do ciclo biológico de suas presas, como ovos, larvas e pupas, o que facilitaria o acesso àquelas sadias.

O reduzido impacto da competição ou predação intraguilda entre *P. nigrispinus* e *P. elaeisis*, mostra que esse predador não pode excluir *P. elaeisis* da área, ou vice versa e esses inimigos naturais possuem estratégias de coexistência no mesmo habitat. Assim, esses inimigos naturais podem ser utilizados, simultaneamente, em programas de controle biológico aplicado, para suprimir surtos de lagartas desfolhadoras de essências florestais.