

FAUSTO DA COSTA MATOS NETO

**ESTUDOS SOBRE *Campoletis flavicincta* (ASHMEAD) (HYMENOPTERA:
ICHNEUMONIDAE), PARASITÓIDE DE LARVAS DE *Spodoptera frugiperda*
(SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) NA CULTURA DO MILHO (*Zea mays*)**

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

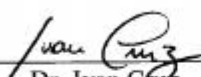
VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2002

FAUSTO DA COSTA MATOS NETO

**ESTUDOS SOBRE *Campoletis flavicincta* (ASHMEAD) (HYMENOPTERA:
ICHNEUMONIDAE), PARASITÓIDE DE LARVAS DE *Spodoptera frugiperda*
(SMITH) (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) NA CULTURA DO MILHO (*Zea mays*)**

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

APROVADA: 17 de setembro de 2002.


Dr. Ivan Cruz
(Co-Orientador)


Prof. Carlos Henrique Osório Silva
(Conselheiro)


Prof. Marcelo Coutinho Picanço


Prof. Dirceu Pratissoli


Prof. José Cola Zanuncio
(Orientador)

A Deus, pela vida.

Aos meus pais, pela dedicação, amor e pelo exemplo.

Ao Renê, pelo apoio e estímulo.

A Gicele, pelo amor, compreensão, presença e carinho.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Fitotecnia e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela oportunidade de realização deste curso e concessão da bolsa de estudo.

Ao Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS - EMBRAPA), pela acolhida e oportunidade de realização deste estudo, disponibilizando recursos humanos e materiais para a condução dos experimentos.

Ao professor José Cola Zanuncio, pela confiança, amizade, orientação, convívio, ensinamentos e estímulo ao longo deste período de convívio.

Ao pesquisador Ivan Cruz, pela confiança, amizade, orientação, convívio, ensinamentos e oportunidade de desenvolver este estudo no CNPMS.

Ao professor Carlos Henrique Osório Silva, pela orientação estatística, amizade, convívio, ensinamentos e sugestões.

Aos amigos dos cursos de Fitotecnia e Entomologia, José Milton, Miguel, Onice, Ana Margareth, Adrian, Teresinha Zanuncio, Marcos, Rosenilson, Jorge, Fernando, Francisco Amaral e outros, pelo apoio nessa caminhada. Ao pesquisador Germi Santos, pelas discussões e amizade.

À secretária da Fitotecnia, Mara Rodrigues, pela amizade e competência em na resolução dos nossos problemas.

Aos funcionários e amigos do Laboratório de Criação de Insetos (LACRI) e do Setor de Campos Experimentais do CNPMS - EMBRAPA: Antônio Eustáquio, Carlos Gomes, Célio Neves, Geraldo Magela, Ismael Maciel, Izaías Duarte, Márcio Teodoro, Mauro Paulinelli, Múcio Vila Nova, Osmar Santana e Waldemar Silva, pela amizade, agradável

convivência e inestimável auxílio durante a fase de coleta de dados. Aos bolsistas do LACRI, Walkíria, Heloísa, Michelle, Patrícia e Marino, e aos inúmeros estudantes que estagiaram no laboratório e contribuíram para este estudo. Ao prof. Luzinério Prezotti (UNIVALE), Walter Matrangolo, Maria de Lourdes, Alysson, Wilson (UFPA), pela amizade e fecundas discussões. Aos amigos do CNPMS, em especial Elaine, Leonardo e Érica, pelo apoio durante minha estadia nesse Centro.

Aos amigos, pela companhia nos momentos mais difíceis.

BIOGRAFIA

Fausto da Costa Matos Neto, filho de Fausto da Costa Matos Júnior e Cândida da Silva Matos, nasceu em Chiador, Minas Gerais, em 27 de junho de 1966.

Em agosto de 1990, graduou-se em Engenharia Agrônômica na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, e, em março de 1996, iniciou o Curso de Mestrado em Fitotecnia, defendendo tese em 25 de agosto de 1998.

Em outubro de 1998, iniciou o Curso de Doutorado em Fitotecnia, defendendo tese em setembro de 2002. Foi contratado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), como Analista em Ciência e Tecnologia, em agosto de 2002.

CONTEÚDO

	Página
RESUMO	ix
ABSTRACT	xi
INTRODUÇÃO	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	11
Influência da Idade de Fêmeas na Progenie do Parasitóide <i>Campoletis flavicineta</i> (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae) e na Taxa de Parasitismo de Larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> (Smith) (Lep.: Noctuidae)	23
Abstract	23
Resumo	24
Introdução	25
Material e Métodos	25
Resultados	26
Discussão	28
Literatura Citada	32
Interferência Mútua e Efeito da Densidade nas Características Reprodutivas do Parasitóide <i>Campoletis flavicineta</i> (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae)	40
Abstract	40

Resumo	41
Introdução	41
Material e Métodos	42
Resultados	43
Discussão	44
Literatura Citada	47
Respostas Funcional e Numérica e Características Reprodutivas de <i>Campoletis flavicineta</i> (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae) Recebendo Diferentes Densidades de Larvas de <i>Spodoptera frugiperda</i> (Smith) (Lep.: Noctuidae)	54
Abstract	54
Resumo	55
Introdução	55
Material e Métodos	56
Resultados	57
Discussão	59
Literatura Citada	63
Efeito da Densidade da Lagarta-do-cartucho em Plantas de Milho Sobre Características Reprodutivas e Respostas Funcional e Numérica de <i>Campoletis flavicineta</i> (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae)	69
Abstract	69
Resumo	69
Introdução	70
Material e Métodos	71
Resultados	72

Discussão	73
Literatura Citada	75
Efetividade do Parasitóide <i>Campoletis flavicineta</i> (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae) em Gaiolas no Campo Para o Controle de <i>Spodoptera</i> <i>frugiperda</i> (Smith) (Lep.: Noctuidae) em Milho	80
Abstract	80
Resumo	81
Introdução	82
Material e Métodos	83
Resultados	84
Discussão	85
Literatura Citada	89
CONCLUSÕES GERAIS	93

RESUMO

MATOS NETO, Fausto da Costa, D.S., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2002. **Estudos sobre *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hymenoptera: Ichneumonidae), parasitóide de larvas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho (*Zea mays*).** Orientador: José Cola Zanuncio; Co-Orientador: Ivan Cruz; Conselheiros: Carlos Henrique Osório Silva e Raul Narciso C. Guedes.

Este trabalho objetivou otimizar a criação, em laboratório, de *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hymenoptera: Ichneumonidae), endoparasitóide solitário de larvas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho (*Zea mays*) e avaliar, em laboratório e no campo, o potencial desse inimigo natural no controle dessa praga do milho. Os estudos de laboratório foram desenvolvidos em gaiola de criação (recipiente de vidro de 12 cm diâm. x 17 cm alt.) no Laboratório de Criação de Insetos do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS - EMBRAPA). No primeiro estudo, testou-se o início da oferta das larvas de *S. frugiperda* (tratamentos) após um, dois, três, quatro ou cinco dias da emergência de fêmeas de *C. flavicincta*. O número de larvas parasitadas e a produção de machos desse parasitóide foram semelhantes entre os tratamentos, mas o início da oferta de larvas do hospedeiro no terceiro ou no quarto dias após a emergência deste ichneumonídeo proporcionou maior produção de fêmeas do parasitóide e, por isso, são idades recomendadas para o início do fornecimento dessas larvas. No segundo estudo, foram avaliadas o efeito da densidade de *C. flavicincta* em características reprodutivas e a ocorrência de interferência mútua. Um, dois, três, quatro ou cinco casais do parasitóide, acondicionados em gaiolas de criação, receberam diariamente, do quinto ao décimo primeiro dia após a emergência, 48 larvas de *S. frugiperda* por gaiola. A densidade de cinco casais

por gaiola apresentou maiores produção de fêmeas, razão sexual e taxa de parasitismo. Constatou-se interferência mútua para esse inimigo natural, a qual é citada, na literatura, como benéfica ao controle biológico. No terceiro estudo, foram determinadas as respostas funcional e numérica de *C. flavicincta*, acondicionando-se um casal desse agente de controle biológico em gaiola, com fornecimento de 10, 20, 30, 40 ou 50 larvas de *S. frugiperda*, trocadas diariamente. A resposta funcional foi do tipo III e a numérica (produção de descendentes em função da densidade do hospedeiro), crescente. Em outro estudo, foi introduzida uma fêmea do ichneumonídeo e 5, 10, 15 ou 20 larvas do lepidóptero por gaiola telada (35 cm de altura x 21 cm de diâmetro), sobre um vaso com planta de milho em casa-de-vegetação, durante 24 h. As respostas funcional e numérica apresentaram tendências semelhantes às do estudo em laboratório (tipo III e crescente, respectivamente). A ocorrência de interferência mútua, a resposta funcional do tipo III e a resposta numérica crescente, com a densidade do hospedeiro, indicam o potencial desse inimigo natural para o controle de *S. frugiperda*. O último estudo foi desenvolvido também no CNPMS – EMBRAPA, em gaiola (5 x 4 x 2 m) no campo com plantas de milho (25% dessas infestadas com *S. frugiperda*) e liberação de 0 (controle), 15 ou 30 casais de *C. flavicincta* por gaiola. A liberação desse agente de controle biológico reduziu o número de larvas de *S. frugiperda* nas plantas e, além disso, seus danos aos 21 dias após a infestação. Os resultados de campo, associados aos de laboratório, evidenciam o potencial de *C. flavicincta* no controle de *S. frugiperda*.

ABSTRACT

MATOS NETO, Fausto da Costa, D. S., Universidade Federal de Viçosa, september, 2002.
Studies on *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hymenoptera: Ichneumonidae), a larval endoparasitoid of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on corn. Adviser: José Cola Zanuncio; Co-Adviser: Ivan Cruz; Committee members: Carlos Henrique Osório Silva and Raul Narciso C. Guedes.

This research aimed to optimize laboratory rearing and to evaluate the potential of the natural enemy *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hymenoptera: Ichneumonidae), a solitary larval endoparasitoid of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in corn crop (*Zea mays*). Laboratory studies were developed in rearing cages (glass vial with 12 cm diam. x 17 cm height) in the “Laboratório de Criação de Insetos do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS - EMBRAPA)”. Beginning of supply of *S. frugiperda* larvae after one, two, three, four or five days of *C. flavicincta* emergence (treatments) was studied. Number of larvae parasitized and male production of this parasitoid were similar between treatments but beginning of host supply in the third or fourth day after emergence of *C. flavicincta* provided higher female production of this parasitoid and thus they can be recommended as the ideal ones to start supply of these larvae. The effect of *C. flavicincta* density on reproductive characteristics and occurrence of mutual interference for this parasitoid was evaluated in a second study. One, two, three, four or five pairs of this parasitoid were put in glass rearing cages and they received daily from fifth to eleventh day after emergence a total of 48 larvae of the host *S. frugiperda* per cage. Density of five pairs of *C. flavicincta* per cage showed higher female production, sex ratio and parasitism rate. This natural enemy showed mutual interference which is related in the literature as beneficial for biological control. Functional and numerical responses of *C. flavicincta* were evaluated in a

third study. One pair of this parasitoid was put per glass rearing cage with 10, 20, 30, 40 or 50 *S. frugiperda* larvae per day and changed daily. Functional response was type III and numerical response (progeny production as function of host density) showed increasing values. In a fourth study, each *C. flavicineta* female were introduced with 5, 10, 15 or 20 larvae of *S. frugiperda* per screen cage (35 cm height x 21 cm diam.) on a vase with corn plant in greenhouse during 24 h. Functional and numerical responses showed similar tendency as of the laboratory study (type III and increasing values, respectively). Occurrence of mutual interference, type III functional response and increasing numerical response with host density indicated the potential of this natural enemy against *S. frugiperda*. The last study was also developed in the CNPMS – EMBRAPA in field cages (5 x 4 x 2 m) with corn plants (25% of these plants were infested with *S. frugiperda*). Zero (control), 15 or 30 pairs of *C. flavicineta* were released per cage. Release of this biological control agent reduced the number of *S. frugiperda* larvae on plants and their damage after 21 days of infestation with this pest. Field and laboratory results show a high potential of *C. flavicineta* to control *S. frugiperda*.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a cultura de milho (*Zea mays*) apresenta posição de destaque, ocupando uma área plantada média ao longo da década de 90 de aproximadamente 13 milhões de hectares por ano, com produção média em torno de 30 milhões de ton/ano (IBGE, 1999). Para a safra 2001/2002, a produtividade estimada foi cerca de 3000 kg/ha (AGRIANUAL, 2001). O preço da tonelada de milho é de US\$ 112,32 (AGRIANUAL, 2001), o que mostra a importância econômica dessa cultura no agronegócio. Além disso, esse grão é importante para a alimentação das famílias dos pequenos produtores. Assim, estudos que visem aumentar a produtividade dessa cultura terão impactos benéficos na economia do país e dos pequenos produtores.

No contexto agrícola moderno, o controle de pragas é importante para se obter aumento de produtividade na cultura do milho. No entanto, esse controle deve ser feito racionalmente, visando a redução do uso de agrotóxicos e deve priorizar outros métodos ambientalmente mais seguros, como o controle biológico, que possibilita reduzir a contaminação do produtor, do produto, do consumidor e do ambiente. Esse método pode apresentar menor custo, podendo ser utilizada a riqueza de organismos da fauna brasileira com potencial para atuar como agentes de controle de pragas.

1. *Spodoptera frugiperda*

Spodoptera frugiperda (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) é conhecida como praga do milho desde 1797, na Geórgia, Estados Unidos, e foi descrita originalmente como *Phalaena frugiperda*, tendo seu nome científico sido alterado várias vezes (CRUZ, 1995). Essa é uma das principais pragas do milho nas Américas (WISEMAN et al., 1966; CRUZ, 1995), atacando, além do milho, mais de 50 espécies de plantas de 20 famílias, como alfafa,

feijão, amendoim, batata, batata-doce, repolho, espinafre, tomate, couve, abóbora e algodão, embora tenha preferência por certas plantas, especialmente gramíneas, como milho, trigo, sorgo e arroz (CRUZ, 1995).

O adulto apresenta 35 mm de envergadura, coloração cinza e asas posteriores de coloração clara, circundadas por linhas marrons. A fecundidade das fêmeas pode chegar a 13 posturas, sendo os ovos depositados em grupos, geralmente de duas camadas, com número variável de acordo com as condições ambientais, em média entre 100 (CRUZ, 1995) a 179 ovos/postura (LEIDERMAN e SAUER, 1953). A lagarta apresenta seis estádios, com coloração variando de verde a quase preta e até 35 mm de comprimento. O período larval e a fase de pupa duram, aproximadamente, 14 e 10 dias, respectivamente (CARVALHO, 1978), e o ciclo total dura cerca de 30 dias no verão, podendo atingir 50 dias nos meses mais frios (CRUZ, 1995).

Spodoptera frugiperda ataca, preferencialmente, o cartucho da planta de milho, consumindo grande parte da área das folhas antes da abertura destas. Se o ataque ocorrer nos primeiros estágios da cultura, poderá provocar a morte das plantas e reduzir o número de plantas por hectare (WAQUIL et al., 1982). A lagarta pode, ainda, alimentar-se do colmo; seccionar a base da planta; atacar o pedúnculo da espiga, impedindo a formação dos grãos; danificar diretamente os grãos; ou alimentar-se da ponta da espiga (CRUZ, 1995).

O estágio da planta mais susceptível ao ataque da lagarta-do-cartucho é de 8 a 10 folhas, quando a produtividade pode ser reduzida em 18,7% (CRUZ e TURPIN, 1982). A intensidade do ataque dessa praga é, também, importante na determinação das perdas de produção, pois densidades acima de 20% das plantas infestadas com massa de ovos promovem redução de 17% na produção (CRUZ e TURPIN, 1983). VELEZ e SIFUENTES (1967) constataram redução de 37,7% na produção de milho, no México, e SIFUENTES (1967) mostrou que quatro lagartas de primeiro estágio podem destruir totalmente plantas com idade de sete dias. CARVALHO (1969) observou perda de 20% na produção de milho no Brasil e CARVALHO (1970) verificou redução na produção de 15 a 34%, de acordo com o estágio da planta, com prejuízos no desenvolvimento dessa e redução no peso das espigas.

O controle da lagarta-do-cartucho têm sido feito por meio de pulverização de inseticidas, com granulados aplicados no cartucho (LIMA e ZANUNCIO, 1976; WAQUIL

et al., 1982; CRUZ e SANTOS, 1984; CRUZ et al., 1984) ou via tratamento das sementes (CRUZ, 1994). O controle cultural, através do revolvimento do solo, também é recomendado, pois pode promover mortalidade de 35 a 50% de pupas deste lepidóptero (CRUZ, 1995), cuja pupação ocorre no solo. A manipulação da flora de plantas daninhas também tem sido objeto de estudos no manejo de *S. frugiperda* (ALTIERI e WHITCOMB, 1980), além do desenvolvimento de genótipos de milho resistentes a essa praga (WILLIAMS et al., 1983).

Os inimigos naturais da lagarta-do-cartucho incluem predadores (BASS e SHEPARD, 1984; PAIR e GROSS, 1984), como *Doru luteips* Scudder (Dermaptera: Forficulidae) (REIS et al., 1988) e *Orius insidiosus* (Say) (Heteroptera: Anthocoridae) (ISENHOOR et al., 1989); patógenos (HAMM e HARE, 1982; HAMM e LYNCH, 1982; GARDNER et al., 1984), como *Bacillus thuringiensis* (WAQUIL et al., 1982), *Aspergillus parasiticus* (GARCIA e HABIB, 1978; PATEL e HABIB, 1982), *Nomuraea rileyi* (HAMM e HARE, 1982), vírus da poliedrose nuclear e da granulose (MOSCARDI e KASTELIC, 1985), baculovírus (VALICENTE e CRUZ, 1991) e nematóides (VALICENTE, 1986; ROGERS e MARTI, 1994); parasitóides (ASHLEY, 1979; ASHLEY et al., 1980; LUCCHINI e ALMEIDA, 1980; ASHLEY et al., 1987), como *Archytas marmoratus* (Townsend) (Diptera: Tachinidae) (GROSS e YOUNG, 1984), *Chelonus insularis* Cresson (Hymenoptera: Braconidae) (ABLES e VINSON, 1981; ASHLEY et al., 1983; RAJAPAKSE et al., 1991; REZENDE et al., 1994), *Apanteles marginiventris* Cresson (Hymenoptera: Braconidae) (ASHLEY et al., 1983; LOKE et al., 1983; RAJAPAKSE et al., 1991), *Microplitis manilae* Ashmead (Hymenoptera: Braconidae) (RAJAPAKSE et al., 1991), *Diapetimorpha introita* (Cresson) e *Cryptus albitarsis* (Cresson) (Hymenoptera: Ichneumonidae) (PAIR e GROSS, 1989), *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) (WADDIL e WHITCOMB, 1982) e espécies dos gêneros *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) (CRUZ et al., 1994) e *Campoletis* (Hymenoptera: Ichneumonidae) (MOREY, 1971; LINGREN e NOBLE, 1972; ASHLEY, 1983; ISENHOOR, 1985, 1986; ISENHOOR e WISEMAN, 1989; McCUTCHEON, 1991; CRUZ et al., 1995, 1997).

2. Parasitismo por espécies do gênero *Campoletis*

Espécies do gênero *Campoletis* ocorrem desde a América do Norte (McCUTCHEON, 1991) até a América do Sul, inclusive no Brasil (LUCCHINI e ALMEIDA, 1980; SILVEIRA et al., 1987; CRUZ et al., 1995), parasitando lagartas de primeiros estádios (MOREY, 1971) de várias espécies de lepidópteros. SNOW et al. (1966) relataram que *Campoletis* sp. parasitaram larvas de *Heliothis virescens* (F.) e *Heliothis zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae), coletadas de *Geranium carolinianum* L., na Geórgia, Mississippi e Carolina do Sul (EUA). *Campoletis* sp. foi o parasitóide mais comum em larvas de *H. zea*, em campos de milho-doce na Califórnia, EUA (OATMAN e PLATNER, 1970). Na Carolina do Sul, EUA, McCUTCHEON (1991) constatou parasitismo de *S. frugiperda*, em milho e sorgo, por *Campoletis* sp. ASHLEY (1983) estudou *Campoletis grioti* (Blanchard) parasitando *S. frugiperda*. Além do continente americano, parasitóides do gênero *Campoletis* são encontrados na Índia (GANGRADE, 1964), como *Campoletis chlorideae* Uchida (LINGREN et al., 1977; NIKAM e BASARKAR, 1978; KUMAR et al., 1994).

Campoletis sonorensis (Cameron) é, provavelmente, a espécie mais estudada desse gênero. Seu parasitismo em laboratório foi mostrado em lagartas de *S. frugiperda* (ISENHOOR, 1985; 1986; ISENHOOR e WISEMAN, 1989) e *H. virescens* (WILSON e RIDGWAY, 1975; VINSON e ABLES, 1980; ELZEN et al., 1984; WEBB e LUCKHART, 1994; CUI et al., 1997) e em *H. virescens* e *H. zea*, em campos de tomate (KAUFFMAN e KENNEDY, 1989; FARRAR et al., 1994), alfafa, milho, algodão e sorgo (LINGREN, 1977; PUTERKA et al., 1985). Essa espécie parasita, ainda, larvas de *Manduca sexta* (L.) (Lepidoptera: Sphingidae) (HOELSCHER e VINSON, 1971), *Trichoplusia ni* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), *Prodenia eridania* (Cramer) e *Prodenia ornithogalli* Gueneé (Lepidoptera: Noctuidae) (LINGREN e NOBLE, 1972).

Campoletis flavicincta (Ashmead), uma vespa com 15 mm de envergadura, coloca seus ovos no interior de lagartas de primeiro e segundo estádios de *S. frugiperda* e completa sua fase larval no interior do hospedeiro (CRUZ, 1995). Ao sair do hospedeiro, a larva causa a morte deste e, a seguir, tece um casulo cilíndrico, de coloração acinzentada com, no máximo, 12 mm. A longevidade média de fêmeas de *C. flavicincta* é de 23,3 dias, podendo parasitar até 358 lagartas de *S. frugiperda*. O período de ovo a pupa foi de 12,1 dias e a fase pupal durou 7,2 dias (CRUZ et al., 1995). *C. flavicincta* apresenta maior taxa de

parasitismo em lagartas de *S. frugiperda* com dois a três dias de idade, e menor em lagartas com idade mais avançada. Lagartas de *S. frugiperda*, parasitadas por este parasitóide, reduzem seu consumo foliar para apenas 6,9% do consumo das sadias (CRUZ et al., 1997). Assim, *C. flavicineta* apresenta potencial para uso como agente de controle biológico desta praga no milho, por parasitar grande número de lagartas de *S. frugiperda* no início do seu desenvolvimento, reduzir seu consumo e causar-lhes a morte.

3. Estudos básicos sobre *Campoletis flavicineta*

O sucesso de programas de controle biológico depende da avaliação do potencial dos agentes disponíveis, inicialmente por meio de estudos de laboratório e, ainda, do domínio das técnicas de criação dos mesmos.

3.1. Avaliação do potencial de *Campoletis flavicineta* para controle de *Spodoptera frugiperda*

A avaliação de inimigos naturais é importante em programas de controle biológico, pois permite selecionar os mais eficientes no controle da praga alvo, devendo ser feita inicialmente em laboratório e a seguir no campo.

A interferência mútua, a resposta funcional e a resposta numérica de *C. flavicineta* podem ser determinadas em laboratório. A primeira foi definida, por HASSELL e VARLEY (1969), como o declínio na eficiência de procura (a área de descoberta Nicholsoniana) com o aumento da densidade do parasitóide. Esse declínio (chamado de interferência mútua por esses autores) é causado pelo tempo perdido em encontros entre parasitóides que procuram pelo hospedeiro (HASSELL e VARLEY, 1969) ou em encontros do parasitóide com hospedeiros previamente parasitados (ROGERS e HASSELL, 1974), sendo encontrado em uma ampla variedade de insetos (RIDOUT, 1981). Para descrever essa queda na eficiência de procura, HASSELL e VARLEY (1969) propuseram a equação de interferência mútua: $\log a = \log Q - m \times \log P$, sendo $a = (1/P) \times \ln(N/N_s)$, em que a é a área de descoberta (ou eficiência de procura); $\log Q$, o valor de $\log a$ quando $P = 1$; P , a densidade do parasitóide; m , a constante de interferência mútua; T , o período de duração do experimento; N , o número total de hospedeiros oferecidos em cada repetição; e N_s , o número total de hospedeiros sobreviventes. A interferência mútua reduz o tempo disponível para procura, pois as fêmeas

dos parasitóides podem interromper, temporariamente, sua atividade de busca do hospedeiro após encontrar outras fêmeas (HASSELL, 1978), o que causa redução de a (RIDOUT, 1981; JONES et al., 1999), podendo alterar a razão sexual da prole (WERREN, 1980; WAAGE e LANE, 1984), aumentar o superparasitismo (CRONIN e STRONG, 1993) e reduzir a taxa de parasitismo (VISSER e DRIESSEN, 1991).

A interferência pode ter efeitos consideráveis na dinâmica de populações em sistemas parasitóide-hospedeiro (HASSELL e VARLEY, 1969; HASSEL e MAY, 1973), sendo um mecanismo estabilizador da interação entre essas populações (HASSELL, 1978), podendo contribuir para a manutenção da população da praga em nível estável pelo parasitóide (DIJKEN e ALPHEN, 1991). Por exemplo, considerando que os hospedeiros são distribuídos heterogeneamente no campo e podem ocorrer em unidades discretas do habitat, pode haver concentração de parasitóides nas unidades de maior densidade do hospedeiro. A interferência leva à dispersão dos parasitóides e pode, então, promover uma redistribuição desses inimigos naturais entre essas unidades discretas, aumentando a eficiência de controle do hospedeiro. HASSEL e MAY (1973), ROGERS e HASSELL (1974) e BEDDINGTON (1975) demonstraram que a tendência de essa interação tornar-se estável aumenta com o valor da constante de interferência mútua (m).

A resposta funcional é definida como a relação entre o número de hospedeiros parasitados pelo parasitóide e a densidade do hospedeiro (SOLOMON, 1949; HOLLING, 1959a, 1959b). HOLLING (1959a) considerou três tipos de resposta funcional, quais sejam, tipo I, na qual a resposta se eleva linearmente até um platô; tipo II, na qual a resposta se eleva a uma taxa continuamente decrescente até estabilizar-se; e tipo III, uma resposta sigmóide. A resposta tipo I é, supostamente, típica de invertebrados aquáticos, nos quais a alimentação tende a cessar abruptamente quando o animal está saciado (HASSELL, 1978), mas tem sido registrada também em insetos (SINGH et al., 1979; HOPPER e KING, 1986; RYOO e CHUN, 1993). Na resposta tipo II, a manipulação da presa reduz o tempo disponível para procura e a taxa de parasitismo é inversamente dependente da densidade da presa (HOLLING, 1959a, 1959b; ROYAMA, 1971; ROGERS, 1972). Na tipo III, a eficiência de procura aumenta com a densidade do hospedeiro, pelo menos em uma faixa inicial de densidade (HOLLING, 1959a; HASSELL et al., 1977; HASSELL, 1978).

A comparação entre respostas funcionais de inimigos naturais, a serem selecionados para programas de controle biológico, é um dos aspectos mais importantes a serem estudados nas primeiras fases do projeto (HOFSVANG e HAGVAR, 1983; CAVE e GAYLOR, 1989; OVERHOLT e SMITH, 1990; DA SILVA et al., 1992; MORALES-RAMOS e CATE, 1992a), sendo a escolha baseada, em parte, nos resultados obtidos (GREENBERG et al., 2001).

A importância de se distinguir entre os tipos II e III se deve ao fato de que apenas a resposta funcional sigmóide (tipo II) é dependente da densidade até um limiar. Por isso, considera-se que esse tipo de resposta contribui para a estabilidade da interação parasitóide-hospedeiro e pode proporcionar um equilíbrio estável, se a população de equilíbrio do hospedeiro estiver na faixa (da curva) dependente da densidade (HASSELL et al., 1977; HASSELL, 1978).

As informações obtidas de estudos de resposta funcional, combinadas com dados biológicos básicos, podem ser usadas no desenvolvimento de modelos parasitóide-hospedeiro (IVES, 1992), os quais podem ser testados sob condições de campo (ISENHOOR, 1985; FLINN, 1991).

A resposta numérica foi definida por SOLOMON (1949) como a relação entre a densidade do hospedeiro e o aumento da população do parasitóide. Sua importância é maior quando espera-se que o agente a ser liberado se estabeleça no campo, mas é de menor importância quando este não se estabelecerá na área. Embora essa resposta tenha merecido menor atenção dos pesquisadores que a funcional, ela não deve ser ignorada, por ser importante na avaliação do potencial de agentes de controle biológico (IVES e SETTLE, 1996).

Outro método para se avaliar o potencial de um agente de controle biológico é uma abordagem manipulativa, em que são criadas duas ou mais populações da praga, sendo algumas sujeitas à ação do inimigo natural sob estudo e outras não (VAN DRIESCHE e BELLOWS, 1996). Esse tipo de estudo pode ser realizado em gaiolas no campo, como demonstrado por SMITH e DEBACH (1942). Apesar de suas limitações, essa técnica é a mais apropriada para testar o potencial de inimigos naturais no controle de populações de pragas (LUCK et al., 1988).

3.2. Otimização da criação de *Campoletis flavicincta* em laboratório

A criação de parasitóides em laboratório pode ser aprimorada pelo conhecimento de aspectos importantes para a produção destes, como a idade das fêmeas ao iniciar-se a oferta de hospedeiros e as densidades de casais de parasitóides e de larvas do hospedeiro nas unidades de criação. E, ainda, como essas variáveis afetam a produção de parasitóides. Outro ponto importante é a idade/estádio das larvas do hospedeiro a serem oferecidas ao parasitóide, o que já foi determinado, para *C. flavicincta*, por CRUZ et al. (1997).

A idade da fêmea do parasitóide pode afetar seu desempenho reprodutivo e sua capacidade de parasitismo, o que tem implicações importantes na criação massal e na seleção de indivíduos para liberação no campo. Algumas espécies de parasitóides apenas atacam o hospedeiro após um período de pré-oviposição (LASHOMB et al., 1987), enquanto outras ovipositam ovos não-fertilizados quando ainda muito jovens, produzindo apenas machos nesse período (MACKAUER, 1976). A idade do parasitóide pode afetar a taxa de parasitismo (CUI et al., 1986; WONG et al., 1990; BEEGLE et al., 1991; SAHRAGARD et al., 1991; MORALES-RAMOS e CATE, 1992b; SAIT et al., 1997; HARBISON et al., 2001), a produção total de descendentes (OATMAN et al., 1969; SCHWARTZ e GERLING, 1974; BARFIELD et al., 1977; BELLOWS, 1985; TRIPATHI e SINGH, 1991; HURTREL et al., 1999), de descendentes fêmeas (SATHE e NIKAM, 1986; MORALES-RAMOS e CATE, 1992c) e a razão sexual da prole (ASHLEY e CHAMBERS, 1979; ROTHERAY et al., 1984; CUI et al., 1986; KING, 1987; LI et al., 1993). Isso mostra que a idade do parasitóide pode determinar a ocasião em que se deve descartar as fêmeas, como se verifica em modelo proposto por CAREY et al. (1988). Além disso, o sucesso de liberações desses agentes no campo pode ser influenciado pela idade do parasitóide, pois HASSELL e WAAGE (1984) mostraram, em modelos analíticos, que mudanças na razão sexual influenciam o nível de equilíbrio e a estabilidade das interações entre populações de parasitóides e hospedeiros.

A eficiência da criação de parasitóides em laboratório pode ser melhorada pela determinação das densidades dos mesmos e de seus hospedeiros em cada unidade de produção, de modo a minimizar o custo e a necessidade de mão-de-obra e maximizar a produção. A densidade do parasitóide pode influenciar a taxa de parasitismo (TRIPATHI e KUMAR, 1984; SATHE, 1985; SINGH e SRIVASTAVA, 1989; CRONIN e STRONG,

1993; MONTOYA et al., 2000; HARBISON et al., 2001), a produção total de descendentes (FUSCO e HOWER, 1974; ABIDI et al., 1989; LOZANO et al., 1997; SHUKLA et al., 1997) e de fêmeas (WYLIE, 1965; YANG et al., 1994; JONES et al., 1999), a razão sexual (WYLIE, 1966; LAWRENCE, 1981; KING, 1987; SINGH et al., 1994; LOZANO et al., 1997) e a mortalidade de larvas do hospedeiro (BAKKER et al., 1967; WALKER, 1967; FUSCO e HOWER, 1974; YEARGAN e LATHEEF, 1976). Essa mortalidade pode ser devida ao superparasitismo (WYLIE, 1965) ou a ferimentos decorrentes de repetidos ataques do parasitóide (BAKKER et al., 1967; RYAN, 1988). Nesse aspecto, deve-se considerar que o superparasitismo e o número de ferimentos de oviposição são maiores nas densidades mais elevadas do parasitóide (SOUSA e SPENCE, 2000).

A densidade dos hospedeiros oferecidos ao parasitóide depende do potencial de parasitismo de suas fêmeas. Tal densidade é determinante no rendimento da produção do agente de controle biológico e no custo e ganho econômico do processo produtivo. Além disso, poderá afetar importantes parâmetros reprodutivos, como a longevidade das fêmeas do parasitóide (MACKAUER, 1983; FUESTER et al., 1987), o número máximo de hospedeiros parasitados (ISENHOUR, 1985; PATEL e HABIB, 1993), a taxa de parasitismo (HART et al., 1978; MACKAUER, 1983; SHU-SHENG, 1985; RUNJIE et al., 1996; LIU e SENGONÇA, 1998), a produção de prole e de fêmeas (SALLAM et al., 1999) e a razão sexual da progênie (BERNAL et al., 1994).

Além desses aspectos, a densidade do hospedeiro no campo pode afetar a taxa de parasitismo e a atratividade ao parasitóide (STAMP, 1981) e, conseqüentemente, a densidade do parasitóide. Isso tem implicações profundas na estabilidade das interações parasitóide-hospedeiro e nas densidades de equilíbrio e dinâmicas das populações e, por conseguinte, no controle biológico (IVES, 1992).

OBJETIVOS

Este estudo objetivou aprofundar os conhecimentos sobre o parasitóide *C. flavicineta*, visando otimizar sua produção em laboratório e fazer uma avaliação inicial de seu potencial para o controle da lagarta-do-cartucho do milho, *S. frugiperda*. Para isso, foram desenvolvidos os seguintes trabalhos:

- 4.1. Influência da Idade de Fêmeas na Progenie do Parasitóide *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae) e na Taxa de Parasitismo de Larvas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae);
- 4.2. Interferência Mútua e Efeito da Densidade nas Características Reprodutivas do Parasitóide *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae);
- 4.3. Respostas Funcional e Numérica e Características Reprodutivas de *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae) Recebendo Diferentes Densidades de Larvas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae);
- 4.4. Efeito da Densidade da Lagarta-do-cartucho em Plantas de Milho Sobre Características Reprodutivas e Respostas Funcional e Numérica de *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae);
- 4.5. Efetividade do Parasitóide *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae) em Gaiolas no Campo Para o Controle de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae) em Milho.

A introdução desta tese está de acordo com as normas da ABNT; os artigos estão de acordo com as normas da revista “Neotropical Entomology”, com adaptações para as “Normas para Redação de Tese”, da Universidade Federal de Viçosa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIDI, A.Z.; A. KUMAR & C.P.M. TRIPATHI. Impact of males on the numerical response of *Diaeretiella rapae* (M'Intosh) (Hym., Aphidiidae), a parasitoid of *Lipaphis erysimi* Kalt. (Hem., Aphididae). **Mitt. Zool. Mus. Berl.**, Berlin, 65 (1): 161-169. 1989.
- ABLES, J.R. & S.B. VINSON. Regulation of host larval development by the egg-larval endoparasitoid *Chelonus insularis* (Hym.: Braconidae). **Entomophaga**, Paris, 26 (4): 453-458. 1981.
- AGRIANUAL 2002. FNP Consultoria & Associados. **Anuário da agricultura brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Associados, 2001. 536 p.
- ALTIERI, M.A. & W.H. WHITCOMB. Weed manipulation for insect pest management in corn. **Environ. Manag.**, New York, 4 (6): 483-489. 1980.
- ASHLEY, T.R. Classification and distribution of fall armyworm parasites. **Fla. Ent.**, Gainesville, 62 (2): 114-123. 1979.
- ASHLEY, T.R. Growth pattern alterations in fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, larvae after parasitization by *Apanteles marginiventris*, *Campoletis grioti*, *Chelonus insularis*, and *Eiphosoma vitticole*. **Fla. Ent.**, Gainesville, 66 (2): 260-266. 1983.
- ASHLEY, T.R. & D.L. CHAMBERS. Effects of parasite density and host availability on progenie production by *Biosteres (Opus) longicaudatus* [Hym.: Braconidae], a parasite of *Anastrepha suspensa* [Dip.: Tephritidae]. **Entomophaga**, Paris, 24 (4): 363-369. 1979.
- ASHLEY, T.R.; E.R. MITCHELL; N.C. LEPPLA & E.E. GRISSELL. Parasites attacking fall armyworm larvae, *Spodoptera frugiperda*, in late planted field corn. **Fla. Ent.**, Gainesville, 63 (1): 136-142. 1980.
- ASHLEY, T.R.; C.S. BARFIELD; V.H. WADDILL & E.R. MITCHELL. Parasitization of fall armyworm larvae on volunteer corn, bermudagrass, and paragrass. **Fla. Ent.**, Gainesville, 66 (2): 267-271. 1983.
- ASHLEY, T.R.; V.H. WADDILL; E.R. MITCHELL & J. RYE. Impact of native parasites on the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in South Florida and release of the exotic parasite, *Eiphosoma vitticole* (Hymenoptera: Ichneumonidae). **Environ. Entomol.**, Lanham, 11 (4): 833-837. 1987.
- BAKKER, K.; S.N. BAGCHEE; W.R. VAN ZWET & E. MEELIS. Host discrimination in *Pseudeucoila bochei* (Hym., Cynipidae). **Entomol. Exp. Appl.**, Dordrecht, 10 (3-4): 295-311. 1967.
- BARFIELD, C.S.; D.G. BOTTRELL & J.W. SMITH JR. Influence of temperature on oviposition and adult longevity of *Bracon mellitor* reared on boll weevils. **Environ. Entomol.**, Lanham, 6 (1): 133-137. 1977.
- BASS, J.A. & M. SHEPARD. Predation by *Sycamus indagator* on larvae of *Galleria mellonella* and *Spodoptera frugiperda*. **Entomol. Exp. Appl.**, Dordrecht, 17 (2): 143-148. 1984.

- BEDDINGTON, J.R. Mutual interference between parasites or predators and its effect on searching efficiency. **J. Anim. Ecol.**, London, 44 (1): 331-340. 1975.
- BEEGLE, C.C.; J.R. CAREY & R.L. BEST. Biology of *Microplitis kewleyi* (Hymenoptera: Braconidae): a parasite of *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. **Bioc. Sci. Technol.**, Abingdon, 1 (3): 157-168. 1991.
- BELLOWS, T.S. Effects of host and parasite age on searching behaviour and oviposition rates in *Lariophagus distinguendus* Förster (Hymenoptera: Pteromalidae). **Res. Popul. Ecol.**, Berlin, 27 (1): 65-76. 1985.
- BERNAL, J.S.; T.S. BELLOWS JR. & D. GONZALEZ. Functional response of *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hym., Aphidiidae) to *Diuraphis noxia* (Mordwilko) (Hom., Aphididae) hosts. **J. App. Ent.**, Berlin, 118 (3): 300-309. 1994.
- CAREY, J.R.; T.T.Y. WONG & M.M. RAMADAN. Demographic framework for parasitoid mass rearing: case study of *Biosteres tryoni*, a larval parasitoid of tephritid fruit flies. **Theor. Popul. Biol.**, San Diego, 34 (3): 279-296. 1988.
- CARVALHO, R.P.L. Contribuição para o estudo dos prejuízos, população e controle da *Spodoptera frugiperda* (Smith) em milho (Nota prévia). **R. Agric.**, Piracicaba, 44 (1): 10. 1969.
- CARVALHO, R.P.L. **Danos, flutuação da população, controle e comportamento de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) e susceptibilidade de diferentes genótipos de milho em condições de campo.** 1970. 170 p. Dissertação (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- CARVALHO, R.P.L. Pragas do milho. p. 505-570. In: PATERNIANI, E. (Ed.). **Melhoramento e produção de milho no Brasil.** Piracicaba: Fundação Cargill, 1978. 650p.
- CAVE, R.D. & M.J. GAYLOR. Functional response of *Telenomus reynoldsi* [Hym.: Scelionidae] at five constant temperatures and in an artificial plant arena. **Entomophaga**, Paris, 34 (1): 3-10. 1989.
- CRONIN, J.T. & D.R. STRONG. Superparasitism and mutual interference in the egg parasitoid *Anagrus delicatus* (Hymenoptera: Mymaridae). **Ecol. Entomol.**, Oxford, 18 (4): 293-302. 1993.
- CRUZ, I. **Efeito do tratamento de sementes de milho sobre a infestação de *Spodoptera frugiperda*.** Sete Lagoas: CNPMS- EMBRAPA, 1994. 100 p. (Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1992-1993, v. 6).
- CRUZ, I. **A lagarta-do-cartucho na cultura do milho.** Sete Lagoas: CNPMS-EMBRAPA, 1995. 45 p. (Circular Técnica 21).
- CRUZ, I. & F.T. TURPIN. Efeito da *Spodoptera frugiperda* em diferentes estádios de crescimento da cultura de milho. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, 17 (3): 355-359. 1982.
- CRUZ, I. & F.T. TURPIN. Yield impact of larval infestations of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) to midwhorl growth stage of corn. **J. Econ. Entomol.**, Lanham, 76 (5): 1052-1054. 1983.

- CRUZ, I. & J.P. SANTOS. Diferentes bicos do tipo leque no controle da lagarta-do-cartucho em milho. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, 19 (1): 1-7. 1984.
- CRUZ, I.; M.L.C. FIGUEIREDO & R.A. ZUCCHI. **Ocorrência de *Trichogramma pretiosum* sobre ovos de *Spodoptera frugiperda* e de *Trichogramma atopovirilia* sobre ovos de *Helicoverpa zea*, em Sete Lagoas, MG.** Sete Lagoas: CNPMS-EMBRAPA, 1994. 100 p. (Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo 1992-1993, v. 6).
- CRUZ, I.; E.C. MANTOVANI; M.A.P. RAMALHO & E.O. FINCH. Implemento (manual ou a tração animal) para aplicação de inseticida granulado no cartucho de milho e de sorgo para o controle de *Spodoptera frugiperda*. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, 19 (12): 1497-1505. 1984.
- CRUZ, I.; D.A.N. LIMA; M.L.C. FIGUEIREDO & F.H. VALICENTE. Aspectos biológicos do parasitóide *Campoletis flavicincta* (Ashmead) criado em lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith). **An. Soc. Entomol. Brasil**, Piracicaba, 24 (2): 201-208. 1995.
- CRUZ, I.; M.L.C. FIGUEIREDO; E.P. GONÇALVES; D.A.N. LIMA & E.E. DINIZ. Efeito da idade de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) no desempenho do parasitóide *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hymenoptera: Ichneumonidae) e consumo foliar por lagartas parasitadas e não-parasitadas. **An. Soc. Entomol. Brasil**, Piracicaba, 26 (2): 229-234. 1997.
- CUI, H.; P. BARBOSA & P.J. MARTINAT. Influence of age of female *Glyptapanteles flavicoxis* (Marsh) (Hymenoptera: Braconidae) and its periodicity of oviposition activity on levels of parasitism and reproductive output. **Ann. Entomol. Soc. Am.**, Lanham, 79 (2): 280-282. 1986.
- CUI, L.; A. SOLDEVILA & B.A. WEBB. Expression and hemocyte-targeting of a *Campoletis sonorensis* polydnavirus cysteine-rich gene in *Heliothis virescens* larvae. **Arch. Insect Biochem. Physiol.**, New York, 36 (4): 251-271. 1997.
- DA SILVA, P.G.; K.S. HAGEN & A.P. GUTIERREZ. Functional response of *Curinus coeruleus* [Col.: Coccinellidae] to *Heteropsylla cubana* [Hom.: Psyllidae] on artificial and natural substrates. **Entomophaga**, Paris, 37 (4): 555-564. 1992.
- DIJKEN, M.J. VAN & J.J.M. VAN ALPHEN. Mutual interference and superparasitism in the solitary parasitoid *Epidinocarsis lopezi*. **Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent**, Gent, 56 (3b): 1003-1010. 1991.
- ELZEN, G.W.; H.J. WILLIAMS & S.B. VINSON. Isolation and identification of cotton synomones mediating searching behavior by parasitoid *Campoletis sonorensis*. **J. Chem. Ecol.**, New York, 10 (8): 1251-1264. 1984.
- FARRAR, R.R.; J.D. BARBOUR & G.G. KENNEDY. Field evaluation of insect resistance in a wild tomato and its effects on insect parasitoids. **Entomol. Exp. Appl.**, Dordrecht, 71 (3): 211-226. 1994.
- FLINN, P.W. Temperature-dependente functional response of the parasitoid *Cephalonomia waterstoni* (Gahan) (Hymenoptera: Bethyridae) attacking rusty grain beetle larvae (Coleoptera: Cucujidae). **Environ. Entomol.**, Lanham, 20 (3): 872-876. 1991.

- FUESTER, R.W.; P.B. TAYLOR & J.C. GROCE. Reproductive response of *Glyptapanteles flavicoxis* (Hymenoptera: Braconidae) to various densities and instar of the gypsy moth, *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae). **Ann. Entomol. Soc. Am.**, Lanham, 80 (6): 750-757. 1987.
- FUSCO, R.A & A.A. HOWER JR. Influence of parasitoid-host density and host availability on the laboratory propagation of *Microctonus aethiops* [Hym.: Braconidae] parasitoid of *Hypera postica* [Coleop.: Curculionidae]. **Entomophaga**, Paris, 19 (1): 75-83. 1974.
- GANGRADE, G.A. On the biology of *Campoletis perdistinctus* (Hymenoptera: Ictenumonidae) in Madhya Pradesh, India. **Ann. Entomol. Soc. Am.**, Lanham, 57 (5): 570-574. 1964.
- GARCIA, M.A. & M.E.M. HABIB. Ocorrência do fungo entomógeno *Aspergillus parasiticus* em adultos de *Spodoptera frugiperda* mantidos em laboratório. **An. Soc. Entomol. Brasil**, Pelotas, 7 (1): 15-19. 1978.
- GARDNER, W.A.; R. NOBLET & R.D. SCHWEHR. The potential of microbial agents in managing populations of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). **Fla. Ent.**, Gainesville, 67 (3): 325-332. 1984.
- GREENBERG, S.M.; B.C. LEGASPI JR. & W.A. JONES. Comparison of functional response and mutual interference between two aphelinid parasitoids of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). **J. Entomol. Sci.**, Tifton, 36 (1): 1-8. 2001.
- GROSS, H.R. JR. & O.P. YOUNG. *Archytas marmoratus* (Diptera: Tachinidae): screened-cage evaluations of selected densities of adults against larval populations of *Heliothis zea* and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) on whorl and tassel stage corn. **Environ. Entomol.**, Lanham, 13 (1): 157-161. 1984.
- HAMM, J.J. & R.E. LYNCH. Comparative susceptibility of the granulate cutworm, fall armyworm, and corn earworm to some entomopathogens. **J. Ga. Entomol. Soc.**, Athens, 17 (3): 363-369. 1982.
- HAMM, J.J. & W.W. HARE. Application of entomopathogens in irrigation water for control of fall armyworms and corn earworms (Lepidoptera: Noctuidae) on corn. **J. Econ. Entomol.**, Lanham, 75 (6): 1074-1079. 1982.
- HARBISON J.L.; J.C. LEGASPI; S.L. FABRITIUS; R.R. SALDAÑA; B.C. LEGASPI JR. & A. ENKEGAARD. Effects of age and host number on reproductive biology of *Allorhogas pyralophagus* (Hymenoptera : Braconidae) attacking the Mexican rice borer (Lepidoptera: Pyralidae). **Environ. Entomol.**, Lanham, 30 (1): 129-135. 2001.
- HART, J.T.; J. DE JONGE; C. COLLÉ; M. DICKE; J.C. VAN LENTEREN & P. RAMAKERS. Host selection, host discrimination and functional response of *Aphidius matricariae* Haliday (Hymenoptera: Braconidae), a parasite of the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulz.). **Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent**, Gent, 43/2: 441-453. 1978.
- HASSELL, M.P. **The dynamics of arthropod predator-prey systems**. Princeton: Princeton University Press, 1978. 237 p.

- HASSELL, M.P. & G.C. VARLEY. New inductive population model for insect parasites and its bearing on biological control. **Nature**, London, 223 (5210): 1133-1137. 1969.
- HASSELL, M.P. & R.M. MAY. Stability in insect host parasite models. **J. Anim. Ecol.**, London, 42 (3): 693-726. 1973.
- HASSELL, M.P. & J.K. WAAGE. Host-parasitoid population interactions. **Ann. Rev. Entomol.**, Palo Alto, 29: 89-114. 1984.
- HASSELL, M.P.; J.H. LAWTON & J.R. BEDDINGTON. Sigmoid functional responses by invertebrate predators and parasitoids. **J. Anim. Ecol.**, London, 46 (1): 249-262. 1977.
- HOELSCHER, C.E. & S.B. VINSON. The sex ratio of a hymenopterous parasitoid, *Campoletis perdistinctus*, as affected by photoperiod, mating, and temperature. **Ann. Entomol. Soc. Am.**, Lanham, 64 (6): 1373-1376. 1971.
- HOFVANG, T. & E.B. HÅGVAR. Functional responses to prey density of *Ephedrus cerasicola* [Hym.: Aphidiidae], an aphidiid parasitoid of *Myzus persicae* [Hom.: Aphididae]. **Entomophaga**, Paris, 28 (4): 317-324. 1983.
- HOLLING, C.S. The components of predation as revealed by the study of small-mammal predation of the European pine sawfly. **Can. Ent.**, Ottawa, 91 (5): 293-320. 1959a.
- HOLLING, C.S. Some characteristics of simple types of predation and parasitism. **Can. Ent.**, Ottawa, 91 (7): 385-398. 1959b.
- HOPPER, K.R. & E.G. KING. Linear functional response of *Microplitis croceipes* (Hymenoptera: Braconidae) to variation in *Heliothis* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) density in the field. **Environ. Entomol.**, Lanham, 15 (3): 476-480. 1986.
- HURTREL, B.; S. QUILICI; J.P. NÉNON & F. GOURDON. L'activite de ponte de *Psytalia fletcheri* (Silvestri) et *Diachasmimorpha tryoni* (Cameron) (Braconidae: Opiinae), parasitoïdes de mouches des fruits (Diptera: Tephritidae). **Ann. Soc. Entomol. Fr.**, Paris, 35 (suppl.): 443-446. 1999.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Brasil). **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Brasília: IBGE, 1999. v. 11. 78 p.
- ISENHOUR, D.J. *Campoletis sonorensis* [Hym.: Ichneumonidae] as a parasitoid of *Spodoptera frugiperda* [Lep.: Noctuidae]: host stage preference and functional response. **Entomophaga**, Paris, 30 (1): 31-36. 1985.
- ISENHOUR, D.J. Development time, adult reproductive capability, and longevity of *Campoletis sonorensis* (Hymenoptera: Ichneumonidae) as a parasitoid of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Ann. Entomol. Soc. Am.**, Lanham, 79 (6): 893-897. 1986.
- ISENHOUR, D.J. & B.R. WISEMAN. Parasitism of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) by *Campoletis sonorensis* (Hymenoptera: Ichneumonidae) as affected by host feeding on silks of *Zea mays* L. cv. Zapalote Chico. **Environ. Entomol.**, Lanham, 18 (3): 394-397. 1989.
- ISENHOUR, D.J.; B.R. WISEMAN & R.C. LAYTON. Enhanced predation by *Orius insidiosus* on larvae of *Heliothis zea* and *Spodoptera frugiperda* caused by prey feeding on resistant corn genotypes. **Environ. Entomol.**, Lanham, 18 (3): 418-422. 1989.

- IVES, A.R. Density-dependent and density-independent parasitoid aggregation in model host-parasitoid systems. **Am. Nat.**, Chicago, 140 (6): 912-937. 1992.
- IVES, A.R. & W.H. SETTLE. The failure of a parasitoid to persist with a superabundant host: the importance of the numerical response. **Oikos**, Copenhagen, 75 (2): 269-278. 1996.
- JONES, W.A.; S.M. GREENBERG & B. LEGASPI JR. The effect of varying *Bemisia argentifolii* and *Eretmocerus mundus* ratios on parasitism. **BioControl**, Dordrecht, 44 (1): 13-28. 1999.
- KAUFFMAN, W.C. & G.G. KENNEDY. Inhibition of *Campoletis sonorensis* parasitism of *Heliothis zea* and of parasitoid development by 2-tridecanone-mediated insect resistance of wild tomato. **J. Chem. Ecol.**, New York, 15 (6): 1919-1930. 1989.
- KING, B.H. Offspring sex ratios in parasitoid wasps. **Q. Rev. Biol.**, New York, 62 (4): 367-369. 1987.
- KUMAR, N.; A. KUMAR & C.P.M. TRIPATHI. Functional response of *Campoletis chlorideae* Uchida (Hymenoptera: Ichneumonidae), a parasitoid of *Heliothis armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in an enclosed experimental system. **Biol. Agric. Hortic.**, Oxon, 10 (4): 287-295. 1994.
- LASHOMB, J.; D. KRAINACKER; R.K. JANSSON; Y.S. NG & R. CHIANESE. Parasitism of *Leptinotarsa decemlineata* (Say) eggs by *Edovum puttleri* Grissell (Hymenoptera: Eulophidae): effects of host age, parasitoid age, and temperature. **Can. Ent.**, Ottawa, 119 (1): 75-82. 1987.
- LAWRENCE, P.O. Interference competition and optimal host selection in the parasitic wasp, *Biosteres longicaudatus*. **Ann. Entomol. Soc. Am.**, Lanham, 74 (6): 540-544. 1981.
- LEIDERMAN, L. & H.F.G. SAUER. A lagarta dos milharais *Laphygma frugiperda* (Abbot & Smith, 1797). **O Biol.**, São Paulo, 19 (6): 105-113. 1953.
- LI, S.Y.; G. SIROIS; D.L. LEE; C. MAURICE & D.E. HENDERSON. Effects of female mating status and age on fecundity, longevity and sex ratio in *Trichogramma minutum* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). **J. Entomol. Soc. Brit. Columbia**, Victoria, 90 (1): 61-66. 1993.
- LIMA, J.O.G. & J.C. ZANUNCIO. Controle da lagarta do cartucho do milho, *Spodoptera frugiperda* pelo carbaril, carbofuran, dipel e endossulfan. **Rev. Ceres**, Viçosa, 23 (127): 222-225. 1976.
- LINGREN, P.D. *Campoletis sonorensis*: maintenance of a population on tobacco budworms in a field cage. **Environ. Entomol.**, Lanham, 6 (1): 72-76. 1977.
- LINGREN, P.D. & L.W. NOBLE. Preference of *Campoletis perdistinctus* for certain noctuid larvae. **J. Econ. Entomol.**, Lanham, 65 (1): 104-107. 1972.
- LINGREN, P.D.; F.D. WILSON & R.I. SAILER. Cross mating of *Campoletis sonorensis* and *Campoletis chlorideae*. **Ann. Entomol. Soc. Am.**, Lanham, 7 (4): 442-446. 1977.
- LIU, B. & C. SENGONÇA. Functional responses of the parasitoid, *Eretmocerus longipes* Compere (Hym., Aphelinidae) to densities of the whitefly, *Aleurotuberculatus takahashi* David et Subramaniam (Hom., Aleyrodidae) at different temperatures. **Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz**, Berlin, 71 (3): 53-56. 1998.

- LOKE, W.H.; T.R. ASHLEY & R.I. SAILER. Influence of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae and corn plant damage on host finding in *Apanteles marginiventris* (Hymenoptera: Braconidae). **Environ. Entomol.**, Lanham, 12 (3): 911-915. 1983.
- LOZANO, C.; N.A.C. KIDD; M.A. JERVIS & M. CAMPOS. Effects of parasitoid spatial heterogeneity, sex ratio and mutual interference on the interaction between the olive bark beetle *Phloeotribus scarabaeoides* (Col., Scolytidae) and the pteromalid parasitoid *Cheiopachus quadrum* (Hym., Pteromalidae). **J. Appl. Ent.**, Berlin, 121 (9-10): 521-528. 1997.
- LUCCHINI, F. & A.A. ALMEIDA. Parasitas da *Spodoptera frugiperda* (Smith & Abbot, 1797) (Lep., Noctuidae), lagarta do cartucho do milho, encontrados em Ponta Grossa, PR. **An. Soc. Entomol. Brasil**, Pelotas, 9 (1): 115-121. 1980.
- LUCK, R.F.; B.M. SHEPARD & P.E. KENMORE. Experimental methods for evaluating arthropod natural enemies. **Ann. Rev. Entomol.**, Palo Alto, 33: 367-391. 1988.
- MACKAUER, M. The sex ratio in field populations of some aphid parasitoids. **Ann. Entomol. Soc. Am.**, Lanham, 69 (3): 453-456. 1976.
- MACKAUER, M. Quantitative assessment of *Aphidius smithi* (Hymenoptera: Aphidiidae): fecundity, intrinsic rate of increase, and functional response. **Can. Ent.**, Ottawa, 115 (4): 399-415. 1983.
- McCUTCHEON, G.S. Late-season parasitoids of the fall armyworm in South Carolina. **J. Agric. Entomol.**, Clemson, 8 (3): 219-221. 1991.
- MONTOYA, P.; P. LIEDO; B. BENREY; J.F. BARRERA; J. CANCINO & M. ALUJA. Functional response and superparasitism by *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of fruit flies (Diptera: Tephritidae). **Ann. Entomol. Soc. Am.**, Lanham, 93 (1): 47-54. 2000.
- MORALES-RAMOS, J.A. & J.R. CATE. Functional response of *Catolaccus grandis* (Burks) (Hymenoptera: Pteromalidae) in field cages. **Biol. Control**, Orlando, 2 (3): 193-202. 1992a.
- MORALES-RAMOS, J.A. & J.R. CATE. Laboratory determination of age-dependente fecundity, development, and rate of increase of *Catolaccus grandis* (Burks) (Hymenoptera: Pteromalidae). **Ann. Entomol. Soc. Am.**, Lanham, 85 (4): 469-476. 1992b.
- MORALES-RAMOS, J.A. & J.R. CATE. Rate of increase and adult longevity of *Catolaccus grandis* (Burks) (Hymenoptera: Pteromalidae) in laboratory at four temperatures. **Environ. Entomol.**, Lanham, 21 (3): 620-627. 1992c.
- MOREY, C.S. Biología de *Campoletis grioti* (Blanchard) (Hymen.: Ichneumonidae) parasito de la lagarta cogollera del maíz *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). **Rev. Per. Entomol.**, Lima, 14 (2): 263-271. 1971.

- MOSCARDI, F. & J.G. KASTELIC. **Ocorrência de vírus de poliedrose nuclear e vírus de granulose em populações de *Spodoptera frugiperda* atacando soja na região de Sertaneja, PR.** Londrina: EMBRAPA- CNPSo, 1985. 49 p. (EMBRAPA/CNPSo. Documentos, 15).
- NIKAM, P.K. & C.D. BASARKAR. Studies on the effect of temperature on the development of *Campoletis chlorideae* Uchida (Ichneumonidae), an internal larval parasite of *Heliothis armigera* (Hubn). **Entomon**, Trivadrum, 3 (2): 307-308. 1978.
- OATMAN, E.R. & G.R. PLATNER. Parasitization of corn earworm larvae infesting sweet corn tassels in Southern California. **J. Econ. Entomol.**, Lanham, 63 (1): 326-327. 1970.
- OATMAN, E.R.; G.R. PLATNER & P.D. GREANY. The biology of *Orgilus lepidus* (Hymenoptera: Braconidae), a primary parasite of the potato tuberworm. **Ann. Entomol. Soc. Am.**, Lanham, 62 (6): 1407-1414. 1969.
- OVERHOLT, W.A. & J.W. SMITH JR. Comparative evaluation of three exotic insect parasites (Hymenoptera: Braconidae) against the southwestern corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) in corn. **Environ. Entomol.**, Lanham, 19 (4): 1155-1162. 1990.
- PAIR, S.D. & H.R. GROSS. Field mortality of pupae of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* by predators and newly discovered parasitoid *Diapetimorpha introita*. **J. Ga. Entomol. Soc.**, Athens, 19 (1): 22-26. 1984.
- PAIR, S.D. & H.R. GROSS. Seasonal incidence of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) pupal parasitism in corn by *Diapetimorpha introita* and *Cryptus albitarsis* (Hymenoptera: Ichneumonidae). **J. Entomol. Sci.**, Tifton, 24 (3): 339-343. 1989.
- PATEL, P.N. & M.E.M. HABIB. Ocorrência natural de *Aspergillus parasiticus* em populações de *Spodoptera frugiperda* e sua transmissão por insetos. **Rev. Agric.**, Piracicaba, 57 (4): 223-232, 1982.
- PATEL, P.N. & M.E.M. HABIB. *Microcharops anticarsiae* (Hym.: Ichneumonidae), parasitoid of *Anticarsia gemmatalis* (Lep.: Noctuidae): host age preference, sex ratio effects and functional response. **Entomophaga**, Paris, 38 (4): 511-517. 1993.
- PUTERKA, G.J.; J.E. SLOSSER & J.R. PRICE. Parasites of *Heliothis* spp. (Lepidoptera: Noctuidae): parasitism and seasonal occurrence for host crops in the Texas Rolling Plains. **Environ. Entomol.**, Lanham, 14 (4): 441-446. 1985.
- RAJAPAKSE, R.H.S.; T.R. ASHLEY & V.H. WADDILL. Interspecific competition between parasitoids of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Insect Sci. Appl.**, Nairobi, 12 (4): 473-480. 1991.
- REIS, L.L.; L.J. OLIVEIRA & I. CRUZ. Biologia e potencial de *Doru luteips* no controle de *Spodoptera frugiperda*. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, 23 (4): 333-342. 1988.
- REZENDE, M.A.A.; I. CRUZ & T.M.C. DELLA LUCIA. Consumo foliar de milho e desenvolvimento de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) parasitadas por *Chelonus insularis* (Cresson) (Hymenoptera: Braconidae). **An. Soc. Entomol. Brasil**, Piracicaba, 23 (3): 473-478. 1994.

- RIDOUT, L.M. Mutual interference: behavioural consequences of encounters between adults of the parasitoid wasp *Venturia canescens* (Hymenoptera; Ichneumonidae). **Anim. Behav.**, London, 29 (3): 897-903. 1981.
- ROGERS, D. Random search and insect population models. **J. Anim. Ecol.**, London, 41 (2): 369-383. 1972.
- ROGERS, D.J. & M.P. HASSELL. General models for insect parasite and predator searching behaviour: interference. **J. Anim. Ecol.**, London, 43 (1): 239-253. 1974.
- ROGERS, C.E. & O.G. MARTI. Population structure and transfer success of *Noctuidonema guyanense* (Nematoda: Aphelenchoididae) on moths of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Ann. Entomol. Soc. Am.**, Lanham, 87 (3): 327-330. 1994.
- ROTHERAY, G.E.; P. BARBOSA & P. MARTINAT. Host influences on life history traits and oviposition behavior of *Brachymeria intermedia* (Nees) (Hymenoptera: Chalcididae). **Environ. Entomol.**, Lanham, 13 (1): 243-247. 1984.
- ROYAMA, T. A comparative study of models for predation and parasitism. **Res. Popul. Ecol.**, Berlin, Suppl., 1: 1-91. 1971.
- RUNJIE, Z.; K.L. HEONG & I.T. DOMINGO. Relationship between temperature and functional response in *Cardiochiles philippinensis* (Hymenoptera: Braconidae), a larval parasitoid of *Cnaphalocrocis medinalis* (Lepidoptera: Pyralidae). **Environ. Entomol.**, Lanham, 25 (6): 1321-1324. 1996.
- RYAN, R.B. Evidence for mortality in addition to successful parasitism of needlemining larch casebearer (Lepidoptera: Coleophoridae) larvae by *Agathis pumila* (Ratz.) (Hymenoptera: Braconidae). **Can. Ent.**, Ottawa, 120 (11): 1035-1036. 1988.
- RYOO, M.I. & Y.S. CHUN. Oviposition behavior of *Callosobruchus chinensis* (Coleoptera: Bruchidae) and weevil population growth: effects of larval parasitism and competition. **Environ. Entomol.**, Lanham, 22 (5): 1009-1015. 1993.
- SAHORAGARD, A.; M.A. JERVIS & N.A.C. KIDD. Influence of host availability on rates of oviposition and host-feeding, and on longevity in *Dicondylus indianus* Olmi (Hym., Dryinidae), a parasitoid of the rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål (Hem., Delphacidae). **J. Appl. Entomol.**, Berlin, 112 (2): 153-162. 1991.
- SAIT, S.M.; M. BEGON; D.J. THOMPSON; J.A. HARVEY & R.S. HAILS. Factors affecting host selection in an insect host-parasitoid interaction. **Ecol. Entomol.**, Oxford, 22 (2): 225-230. 1997.
- SALLAM, M.N.; W.A. OVERHOLT & E. KAIRU. Comparative evaluation of *Cotesia flavipes* and *C. sesamiae* (Hymenoptera: Braconidae) for the management of *Chilo Opartellus* (Lepidoptera: Pyralidae) in Kenya. **B. Entomol. Res.**, Wallingford, 89 (2): 185-191. 1999.
- SATHE, T.V. Host parasitoid density relationship between *Exelastis atomosa* (Walsingham) (Lepidoptera: Pterophoridae) and *Cotesia diurnii* Chalikwar and Rao (Hymenoptera: Braconidae). **Comp. Physiol. Ecol.**, Jodhpur, 10 (4): 271-272. 1985.

- SATHE, T.V. & P.K. NIKAM. Life tables and intrinsic rate of increase of *Campoletis chlorideae* Uchida (Hymenoptera: Ichneumonidae), an internal larval parasitoid of *Heliothis armigera* (Hubn.). **Rivista di Parassitologia**, Messina, 3 (67): 289-294. 1986.
- SCHWARTZ, A. & D. GERLING. Adult biology of *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae) under laboratory conditions. **Entomophaga**, Paris, 19 (4): 482-492. 1974.
- SHUKLA, A.N.; C.P.M. TRIPATHI & R. SINGH. Effect of food plants on the numerical response of *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of *Lipaphis erysimi* Kalt. (Hemiptera: Aphididae). **Biol. Agric. Hortic.**, Oxon, 14 (1): 71-77. 1997.
- SHU-SHENG, L. Aspects of the numerical and functional responses of the aphid parasite, *Aphidius sonchi*, in the laboratory. **Entomol. Exp. Appl.**, Dordrecht, 37 (3): 247-256. 1985.
- SIFUENTES, J.A.A. Oviposición de palomillas de cogollero y daño de las larvas en plántulas de maíz y sorgo en invernadero. **Agric. Tec. Mex.**, Chapingo, 2 (7): 311-314. 1967.
- SILVEIRA, J.C.F.; E.T. SASAKI; M.A. FORNER; M.S. HONDA & M.H. CALAFIORI. Ocorrência de parasitóides de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) em cultura de milho, em Espírito Santo do Pinhal – SP. **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, 12 (1): 41-44. 1987.
- SINGH, R. & M. SRIVASTAVA. Bionomics of *Trioxys indicus* [Hym.: Aphidiidae], a parasitoid of *Aphis craccivora* [Hem.: Aphididae]: 31. Effect of host haemolymph on the numerical response of the parasitoid. **Entomophaga**, Paris, 34 (4): 581-586. 1989.
- SINGH, R.; T.B. SINHA & K.P. SINHA. Studies on the bionomics of *Trioxys (Binodoxys) indicus* Subba Rao & Sharma (Hym., Aphidiidae): a parasitoid of *Aphis craccivora* Koch. (Hem., Aphididae): IV. Functional response of the parasitoid. **Entomon**, Trivadrurum, 4 (4): 331-334. 1979.
- SINGH, R.N.; B.R.R.PD. SINHA & S.S. SINHA. Sex ratio of uzi fly parasitoid *Trichomalopsis apanteloctena* Crawford (Hymenoptera: Pteromalidae) in laboratory and field population. **Bull. Ent.**, New Dehli, 35 (1-2): 129-135. 1994.
- SMITH, H.S. & P. DEBACH. The measure of the effect of entomophagous insects on population densities of their hosts. **J. Econ. Entomol.**, Lanham, 4 (2): 231-234. 1942.
- SNOW, J.W.; J.J. HAMM & J.R. BRAZZEL. *Geranium carolinianum* as an early host for *Heliothis zea* and *H. virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Southeastern United State, with notes on associated parasites. **Ann. Entomol. Soc. Am.**, Lanham, 59 (3): 506-509. 1966.
- SOLOMON, M.E. The natural control of animal populations. **J. Anim. Ecol.**, London, 18 (1): 1-35. 1949.
- SOUSA, J.M. & J.R. SPENCE. Effects of mating status and parasitoid density on superparasitism and offspring fitness in *Tiphodytes gerriphagus* (Hymenoptera: Scelionidae). **Ann. Entomol. Soc. Am.**, Lanham, 93 (3): 548-553. 2000.

- STAMP, N.E. Effect of group size on parasitism in a natural population of the Baltimore checkerspot *Euphydryas phaeton*. **Oecologia**, 49 (2): 201-206. 1981.
- TRIPATHI, C.P.M. & A. KUMAR. Effect of host plants on the numerical response of *Trioxys (Binodoxys) indicus* Subba Rao & Sharma (Hym., Aphidiidae), a parasitoid of *Aphis craccivora* Koch (Hem., Aphididae). **J. Appl. Ent.**, Berlin, 97 (1): 101-107. 1984.
- TRIPATHI, R.N. & R. SINGH. Aspects of life-table studies and functional response of *Lysiphlebia mirzai*. **Entomol. Exp. Appl.**, Dordrecht, 59 (3): 279-287. 1991.
- VALICENTE, F.H. Ocorrência de nematóides mermetídeos em lagartas de *Spodoptera frugiperda* em Sete Lagoas, M.G. **An. Soc. Entomol. Brasil**, Pelotas, 15 (2): 393-395. 1986.
- VALICENTE, F.H. & I. CRUZ. **Controle biológico da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda*, com o baculovírus**. Sete Lagoas: EMBRAPA- CNPMS, 1991. 23 p. (Circular Técnica 15).
- VAN DRIESCHE, R.G. & T.S. BELLOWS JR. **Biological control**. New York: Chapman & Hall, 1996. 539 p.
- VELEZ, C.M. & J.A.A. SIFUENTES. El gusano cogollero del maíz – su combate con insecticidas granulados en el valle Apatzingan, Mich. **Agric. Tec. Mex.**, Chapingo, 2 (7): 315-317. 1967.
- VINSON, S.B. & J.R. ABLES. Interspecific competition among endoparasitoids of tobacco budworm larvae [Lep.: Noctuidae]. **Entomophaga**, Paris, 25 (4): 357-362. 1980.
- VISSER, M.E. & G. DRIESSEN. Indirect mutual interference in parasitoids. **Neth. J. Zool.**, Utrecht, 41 (2-3): 214-227. 1991.
- WAAGE, J.K. & J.A. LANE. The reproductive strategy of a parasitic wasp. II. Sex allocation and local mate competition in *Trichogramma evanescens*. **J. Anim. Ecol.**, London, 53 (2): 417-426. 1984.
- WADDILL, H. & W.H. WHITCOMB. Release of *Telenomus remus* against *Spodoptera frugiperda* in Florida, USA. **Entomophaga**, Paris, 27 (2): 159-162. 1982.
- WALKER, J. Effect of population density on the viability and fecundity in *Nasonia vitripennis* Walker (Hymenoptera, Pteromalidae). **Ecology**, Durhan, 48 (2): 294-301. 1967.
- WAQUIL, J.M.; P.A. VIANA; A.I. LORDELLO; I. CRUZ & A.C. OLIVEIRA. Controle da lagarta-do-cartucho em milho com inseticidas químicos e biológicos. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, 17 (2): 163-166. 1982.
- WEBB, B.A. & S. LUCKHART. Evidence for an early immunosuppressive role for related *Campoletis sonorensis* venom and ovarian proteins in *Heliothis virescens*. **Arch. Insect Biochem. Physiol.**, New York, 26 (2-3): 147-163. 1994.
- WERREN, J.H. Sex ratio adaptations to local mate competition in a parasitic wasp. **Science**, Washington, 208 (4448): 1157-1159. 1980.

- WILLIAMS, W.P.; F.M. DAVIS & B.R. WISEMAN. Fall armyworm resistance in corn and its suppression of larval survival and growth. **Agron. J.**, Madison, 75 (5): 831. 1983.
- WILSON, D.D. & R.L. RIDGWAY. Morphology, development, and behavior of the immature stages of the parasitoid, *Campoletis sonorensis* (Hymenoptera: Ichneumonidae). **Ann. Entomol. Soc. Am.**, Lanham, 68 (2): 191-196. 1975.
- WISEMAN, B.R.; R.H. PAINTER & C.E. WASSON. Detecting corn seedlings differences in the greenhouse by visual classification of damage by the fall armyworm. **J. Econ. Entomol.**, Lanham, 59 (5): 1211-1214. 1966.
- WONG, T.T.Y.; M.M. RAMADAN; D.O. MCINNIS & N. MOCHIZUKI. Influence of cohort age and host age on oviposition activity and offspring sex ratio of *Biosteres tryoni* (Hymenoptera: Braconidae), a larval parasitoid of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). **J. Econ. Entomol.**, Lanham, 83 (3): 779-783. 1990.
- WYLIE, H.G. Some factors that reduce the reproductive rate of *Nasonia vitripennis* (Walk.) at high adults populations densities. **Can. Ent.**, Ottawa, 97 (9): 970-977. 1965.
- WYLIE, H.G. Some mechanisms that affect the sex ratio of *Nasonia vitripennis* (Walk.) (Hymenoptera: Pteromalidae) reared from superparasitized housefly pupae. **Can. Ent.**, Ottawa, 98 (6): 645-653. 1966.
- YANG, J.C.; Y.I. CHU & N.S. TALEKAR. Studies on the characteristics of parasitism of *Plutella xylostella* (Lep.: Plutellidae) by a larval parasite *Diadegma semiclausum* (Hym.: Ichneumonidae). **Entomophaga**, Paris, 39 (3-4): 397-406. 1994.
- YEARGAN, K.V. & M.A. LATHEEF. Host-parasitoid density relationships between *Hypera postica* (Coleoptera: Curculionidae) and *Bathyplectes curculionis* (Hymenoptera: Ichneumonidae). **J. Kans. Entomol. Soc.**, Lawrence, 49 (4): 551-556. 1976.

Influência da Idade de Fêmeas na Progenie do Parasitóide *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae) e na Taxa de Parasitismo de Larvas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae)

Fausto C. Matos Neto¹, José C. Zanuncio², Ivan Cruz³ & Raul N. Carvalho Guedes²

¹Depto. de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. CEP. 36571-000;

²Depto. de Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. CEP. 36571-000; ³Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo – EMBRAPA, Sete Lagoas, MG. CP. 151, CEP. 36571-000.

Influence of Female Age on Progeny Production of the Parasitoid *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae) and on Parasitism Rate of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae) Larvae

ABSTRACT- *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae) is a solitary larval endoparasitoid of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae) with potential to be used against this pest. Thus the effect of age of parasitoid females (days after emergence) and age when they started receiving host larvae (one, two, three, four and five days after emergence of *C. flavicincta* females) on progeny production and parasitism rate of this natural enemy were studied in laboratory. Twenty four larvae of *S. frugiperda* were daily supplied for each parasitoid pair until the death of the female. Total number of males produced was similar at different female age when host larvae began to be supplied (DBS) but daily male production decreased with female age in all DBS ($P < 0.05$). Number of females produced/day and total females produced during lifespan of *C. flavicincta* females and sex ratio were higher when host supply started at three or four days of adult stage of this parasitoid ($P < 0.05$). Daily production of females and sex ratio increased with starting of host supply to a maximum at 8.5 and 9.3 days, respectively and they decreased afterwards for all days of beginning larvae supply ($P < 0.05$). Parasitism rate was higher ($> 60\%$) at the beginning of host supply, increased until 6.22 days of female lifespan and decreased afterwards. Mortality of *S. frugiperda* larvae and viability of *C. flavicincta* pupae were not affected by treatments (female age and day of beginning larvae supply). Female of *C. flavicincta* that received host when they were younger showed shorter longevity than those receiving host when they were older ($P < 0.05$). Since sex ratio of this parasitoid is low in laboratory it is important to

maximize female production. Thus it is recommended to supply *S. frugiperda* larvae when *C. flavicincta* females are three to four days old.

KEY WORDS: biological control, parasitoid age, fall armyworm, pest management, corn pests.

RESUMO- *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae), endoparasitóide larval solitário de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae), apresenta grande potencial para controle dessa praga, mas ainda é pouco estudado. Por isso, avaliou-se em laboratório o efeito da idade de fêmeas desse parasitóide (dias após a emergência) e da idade de início de oferta de larvas do hospedeiro (um, dois, três, quatro e cinco dias após a emergência das fêmeas de *C. flavicincta*) sobre a produção de progênie e a taxa de parasitismo desse inimigo natural. Foram ofertadas diariamente 24 larvas do hospedeiro por casal do parasitóide, até a morte das fêmeas do mesmo. O número total de machos produzidos foi estatisticamente semelhante para os diferentes dias de início da oferta de larvas (DIO) de *S. frugiperda*, mas a produção diária de machos decresceu com a idade das progenitoras, em todas as DIO ($P < 0,05$). O número de fêmeas produzidas por dia, o total de fêmeas produzidas ao longo da vida das progenitoras e a razão sexual foram maiores com início da oferta do hospedeiro aos três ou quatro dias ($P < 0,05$). A produção diária de fêmeas e a razão sexual aumentaram desde o início da oferta, com máximo aos 8,5 e 9,3 dias, respectivamente, e decresceram a partir daí, para todos os dias de início da oferta de larvas ($P < 0,05$). A porcentagem de parasitismo foi alta ($> 60\%$) no início da oferta de larvas do hospedeiro, aumentou até os 6,22 dias de vida das progenitoras e diminuiu a partir daí. A mortalidade de larvas de *S. frugiperda* e a viabilidade de pupas de *C. flavicincta* não foram afetadas pelos tratamentos (idade das fêmeas e dia de início da oferta de larvas). Fêmeas de *C. flavicincta* que receberam hospedeiros desde jovens apresentaram menor longevidade que aquelas que receberam hospedeiros quando mais velhas ($P < 0,05$). Como a razão sexual desse parasitóide é baixa em laboratório, é importante maximizar a produção de fêmeas. Por isto, recomenda-se iniciar a oferta de larvas de *S. frugiperda* no terceiro ou quarto dias após a emergência das fêmeas de *C. flavicincta*.

PALAVRAS-CHAVE: controle biológico, idade do parasitóide, lagarta-do-cartucho, manejo de pragas, pragas do milho.

Spodoptera frugiperda (Smith) (Lep.: Noctuidae), encontrada em todo o continente americano, ataca várias espécies de plantas cultivadas (Isenhour 1985), sendo a praga mais importante do milho (*Zea mays*) no Brasil. Esta praga é hospedeira de muitos parasitóides, incluindo espécies do gênero *Campoletis* (Ashley 1979, Lucchini & Almeida 1980, McCutcheon 1991). *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae) tem sido freqüentemente encontrado parasitando larvas de *S. frugiperda* no campo em diversas regiões do país, sendo um agente promissor para o controle desse lepidóptero. Esse potencial, associado ao fato de haver poucas informações sobre *C. flavicincta* (Patel & Habib 1987, Cruz *et al.* 1995, 1997), justificam o desenvolvimento de estudos sobre essa espécie.

A idade da fêmea afeta a produção de descendentes (Oatman *et al.* 1969, Bellows 1985, Cui *et al.* 1986, Morales-Ramos & Cate 1992b, Hurtrel *et al.* 1999), a razão sexual da prole (Ashley & Chambers 1979, Rotheray *et al.* 1984) e a capacidade de parasitismo (Lashomb *et al.* 1987, Beegle *et al.* 1991, Navasero & Elzen 1992), além de ser importante para determinar a idade para retirá-las da criação (Carey *et al.* 1988). Por isso, o objetivo deste estudo foi avaliar em laboratório o efeito da idade de fêmeas de *C. flavicincta*, no momento do início da oferta de larvas de *S. frugiperda*, na produção de progênie e na taxa de parasitismo de larvas desse hospedeiro, ao longo da vida das fêmeas do parasitóide.

Material e Métodos

Este estudo foi desenvolvido em sala climatizada do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, a $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 10\%$ e fotofase natural. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com três repetições. Os tratamentos foram as datas após a emergência das fêmeas de *C. flavicincta* (um, dois, três, quatro ou cinco dias) quando se iniciou a oferta das larvas de *S. frugiperda* (DIO- dia de início da oferta de larvas do hospedeiro). Outra variável considerada neste estudo foi a idade das fêmeas do parasitóide ao longo da fase adulta

destas(DAE- dias após a emergência). Cada parcela constou de três casais de *C. flavicineta*, mantidos em recipiente de vidro (17 cm altura x 12 cm diâmetro) (um casal por recipiente) com tampa plástica perfurada (gaiola), recebendo solução de açúcar (5%) e ácido ascórbico (0,05%) como alimento e 24 larvas de *S. frugiperda* de três-quatro dias de idade (Cruz *et al.* 1997), as quais eram trocadas diariamente. Essas larvas receberam uma porção de dieta artificial (CRUZ 2000), também trocada diariamente. Após o período de exposição às fêmeas do parasitóide, as larvas do hospedeiro foram individualizadas em copos plásticos de 50 ml, contendo dieta artificial, até a emergência dos parasitóides ou pupação de *S. frugiperda*.

Avaliou-se o número de larvas de *S. frugiperda* parasitadas e não-parasitadas, a emergência de larvas e adultos de *C. flavicineta* e a razão sexual (fêmeas/ [fêmeas + machos]) do parasitóide, sendo os dados submetidos à análise de regressão múltipla, considerando-se DIO e DAE como as variáveis independentes (PROC REG, SAS Institute 1989). As fêmeas de *C. flavicineta* que não parasitaram foram descartadas do estudo. Os valores máximos de cada característica foram determinados pelo cálculo e resolução da derivada primeira dos modelos de regressão ajustados.

Resultados

O número de machos produzidos decresceu com a idade da fêmea de *C. flavicineta*, em todas as cinco datas de início da oferta de larvas de *S. frugiperda* (Fig. 1). Esse decréscimo foi pouco acentuado para fêmeas que receberam larvas desde o primeiro dia após emergência (DIO), mas intensificou-se com o aumento da idade da fêmea para início da oferta do hospedeiro (de dois até cinco DIO).

As porcentagens acumuladas de machos produzidos por fêmea de *C. flavicineta*, com início da oferta do hospedeiro aos um, dois, três, quatro e cinco dias foram, respectivamente, de 91,00% (até 11 DAE); 84,43% (até 9 DAE); 90,68% (até 11 DAE); 94,94% (até 14 DAE); e 83,77% (até 12 DAE) (Tabela 1). Nessa seqüência, cada fêmea produziu números semelhantes ($P > 0,05$) de machos ao longo da vida (129,29; 102,75; 110,50; 128,38; e 98,60 machos).

O número de fêmeas produzidas diariamente por fêmea de *C. flavicineta* (Fig. 2) apresentou comportamento similar entre tratamentos, com interação não-significativa ($P > 0,05$) entre DIO e DAE. A produção de fêmeas, para cada DIO, aumentou a partir do início da oferta do hospedeiro até um máximo em 8,51 dias após a emergência, em cada um dos cinco DIO, e decresceu a partir daí. As maiores produções diárias de fêmeas foram obtidas com início da oferta do hospedeiro aos três e quatro DIO (Fig. 2), sendo o mesmo registrado para o total de fêmeas produzidas durante a vida das fêmeas de *C. flavicineta*, tendo melhor desempenho aquelas que receberam larvas a partir do terceiro ou quarto DIO ($y = -33,1953 + 36,8642 \times \text{DIO} - 5,5958 \times \text{DIO}^2$, $R^2 = 0,6045$; $P = 0,0061$; $F = 8,40$; $g_{\text{erro}} = 11$, sendo y o total de fêmeas produzidas durante a vida das fêmeas de *C. flavicineta*) (início da oferta a: 1 DIO- 1 fêmea produzida/fêmea; 2 DIO- 13,88 fêmeas produzidas/fêmea; 3 DIO- 19,10 fêmeas produzidas/fêmea; 4 DIO- 30,63 fêmeas produzidas/fêmea; 5 DIO- 6,80 fêmeas produzidas/fêmea).

A porcentagem acumulada do total de fêmeas produzidas foi, respectivamente, de 85,71% (até o 11^a DAE); 90,99% (até o 9^a DAE); 90,05% (até o 11^a DAE); 93,47% (até o 14^a DAE); e 100% (até o 12^a DAE), com 29%, 50%, 70%, 75% e 90% das progenitoras vivas ao final do referido período, para início da oferta do hospedeiro aos um, dois, três, quatro ou cinco DIO (Tabela 1).

A razão sexual (Fig. 3) apresentou comportamento semelhante ao do número de fêmeas produzidas diariamente por fêmea, com maiores valores para a razão sexual com início do fornecimento de hospedeiros nos terceiro e quarto DIO. A proporção de fêmeas aumentou desde o início da oferta, em todos os DIO, com máximo aos 9,28 dias e decréscimo a seguir. A produção total de descendentes pelas fêmeas do parasitóide mostrou maior razão sexual para o início da oferta de larvas do hospedeiro aos três e quatro dias (DIO) do que para as outras datas ($y = -0,1934 + 0,2294 \times \text{DIO} - 0,0352 \times \text{DIO}^2$, $R^2 = 0,7406$; $P = 0,0006$; $F = 15,71$; $g_{\text{erro}} = 11$, sendo y a razão sexual da prole produzida durante a vida das fêmeas).

Não houve interação entre as datas de início da oferta de larvas (DIO) e a idade das fêmeas (DAE) de *C. flavicineta* para a taxa de parasitismo (Fig. 4), a qual apresentou valores crescentes no início da oferta das larvas de *S. frugiperda* até um máximo aos 6,22

dias e decréscimo a partir daí. Fêmeas de mesma idade apresentaram níveis próximos de parasitismo, independente do DIO, com ligeiro pico entre os terceiro e quarto DIO.

A porcentagem acumulada de larvas parasitadas, com início da oferta do hospedeiro aos um, dois, três, quatro e cinco dias foi, respectivamente, de 91,30% (até 11 DAE); 85,60% (até 9 DAE); 90,14% (até 11 DAE); 94,27% (até 14 DAE); e 84,93% (até 12 DAE) (Tabela 1). Nessa seqüência, cada fêmea de *C. flavicincta* parasitou número semelhante ($P > 0,05$) de larvas de *S. frugiperda* ao longo da vida (128,14; 126,75; 139,90; 170,25; e 114,80 larvas).

A viabilidade das pupas de *C. flavicincta* e a mortalidade de larvas de *S. frugiperda* expostas ao parasitóide não foram afetadas pelos diferentes DIO, não havendo por isso ajuste de equações para essas variáveis ($P > 0,05$). Contudo, a longevidade das fêmeas de *C. flavicincta* aumentou linearmente com o aumento do número de dias para início da oferta do hospedeiro ($y = 9,2444 + 1,4222 \times \text{DIO}$, $R^2 = 0,4528$; $P = 0,0084$; $F = 9,93$; $gl_{\text{erro}} = 12$, sendo y a longevidade média das fêmeas).

Discussão

A produção de machos, ao longo da vida das fêmeas de *C. flavicincta*, foi mais uniforme para aquelas que começaram a receber larvas de *S. frugiperda* quando mais jovens do que quando mais velhas. Estas últimas apresentam queda mais acentuada na produção de machos a partir do início da oferta de larvas de *S. frugiperda* até sua morte (Fig. 1), o que mostra que um maior período de pré-oviposição para fêmeas de *C. flavicincta* promove maior produção de machos nos primeiros dias de oferta. Isso é confirmado pelo crescimento da produção de machos com aumento do número de dias para início da oferta do hospedeiro, para fêmeas mais jovens, ao contrário do que ocorreu para as mais velhas, e pela interação significativa entre DIO e DAE ($P = 0,0001$).

O número semelhante de machos produzidos por fêmea mostra que *C. flavicincta* expressou seu potencial reprodutivo, independente da idade em que suas fêmeas começaram a receber hospedeiros; obteve-se produção mínima de 98 machos/fêmea, superior aos 32,1 machos produzidos por *Campoletis chloridae* Uchida (Hym.: Ichneumonidae) (Sathe & Nikam 1986). No entanto, o decréscimo na produção diária de machos por fêmea difere do

observado para o endoparasitóide larval *Catolaccus grandis* (Burks) (Hym.: Pteromalidae), que apresentou comportamento quadrático, com aumento dessa produção do primeiro aos 38-40 dias de idade de suas fêmeas e decréscimo a partir daí (Morales-Ramos & Cate 1992a).

Aumento na produção de fêmeas até determinada idade das progenitoras e subsequente decréscimo (Fig. 2) foi também constatado para *C. chloridae* por Sathe & Nikam (1986) e para *C. grandis* por Morales-Ramos & Cate (1992a). No entanto, isso difere do observado para fêmeas do parasitóide de pulgões *Lysiphlebia mirzai* Shuja-Uddin (Hym.: Braconidae), cuja produção de descendentes fêmeas decresceu de modo linear com o envelhecimento das mesmas (Tripathi & Singh 1991). Essa queda na produção de descendentes fêmeas, ao final da vida, é comum (Flanders 1946, Barbosa & Frongillo 1979).

Apesar do comportamento similar entre as datas de início da oferta de larvas (Fig. 2), as fêmeas de *C. flavicincta* que receberam larvas a partir do terceiro ou quarto DIO apresentaram maiores produções total e diária de fêmeas que nos primeiro, segundo ou quinto DIO. Nos terceiro e quarto DIO, foram produzidas mais de 90% dos descendentes fêmeas até o 11^o e 14^o DAE, respectivamente (Tabela 1), quando as fêmeas devem ser descartadas. Fêmeas que receberam hospedeiros a partir de um, dois e cinco dias de idade devem ser descartadas aos 11, 9 e 12 dias de idade, respectivamente (Tabela 1).

A razão sexual e a produção de fêmeas foram afetadas pelas datas de início da oferta de larvas, com melhores resultados para o início da oferta aos três e quatro dias de idade das fêmeas de *C. flavicincta* (Fig. 3), ao contrário do constatado por Tripathi & Singh (1991), que observaram que a idade maternal de *L. mirzai* não afetou a razão sexual de sua prole. A razão sexual de *C. flavicincta* aumentou até os 9,28 dias e decresceu a seguir, de forma semelhante ao verificado para *C. grandis* (Morales-Ramos & Cate 1992b). Queda da razão sexual, ao final do ciclo de vida de fêmeas de parasitóides, também foi observada por Cui *et al.* (1986) e Wong *et al.* (1990). Isso se deve à redução da produção de fêmeas nesse período, o que pode ser devido ao mal funcionamento da espermateca em fêmeas mais velhas, com menor estímulo à liberação do esperma e redução na fecundação dos ovos; ou ser resultado da depleção de esperma armazenado na espermateca (Flanders 1946). Essa última possibilidade é menos provável, pois, apesar de Patel & Habib (1987) relatarem

apenas um acasalamento para *C. flavicineta*, foi observado mais de um. Contudo, não se pode afirmar que houve transferência de esperma do macho para a fêmea.

O número de larvas parasitadas por fêmea durante toda a vida de *C. flavicineta* foi semelhante nas diferentes datas de início da oferta do hospedeiro. Isso mostra que essas fêmeas expressaram todo seu potencial reprodutivo, mesmo quando receberam larvas apenas a partir do quinto dia após sua emergência. O parasitismo, em todas as datas de início da oferta de larvas, foi crescente até os 6,22 dias de idade das fêmeas de *C. flavicineta* e decresceu a seguir, mas com altos valores de larvas parasitadas durante vários dias (Fig. 4). Aumento na taxa de parasitismo até um máximo e decréscimo posterior foi constatado para os parasitóides larval-pupal *Biosteres (Opus) longicaudatus* (Ashmead) (Ashley & Chambers 1979) e *Biosteres tryoni* (Cameron) (Hym.: Braconidae) (Wong *et al.* 1990), para o parasitóide pupal *Brachymeria intermedia* (Nees) (Hym.: Chalcididae) (Rotheray *et al.* 1984) e para o parasitóide ninfal *Dicondylus indianus* Olmi (Hym.: Dryinidae) (Sahragard *et al.* 1991). Elevação da produção de progênie até um máximo, em idade intermediária, e queda daí em diante foi constatado para o parasitóide larval *Orgilus lepidus* Muesebeck (Hym.: Braconidae) (Oatman *et al.* 1969), à semelhança dos resultados obtidos.

C. flavicineta produziu um mínimo de 105,4 descendentes, o que está próximo aos 128,7 descendentes produzidos por *Campoletis sonorensis* (Cameron) (Hym.: Ichneumonidae) ao parasitar *S. frugiperda* (Isenhour 1986), e maior que os 48,1 descendentes de *C. chloridae* no hospedeiro *Heliothis armigera* (Hubn.) (Lep.: Noctuidae) (Sathe & Nikam 1986).

A viabilidade de pupas de *C. flavicineta* e a mortalidade de larvas de *S. frugiperda* não foram afetadas pela idade das fêmeas desse parasitóide e pela idade das mesmas quando se iniciou a oferta do hospedeiro, de modo semelhante ao observado em *Microplitis croceipes* (Cresson) (Hym.: Braconidae) (Navasero & Elzen 1992). Ao contrário dos resultados de Baggen & Gurr (1998) com *Copidosoma koehleri* Blanchard (Hym.: Encyrtidae), a longevidade de fêmeas de *C. flavicineta* aumentou à medida que se retardou o início da oferta do hospedeiro do primeiro ao quinto DIO. Isso se deve ao fato de que a produção de ovos acarreta consumo de reservas das fêmeas, e quanto mais prematuramente se inicia a oviposição, mais rapidamente se esgotam as reservas, o que leva a fêmea à morte. A longevidade das fêmeas de *C. flavicineta* variou de 9,5 a 14,6 dias, o que se assemelha aos

9,3 e 8,0 dias observados para *C. sonorensis* e *C. chloridae*, respectivamente (Lingren *et al.* 1977) e 11,7 dias para *C. sonorensis* (Isenhour 1986).

Como outras espécies desse gênero (Hoelscher & Vinson 1971, Sathe & Nikam 1986), *C. flavicineta* apresenta razão sexual baixa em laboratório (Cruz *et al.* 1995, Patel & Habib 1987). Por isto, é necessário maximizar a produção de fêmeas nessas criações, o que pode ser obtido pela oferta de larvas de *S. frugiperda* a partir do terceiro ou quarto dias de idade das fêmeas do parasitóide. Desse modo, a oferta de hospedeiros deve se iniciar nesses dias, mantendo-se as fêmeas em laboratório até os nove ou onze dias de idade, respectivamente, porque nesse período elas produziram a grande maioria de seus descendentes fêmeas, apresentaram alta porcentagem de parasitismo e alta sobrevivência.

Agradecimentos

Ao CNPMS/EMBRAPA e a seus funcionários, pelo apoio na condução dos experimentos, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo suporte financeiro.

Literatura Citada

- Ashley, T.R. 1979.** Classification and distribution of fall armyworm parasites. Fla. Ent. 62: 114-123.
- Ashley, T.R. & D.L. Chambers. 1979.** Effects of parasite density and host availability on progenie production by *Biosteres (Opius) longicaudatus* [Hym.: Braconidae], a parasite of *Anastrepha suspensa* [Dip.: Tephritidae]. Entomophaga 24: 363-369.
- Baggen, L.R. & G.M. Gurr. 1998.** The influence of food on *Copidosoma koehleri* (Hymenoptera: Encyrtidae), and the use of flowering plants as a habitat management tool to enhance biological control of potato moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae). Biol. Control 11: 9-17.
- Barbosa, P. & E. Frongillo. 1979.** Host parasitoid interactions affecting reproduction and oviposition by *Brachymeria intermedia*. Entomophaga 24: 139-143.
- Beegle, C.C., J.R. Carey & R.L. Best. 1991.** Biology of *Microplitis kewleyi* (Hymenoptera: Braconidae): a parasite of *Agrotis ipsilon* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. Bioc. Sci. Technol. 1: 157-168.
- Bellows, T.S. 1985.** Effects of host and parasite age on searching behaviour and oviposition rates in *Lariophagus distinguishedus* Förster (Hymenoptera: Pteromalidae). Res. Popul. Ecol. 27: 65-76.
- Carey, J.R., T.T.Y. Wong & M.M. Ramadan. 1988.** Demographic framework for parasitoid mass rearing: case study of *Biosteres tryoni*, a larval parasitoid of tephritid fruit flies. Theor. Popul. Biol. 34: 279-296.
- Cruz, I. 2000.** Métodos de criação de agentes entomófagos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), p. 111-135. In V.H.P. Bueno (ed.), Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade. Lavras, Editora UFLA, 207p.
- Cruz, I., D.A.N. Lima, M.L.C. Figueiredo & F.H. Valicente. 1995.** Aspectos biológicos do parasitóide *Campoletis flavicincta* (Ashmead) criado em lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith). An. Soc. Entomol. Brasil 24: 201-208.
- Cruz, I., M.L.C. Figueiredo, E.P. Gonçalves, D.A.N. Lima & E.E. Diniz. 1997.** Efeito da idade de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) no desempenho do parasitóide *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hymenoptera: Ichneumonidae) e consumo foliar por lagartas parasitadas e não-parasitadas. An. Soc. Entomol. Brasil 26: 229-234.
- Cui, H., P. Barbosa & P.J. Martinat. 1986.** Influence of age of female *Glyptapanteles flavicoxis* (Marsh) (Hymenoptera: Braconidae) and its periodicity of oviposition activity on levels of parasitism and reproductive output. Ann. Entomol. Soc. Am. 79: 280-282.
- Flanders, S.E. 1946.** Control of sex and sex limited polymorphism in the Hymenoptera. Q. Rev. Biol. 21: 135-143.
- Hoelscher, C.E. & S.B. Vinson. 1971.** The sex ratio of a hymenopterous parasitoid, *Campoletis perdistinctus*, as affected by photoperiod, mating, and temperature. Ann. Entomol. Soc. Am. 64: 1373-1376.
- Hurtrel, B., S. Quilici, J.P. Nénon & F. Gourdon. 1999.** L'activite de ponte de *Psytalia fletcheri* (Silvestri) et *Diachasmimorpha tryoni* (Cameron) (Braconidae: Opiinae), parasitoïdes de mouches des fruits (Diptera: Tephritidae). Ann. Soc. Entomol. Fr. 35: 443-446.

- Isenhour, D.J. 1985.** *Campoletis sonorensis* [Hym.: Ichneumonidae] as a parasitoid of *Spodoptera frugiperda* [Lep.: Noctuidae]: host stage preference and functional response. *Entomophaga* 30: 31-36.
- Isenhour, D.J. 1986.** Developmental time, adult reproductive capability, and longevity of *Campoletis sonorensis* (Hymenoptera: Ichneumonidae) as a parasitoid of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 79: 893-897.
- Lashomb, J., D. Krainacker, R.K. Jansson, Y.S. Ng & R. Chianese. 1987.** Parasitism of *Leptinotarsa decemlineata* (Say) eggs by *Edovum puttleri* Grissell (Hymenoptera: Eulophidae): effects of host age, parasitoid age, and temperature. *Can. Ent.* 119: 75-82.
- Lingren, P.D., F.D. Wilson & R.I. Sailer. 1977.** Cross mating of *Campoletis sonorensis* and *Campoletis chloridae*. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 70: 442-446.
- Lucchini, F. & A.A. Almeida. 1980.** Parasitas da *Spodoptera frugiperda* (Smith & Abbot, 1797) (Lep., Noctuidae), lagarta do cartucho do milho, encontrados em Ponta Grossa, PR. *An. Soc. Entomol. Brasil* 9: 115-121.
- McCutcheon, G.S. 1991.** Late-season parasitoids of the fall armyworm in South Carolina. *J. Agric. Entomol.* 8: 219-221.
- Morales-Ramos, J.A. & J.R. Cate. 1992a.** Rate of increase and adult longevity of *Catolaccus grandis* (Burks) (Hymenoptera: Pteromalidae) in laboratory at four temperatures. *Environ. Entomol.* 21: 620-627.
- Morales-Ramos, J.A. & J.R. Cate. 1992b.** Laboratory determination of age-dependent fecundity, development, and rate of increase of *Catolaccus grandis* (Burks) (Hymenoptera: Pteromalidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 85: 469-476.
- Navasero, R. & G. Elzen. 1992.** Influence of maternal age and host deprivation on egg production and parasitization by *Microplitis croceipes* [Hym.: Braconidae]. *Entomophaga* 37: 37-44.
- Oatman, E.R., G.R. Platner & P.D. Greany. 1969.** The biology of *Orgilus lepidus* (Hymenoptera: Braconidae), a primary parasite of the potato tuberworm. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 62: 1407-1414.
- Patel, P.N. & M.E.M. Habib. 1987.** Biological studies on *Campoletis flavicincta* (Ashmead, 1890) (Hym., Ichneumonidae), an endoparasitoid of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Abbot & Smith, 1797) (Lep., Noctuidae). *J. Appl. Ent.* 104: 28-35.
- Rotheray, G.E., P. Barbosa & P. Martinat. 1984.** Host influences on life history traits and oviposition behavior of *Brachymeria intermedia* (Nees) (Hymenoptera: Chalcididae). *Environ. Entomol.* 13: 243-247.
- Sahragard, A., M.A. Jervis & N.A.C. Kidd. 1991.** Influence of host availability on rates of oviposition and host-feeding, and on longevity in *Dicondylus indianus* Olmi (Hym., Dryinidae), a parasitoid of the rice brown planthopper, *Nilaparvata lugens* Stål (Hem., Delphacidae). *J. Appl. Ent.* 112: 153-162.
- SAS Institute Inc. 1989.** SAS/STAT User's Guide, Version 6, Fourth Edition, Volume 2. Cary, NC, USA, SAS Institute, 1674p.
- Sathe, T.V. & P.K. Nikam. 1986.** Life tables and intrinsic rate of increase of *Campoletis chloridae* Uchida (Hymenoptera: Ichneumonidae), an internal larval parasitoid of *Heliothis armigera* (Hubn.). *Rivista di Parassitologia* 3: 289-294.

- Tripathi, R.N. & R. Singh. 1991.** Aspects of life-table studies and functional response of *Lysiphlebia mirzai*. Entomol. Exp. Appl. 59: 279-287.
- Wong, T.T.Y., M.M. Ramadan, D.O. McInnis & N. Mochizuki. 1990.** Influence of cohort age and host age on oviposition activity and offspring sex ratio of *Biosteres tryoni* (Hymenoptera: Braconidae), a larval parasitoid of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol. 83: 779-783.

Tabela 1. Características reprodutivas de fêmeas do parasitóide *Campoletis flavicincta* (Hym.: Ichneumonidae), recebendo larvas do hospedeiro *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) a partir do 1º (1 DIO), 2º (2 DIO), 3º (3 DIO), 4º (4 DIO) ou 5º (5 DIO) dia após a emergência.

Dia de início da oferta do hospedeiro	1 DIO	2 DIO	3 DIO	4 DIO	5 DIO
Período considerado	1º- 11º DAE	2º- 9º DAE	3º- 11º DAE	4º- 14º DAE	5º- 12º DAE
Características*					
% de progenitoras vivas	29,00	50,00	70,00	75,00	90,00
% acumulada de machos produzidos	91,00	84,43	90,68	94,94	83,77
% acumulada de fêmeas produzidas	85,71	90,99	90,05	93,47	100,00
% acumulada de larvas parasitadas	91,30	85,60	90,14	94,27	84,93

* Valores referentes ao período considerado; DIO- dia de início da oferta de larvas do hospedeiro; DAE (dias após a emergência)- idade da fêmea.

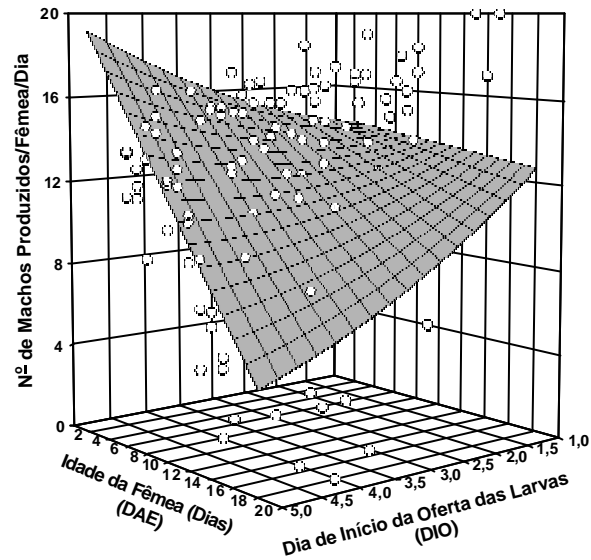


Figura 1. Número de machos produzidos diariamente/fêmea do parasitóide *Campoletis flavicineta* (Hym.: Ichneumonidae), que recebem larvas do hospedeiro *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) a partir do primeiro, segundo, terceiro, quarto ou quinto dia após a emergência (DIO) ($y = 13,7070 + 0,4047 \times \text{DIO} + 0,1157 \times \text{DAE} - 0,2056 \times \text{DIO} \times \text{DAE} + 0,2103 \times \text{DIO}^2$; $R^2 = 0,3053$; $F = 15,71$; $P < 0,0001$; $gl_{\text{erro}} = 143$; sendo y o número de machos produzidos/dia).

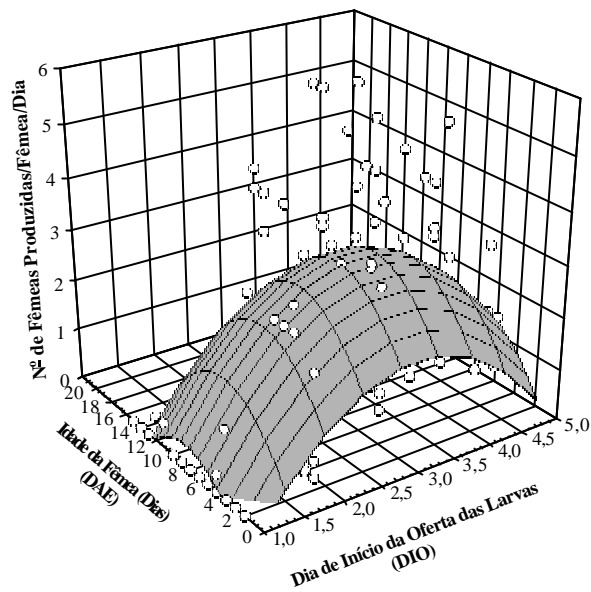


Figura 2. Número de fêmeas produzidas diariamente/fêmea do parasitóide *Campoletis flavicineta* (Hym.: Ichneumonidae), que receberam larvas do hospedeiro *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) a partir do primeiro, segundo, terceiro, quarto ou quinto dia após a emergência (DIO) ($y = -4,5746 + 3,3587 \times \text{DIO} + 0,5060 \times \text{DAE} - 0,5182 \times \text{DIO}^2 - 0,0297 \times \text{DAE}^2$; $R^2 = 0,3679$; $F = 20,807$; $P = 0,0001$; $gl_{\text{erro}} = 147$; sendo y o nº de fêmeas produzidas/dia).

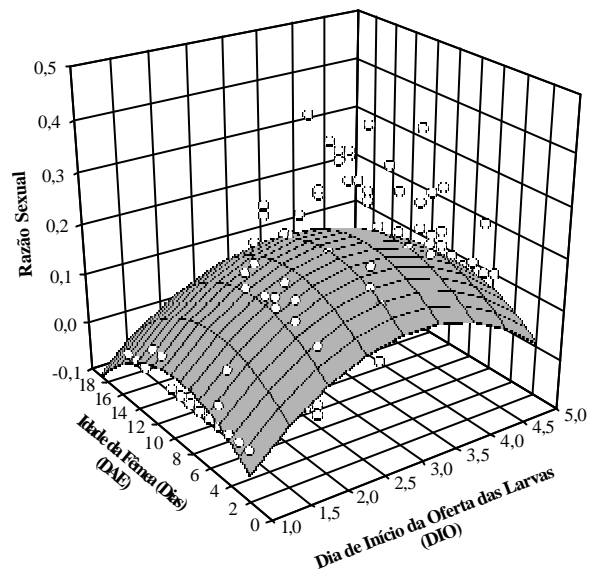


Figura 3. Razão sexual da prole de fêmeas do parasitóide *Campoletis flavicincta* (Hym.: Ichneumonidae), que receberam larvas do hospedeiro *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) a partir do primeiro, segundo, terceiro, quarto ou quinto dia após a emergência (DIO) ($y = -0,2784 + 0,2196 \times \text{DIO} + 0,0260 \times \text{DAE} - 0,0343 \times \text{DIO}^2 - 0,0014 \times \text{DAE}^2$; $R^2 = 0,3615$; $F = 19,816$; $P = 0,0001$; $gl_{\text{erro}} = 140$; sendo y a razão sexual).

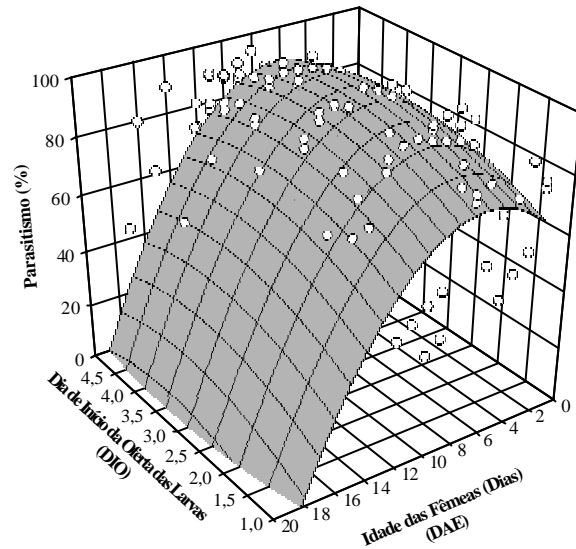


Figura 4. Porcentagem de parasitismo de fêmeas do parasitóide *Campoletis flavicincta* (Hym.: Ichneumonidae), recebendo larvas do hospedeiro *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) a partir do primeiro, segundo, terceiro, quarto ou quinto dia após a emergência (DIO) ($y = 42,5574 + 16,6112 \times \text{DIO} + 6,7513 \times \text{DAE} - 2,3296 \times \text{DIO}^2 - 0,5420 \times \text{DAE}^2$; $R^2 = 0,4659$; $F = 31,181$; $P = 0,0001$; $g_{\text{erro}} = 143$; sendo y a % de parasitismo).

Interferência Mútua e Efeito da Densidade nas Características Reprodutivas do Parasitóide
Campoletis flavicincta (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae)

Fausto C. Matos Neto¹, José C. Zanuncio², Ivan Cruz³ & Carlos H. Osório Silva⁴

¹Depto. de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. CEP. 36571-000;
²Depto. de Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. CEP. 36571-000;
³Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo – EMBRAPA, Sete Lagoas, MG. CP. 151, CEP. 35701-970; ⁴Depto. de Informática, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. CEP. 36571-000.

Mutual Interference and Effect of Density on Reproductive Characteristics of the Parasitoid
Campoletis flavicincta (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae)

ABSTRACT- The effect of parasitoid density on reproductive characteristics of *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae) and the occurrence of mutual interference on this parasitoid were evaluated aiming to increase efficiency of rearing this parasitoid due to its high potential as a biological control agent of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae). One, two, three, four or five pairs of *C. flavicincta* were used per glass cage rearing in laboratory. These pairs received 48 larvae of the host *S. frugiperda* per day after five to eleven days of emergence. Progeny production per cage was not affected by densities of *C. flavicincta* but the number of offspring per parasitoid female decreased with increasing of its density ($P < 0.05$). Female production per cage increased but the number of females produced per female was not affected by parasitoid density ($P > 0.05$). Sex ratio, parasitism rate and indirect mortality of host larvae increased linearly with increasing density of *C. flavicincta* ($P < 0.05$). High constant of mutual interference ($m = 0.5585$) showed the occurrence of this phenomenon. Daily performance of this parasitoid showed reduction on progeny production only with one pair/cage ($P < 0.05$). Parasitism rate decreased along time of study with all parasitoid densities but female production, sex ratio and indirect mortality of host larvae did not vary along time ($P > 0.05$). Potential of this parasitoid to control *S. frugiperda* is supported because mutual interference with high constant m suggests that interaction between *C. flavicincta* and *S. frugiperda* tends to become stable in the field.

KEY WORDS: parasitoid density, mutual interference, *Campoletis*, *Spodoptera*.

RESUMO– Avaliou-se o efeito da densidade de *Campoletis flavicineta* (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae), um parasitóide de grande potencial para o controle de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae), nas características reprodutivas desse inimigo natural e a ocorrência de interferência mútua, visando aumentar o conhecimento e aprimorar a eficiência da criação do mesmo. Um, dois, três, quatro ou cinco casais de *C. flavicineta* foram acondicionados por recipiente de vidro em sala climatizada. Esses casais receberam diariamente, do quinto ao décimo primeiro dia após a emergência, 48 larvas do hospedeiro *S. frugiperda*. A produção de progênie/gaiola foi estatisticamente semelhante nas diferentes densidades de *C. flavicineta*, mas cada fêmea individualmente produziu menor número de descendentes com o aumento da densidade ($P < 0,05$). A produção de fêmeas por gaiola aumentou, mas a de fêmeas por fêmea não foi influenciada pela densidade do parasitóide ($P > 0,05$). A razão sexual, o parasitismo e a mortalidade indireta de larvas do hospedeiro aumentaram linearmente com o aumento da densidade de *C. flavicineta* ($P < 0,05$). Constatou-se interferência mútua entre os parasitóides, com alto valor para a constante de interferência mútua ($m = 0,5585$). O desempenho diário desse parasitóide mostrou queda na produção de progênie apenas com 1 casal/gaiola ($P < 0,05$). A taxa de parasitismo também decresceu em todas as densidades, mas a produção de fêmeas, a razão sexual e a mortalidade indireta de larvas do hospedeiro não variaram ao longo do intervalo do estudo, em todas as cinco densidades do parasitóide ($P > 0,05$). O potencial desse parasitóide para o controle de *S. frugiperda* é reafirmado, pois a interferência mútua observada, com forte constante m , sugere que a interação de *C. flavicineta* e *S. frugiperda* tende a tornar-se estável.

PALAVRAS-CHAVE: densidade do parasitóide, interferência mútua, *Campoletis*, *Spodoptera*.

Várias espécies de Lepidoptera são parasitadas por *Campoletis* spp. (Lingren *et al.* 1970, Ashley 1983, McCutcheon 1991). No Brasil, a lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae) é parasitada por *Campoletis flavicineta* (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae) (Patel & Habib 1987, Cruz *et al.* 1995, 1997), o qual apresenta potencial para seu controle por apresentar considerável parasitismo natural de larvas de *S. frugiperda* na cultura de milho.

Um dos principais requisitos para a propagação massal de um agente de controle biológico é sua produção com alta qualidade e baixo custo. Para isso, deve-se definir as condições ótimas de criação, como a densidade do parasitóide (Zaki *et al.* 1994) por unidade de produção. Estudos sobre densidade de parasitóides possibilitam o desenvolvimento de modelos de interação parasitóide-hospedeiro (Visser *et al.* 1990, Lynch *et al.* 1998) e a avaliação do grau de interferência mútua (Rogers & Hassell 1974, Beddington 1975, Visser & Driessen 1991, Weisser *et al.* 1997, Visser *et al.* 1999) entre parasitóides. A interferência mútua é o decréscimo na eficiência de procura em decorrência do aumento da densidade do parasitóide (Hassell & Varley 1969, Hassell 1978), podendo alterar a taxa de parasitismo (Montoya *et al.* 2000), a razão sexual da progênie (Wylie 1965, Walker 1967), reduzir a produção de descendentes (Bakker *et al.* 1967, Fusco & Hower 1974) e o tempo gasto provando ativamente o hospedeiro e aumentar o tempo descansando e andando (Hassell 1971). Contudo, esse fenômeno é potencialmente um fator estabilizante de interações parasitóide-hospedeiro (Hassell & May 1973, Hassell 1978) e, por isso, é um dos fatores que devem ser estudados em programas de controle biológico (Dijken & Alphen 1991, Greenberg *et al.* 2001).

Este estudo objetivou verificar, em laboratório, o efeito da densidade do parasitóide *C. flavicincta* sobre sua progênie, parasitismo, razão sexual e sobre a mortalidade indireta de larvas do hospedeiro *S. frugiperda*, além de avaliar a interferência mútua para esse parasitóide.

Material e Métodos

Casais de *C. flavicincta*, obtidos de criação (Cruz *et al.* 1995) do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), foram acondicionados em gaiola de criação (12 cm diâm. x 17 cm alt.) com tampa plástica perfurada em laboratório a 22 ± 2 °C, umidade relativa de $65 \pm 5\%$ e fotofase de 12 h. Esses casais receberam diariamente uma solução de açúcar (5%) e ácido ascórbico (0,05%) e, dos cinco aos onze dias após a emergência, 48 larvas/gaiola/dia de *S. frugiperda* de três-quatro dias de idade (Cruz *et al.* 1997). Essas larvas foram mantidas nas gaiolas com um pedaço de dieta artificial (Cruz 2000) por 24 horas, quando eram retiradas e substituídas

por outras. As larvas expostas a *C. flavicineta* foram individualizadas em copo plástico de 50 ml com dieta artificial, até a emergência dos adultos do parasitóide, caso parasitadas.

Os tratamentos foram representados pelas densidades de um, dois, três, quatro ou cinco casais de *C. flavicineta* por gaiola, com cinco repetições por tratamento, em delineamento inteiramente casualizado. Os dados relativos à produção de progênie, produção de fêmeas, razão sexual, parasitismo e mortalidade indireta de larvas do hospedeiro *S. frugiperda* (morte decorrente de outras causas que não a maturação e emergência do parasitóide de seu hospedeiro (Yeargan & Iatheef 1976)) foram submetidos à análise de regressão (PROC GLM, SAS Institute 1989).

O efeito da densidade do parasitóide na eficiência de procura foi analisado com a equação de interferência mútua (Hassell & Varley 1969), $\log a = \log Q - m \times \log P$, em que a é a taxa de ataque; $\log Q$ (o intercepto), valor de $\log a$ quando $P = 1$; P , densidade do parasitóide; e m , constante de interferência mútua (declividade). A taxa de ataque $a = (1/P \times T) \ln(N/N_s)$, em que T é o período de duração do experimento (7 dias); N , número total de hospedeiros oferecidos em cada repetição; e N_s , número total de hospedeiros sobreviventes.

Resultados

A produção de progênie por gaiola não foi afetada pela densidade de *C. flavicineta* ($F = 2,52$; $P = 0,0755$; $gl_{\text{erro}} = 19$). Porém, a produção de fêmeas ($y = 0,7381 + 5,6255x$; $F = 8,96$; $P = 0,0067$; $R^2_{\text{Trat}} = 0,8208$; $gl_{\text{erro}} = 22$) (Fig. 1); a razão sexual ($y = 0,0074 + 0,0289x$; $F = 6,97$; $P = 0,0149$; $R^2_{\text{Trat}} = 0,7423$; $gl_{\text{erro}} = 22$) (Fig. 2); a taxa de parasitismo ($y = 66,7909 + 4,3200x$; $F = 4,26$; $P = 0,0500$; $R^2_{\text{Trat}} = 0,3995$; $gl_{\text{erro}} = 22$) (Fig. 3); e a mortalidade indireta de larvas do hospedeiro *S. frugiperda* ($y = 5,0001 + 1,2381x$; $F = 5,29$; $P = 0,0313$; $R^2_{\text{Trat}} = 0,5597$; $gl_{\text{erro}} = 22$) (Fig. 4) apresentaram aumento linear com a densidade do parasitóide.

A produção de progênie por fêmea de *C. flavicineta* diminuiu ($y = 222,5068 - 76,2979x + 8,0188x^2$; $F = 46,02$; $P < 0,0001$; $R^2_{\text{Trat}} = 0,9982$; $gl_{\text{erro}} = 21$) (Fig. 5), enquanto a produção de fêmeas por cada fêmea não foi afetada ($F = 0,73$; $P = 0,5818$; $gl_{\text{erro}} = 19$) pela densidade do parasitóide.

A regressão linear de $\log a$ em função de $\log P$ (Hassell & Varley 1969) ($\log a = -0,8113 - 0,5585 \log P$; $F = 13,10$; $P = 0,0014$; $R^2 = 0,3629$; $gl_{\text{erro}} = 23$) mostrou que houve interferência mútua com $m = 0,5585$ (Fig. 6).

O desempenho das fêmeas de *C. flavicineta* (por gaiola), no período que receberam larvas de *S. frugiperda* (do 5^o ao 11^o dia após a emergência), nos diferentes tratamentos, mostrou redução linear da produção de progênie ao longo do tempo na densidade de um casal/gaiola ($y = 36,3214 - 1,7857x$; $F = 4,47$; $P = 0,0442$; $R^2_{\text{Treat}} = 0,8590$; $gl_{\text{erro}} = 26$) (Fig. 7), sem variação significativa dessa característica nas outras densidades ($P > 0,05$). A taxa de parasitismo também decresceu linearmente ao longo do tempo, para as densidades de um casal/gaiola ($y = 105,4818 - 5,4662x$; $F = 6,54$; $P = 0,0167$; $R^2_{\text{Treat}} = 0,7913$; $gl_{\text{erro}} = 26$), dois casais/gaiola ($y = 107,5811 - 3,1535x$; $F = 4,25$; $P = 0,0471$; $R^2_{\text{Treat}} = 0,7514$; $gl_{\text{erro}} = 33$), três casais/gaiola ($y = 118,6790 - 3,8449x$; $F = 15,51$; $P = 0,0004$; $R^2_{\text{Treat}} = 0,7148$; $gl_{\text{erro}} = 32$), quatro casais/gaiola ($y = 104,9937 - 3,5934x$; $F = 5,79$; $P = 0,0219$; $R^2_{\text{Treat}} = 0,8180$; $gl_{\text{erro}} = 33$) e cinco casais/gaiola ($y = 119,1654 - 3,7838x$; $F = 14,67$; $P = 0,0005$; $R^2_{\text{Treat}} = 0,7704$; $gl_{\text{erro}} = 33$) (Fig. 8), sendo esses modelos semelhantes entre si ($P > 0,05$). A produção de fêmeas, a razão sexual e a mortalidade indireta de larvas do hospedeiro foram semelhantes ao longo do tempo para todas as densidades do parasitóide.

A produção de progênie/fêmea de *C. flavicineta* decresceu linearmente ao longo do tempo com um casal/gaiola (nesta densidade, os resultados por gaiola ou por cada fêmea são os mesmos), mas não variou ($P > 0,05$) nas outras densidades de *C. flavicineta*. A produção de fêmeas também não apresentou variação significativa ao longo do tempo em nenhuma das densidades de *C. flavicineta* ($P > 0,05$).

Discussão

A produção de progênie por gaiola não foi afetada pelo número de casais de *C. flavicineta*, mas essa produção por fêmea decresceu com o aumento do número de casais (Fig. 5). Isto mostra que, nas menores densidades de *C. flavicineta*, o número de hospedeiros oferecidos foi suficiente para que o potencial de parasitismo desse himenóptero fosse atingido, mas nas maiores densidades de casais esse número de hospedeiros foi insuficiente. Redução da progênie produzida/fêmea em função da densidade do parasitóide foi também relatada para *Microctonus aethiopsis* Nees (Hym.: Braconidae) (Fusco & Hower 1974) e *Cheiropachus quadrum* (Fabr.) (Hym.: Pteromalidae) (Lozano *et al.* 1997).

O aumento na produção de fêmeas por gaiola, com a elevação da densidade de parasitóides (Fig. 1), e a ausência de variação na produção de fêmeas/fêmea evidenciam que

cada fêmea de *C. flavicincta* produziu número semelhante de descendentes fêmeas em todas as densidades de casais desse parasitóide. A razão sexual aumentou com a densidade do parasitóide (Fig. 2), como reflexo do crescimento da produção de fêmeas/gaiola. Isso é importante para a criação desse inimigo natural, pois ele produz baixo número de fêmeas em laboratório e, conseqüentemente, apresenta baixa razão sexual. Esse problema pode ser atenuado pelo aumento do número de casais por gaiola para até cinco, pois assim obtém-se aumento da produção de fêmeas (e da razão sexual). Elevação da razão sexual com o aumento na densidade do parasitóide foi registrado também para *Nasonia vitripennis* (Walk.) (Hym.: Pteromalidae) (Wylie 1965) em elevada densidade do hospedeiro *Musca domestica* L. (Dip.: Muscidae).

O aumento linear da taxa de parasitismo com a densidade de *C. flavicincta* (Fig. 3) mostra que, nas menores densidades desse parasitóide, a razão hospedeiro : parasitóide foi alta, ultrapassando a capacidade de parasitismo desse inimigo natural. A taxa de parasitismo também aumentou com a densidade do parasitóide para *N. vitripennis* (Edwards 1961, Wylie 1965), *Trioxys indicus* Subba Rao & Sharma (Hym.: Aphidiidae) (Singh & Srivastava 1989), *Diaeretiella rapae* McIntosh (Hym.: Aphidiidae) (Shukla *et al.* 1997) e *Eretmocerus mundus* Mercet (Hym.: Aphelinidae) (Jones *et al.* 1999).

A mortalidade indireta de larvas de *S. frugiperda* aumentou com a densidade de *C. flavicincta* (Fig. 4), o que pode ser conseqüência do superparasitismo (Wylie 1965, Fusco & Hower 1974, Jones *et al.* 1999) ou de ferimentos causados pelas fêmeas desse parasitóide ao introduzir o ovipositor nas larvas do hospedeiro (Bakker *et al.* 1967, Walker 1967, Yeorgan & Latheef 1976, Ryan 1988). Sousa & Spence (2000) observaram que o superparasitismo e o número de ferimentos decorrentes da oviposição foram maiores nas densidades mais elevadas dos parasitóides. O superparasitismo não é desejável, por representar desperdício de ovos do parasitóide, pois apenas uma larva deste se desenvolve em cada larva do hospedeiro.

Apesar de o parasitismo ter aumentado com a densidade de *C. flavicincta*, constatou-se interferência mútua (Fig. 6), a qual aparentemente levou à queda da produção de progênie/fêmea (Fig. 5). Interferência entre parasitóides também foi observada para *Diadegma semiclausum* Hellén (Hym.: Ichneumonidae) (Yang *et al.* 1994) e para *M. quadrum* (Lozano *et al.* 1997). *C. flavicincta* apresentou alto valor para a constante de

interferência mútua ($m= 0,5585$), maior que os 0,415; 0,2830 e 0,1836 observados para *T. indicus* (Singh & Srivastava 1989), *E. mundus* (Jones *et al.* 1999) e *Encarsia pergandiella* Howard (Hym.: Aphelinidae) (Greenberg *et al.* 2001), respectivamente. Essa constante é uma medida do grau de interferência entre parasitóides (Beddington 1975), e quanto maior seu valor, maior será a tendência da interação parasitóide-hospedeiro tornar-se mais estável (Hassell & May 1973, Rogers & Hassell 1974, Beddington 1975). A interferência pode, por exemplo, levar a uma distribuição mais eficiente dos parasitóides no campo, a partir de áreas com altas densidades destes, promovendo um forrageamento mais eficiente e, conseqüentemente, melhorando a eficiência do controle biológico (Hassell 1978).

O desempenho reprodutivo das fêmeas de *C. flavicineta* evidencia queda na produção de progênie do parasitóide, ao longo do tempo, apenas na densidade de um casal/gaiola (Fig. 7), o que mostra ser essa densidade muito baixa. As outras características (produção de fêmeas, razão sexual e mortalidade indireta de larvas do hospedeiro) não apresentaram variação, exceto a taxa de parasitismo, que decresceu em todas as densidades do parasitóide (Fig. 8).

Deve-se manter cinco casais de *C. flavicineta* por gaiola de 12 cm de diâmetro x 17 cm de altura e, se necessário, aumentar esse número. Contudo, se forem utilizados cinco ou mais casais, o número de larvas do hospedeiro *S. frugiperda* deve ser aumentado, para explorar melhor o potencial das fêmeas desse parasitóide, o que tem sido feito na criação do CNPMS-EMBRAPA, a partir deste estudo.

A interferência constatada sugere que *C. flavicineta* tem potencial considerável como um fator estabilizante da dinâmica de populações de *S. frugiperda*. Por isso, sugere-se que estudos sejam desenvolvidos em campo para se avaliar efetivamente o potencial desse agente de controle biológico da lagarta-do-cartucho.

Agradecimentos

Ao CNPMS/EMBRAPA e a seus funcionários, pelo apoio na condução dos experimentos, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo suporte financeiro.

Literatura Citada

- Ashley, T.R. 1983.** Growth pattern alterations in fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*, larvae after parasitization by *Apanteles marginiventris*, *Campoletis grioti*, *Chelonus insularis*, and *Eiphosoma vitticole*. Fla. Entomol. 66: 260-266.
- Bakker, K., S.N. Bagchee, W.R. Van Zwet & E. Meelis. 1967.** Host discrimination in *Pseudeucoila bochei* (Hymenoptera: Cynipidae). Entomol. Exp. Appl. 10: 295-311.
- Beddington, J.R. 1975.** Mutual interference between parasites or predators and its effect on searching efficiency. J. Anim. Ecol. 44: 331-340.
- Cruz, I. 2000.** Métodos de criação de agentes entomófagos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), p. 111-135. In V.H.P. Bueno (ed.), Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade. Lavras, Editora UFLA, 207p.
- Cruz, I., D.A.N. Lima, M.L.C. Figueiredo & F.H. Valicente. 1995.** Aspectos biológicos do parasitóide *Campoletis flavicincta* (Ashmead) criado em lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith). An. Soc. Entomol. Brasil 24: 201-208.
- Cruz, I., M.L.C. Figueiredo, E.P. Gonçalves, D.A.N. Lima & E.E. Diniz. 1997.** Efeito da idade de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) no desempenho do parasitóide *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hymenoptera: Ichneumonidae) e consumo foliar por lagartas parasitadas e não-parasitadas. An. Soc. Entomol. Brasil 26: 229-234.
- Dijken, M.J. Van & J.J.M. Van Alphen. 1991.** Mutual interference and superparasitism in the solitary parasitoid *Epidinocarsis lopezi*. Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent 56: 1003-1010.
- Edwards, R.L. 1961.** The area of discovery of two insect parasites, *Nasonia vitripennis* (Walker) and *Trichogramma evanescens* Westwood, in an artificial environment. Can. Ent. 93: 475-481.
- Fusco, R.A. & A.A. Hower Jr. 1974.** Influence of parasitoid-host density and host availability on the laboratory propagation of *Microctonus aethiops* [Hym.: Braconidae] parasitoid of *Hypera postica* [Coleop.: Curculionidae]. Entomophaga 19: 75-83.
- Greenberg, S.M., B.C. Legaspi Jr. & W.A. Jones. 2001.** Comparison of functional response and mutual interference between two aphelinid parasitoids of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Entomol. Sci. 36: 1-8.
- Hassell, M.P. 1971.** Mutual interference between searching insect parasites. J. Anim. Ecol. 40: 473-486.
- Hassell, M.P. 1978.** The dynamics of arthropod predator-prey systems. Princeton, Princeton University Press, 237p.
- Hassell, M.P. & G.C. Varley. 1969.** New inductive population model for insect parasites and its bearing on biological control. Nature 223: 1133-1137.
- Hassell, M.P. & R.M. May. 1973.** Stability in insect host parasite models. J. Anim. Ecol. 42: 693-726.
- Jones, W.A., S.M. Greenberg & B. Legaspi Jr. 1999.** The effect of varying *Bemisia argentifolii* and *Eretmocerus mundus* ratios on parasitism. BioControl 44: 13-28.
- Lingren, P.D., R.J. Guerra, J.W. Nickelsen & C. White. 1970.** Host and host-age preference of *Campoletis perdinctus* (Vierick). J. Econ. Entomol. 63: 518-522.

- Lozano, C., N.A.C. Kidd, M.A. Jervis & M. Campos. 1997.** Effects of parasitoid spatial heterogeneity, sex ratio and mutual interference on the interaction between the olive bark beetle *Phloeotribus scarabaeoides* (Col., Scolytidae) and the pteromalid parasitoid *Cheiropachus quadrum* (Hym., Pteromalidae). *J. Appl. Ent.* 121: 521-528.
- Lynch, L.D., R.G. Bowers, M. Begon & D.J. Thompson. 1998.** A dynamic refuge model and population regulation by insect parasitoids. *J. Anim. Ecol.* 67: 270-279.
- McCutcheon, G.S. 1991.** Late-season parasitoids of the fall armyworm in South Carolina. *J. Agric. Entomol.* 8: 219-221.
- Montoya, P., P. Liedo, B. Benrey, J.F. Barrera, J. Cancino & M. Aluja. 2000.** Functional response and superparasitism by *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 93: 47-54.
- Patel, P.N. & M.E.M. Habib. 1987.** Biological studies on *Campoletis flavicineta* (Ashmead, 1890) (Hym., Ichneumonidae), an endoparasite of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Abbot and Smith, 1797) (Lepid, Noctuidae). *J. Appl. Ent.* 104: 28-35.
- Rogers, D.J. & M.P. Hassell. 1974.** General models for insect parasite and predator searching behaviour: interference. *J. Anim. Ecol.* 43: 239-253.
- Ryan, R.B. 1988.** Evidence for mortality in addition to successful parasitism of needlemining larch casebearer (Lepidoptera: Coleophoridae) larvae by *Agathis pumila* (Ratz.) (Hymenoptera: Braconidae). *Can. Ent.* 120: 1035-1036.
- SAS Institute Inc. 1989.** SAS/STAT User's Guide, Version 6, Fourth Edition, Volume 2. Cary, NC, USA, SAS Institute, 1674p.
- Shukla, A.N., C.P.M. Tripathi & R. Singh. 1997.** Effect of food plants on the numerical response of *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of *Lipaphis erysimi* Kalt. (Hemiptera: Aphididae). *Biol. Agric. Hortic.* 14: 71-77.
- Singh, R. & M. Srivastava. 1989.** Bionomics of *Trioxys indicus* [Hym.: Aphidiidae], a parasitoid of *Aphis craccivora* [Hem.: Aphididae]: 31. Effect of host haemolymph on the numerical response of the parasitoid. *Entomophaga* 34: 581-586.
- Sousa, J.M. & J.R. Spence. 2000.** Effects of mating status and parasitoid density on superparasitism and offspring fitness in *Tiphodytes gerriphagus* (Hymenoptera: Scelionidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 93: 548-553.
- Visser, M.E. & G. Driessen. 1991.** Indirect mutual interference in parasitoids. *Neth. J. Zool.* 41: 214-227.
- Visser, M.E., J.J.M. Van Alphen & H.W. Nell. 1990.** Adaptive superparasitism and patch time allocation in solitary parasitoids: the influence of the number of parasitoids depleting a patch. *Behaviour* 111: 21-36.
- Visser, M.E., T.H. Jones & G. Driessen. 1999.** Interference among insect parasitoids: a multi-patch experiment. *J. Anim. Ecol.* 68: 108-120.
- Walker, J. 1967.** Effect of population density on the viability and fecundity in *Nasonia vitripennis* Walker (Hymenoptera, Pteromalidae). *Ecology* 48: 294-301.
- Weisser, W.W., H.B. Wilson & M.P. Hassell. 1997.** Interference among parasitoids: a clarifying note. *Oikos* 79: 173-178.
- Wylie, H.G. 1965.** Some factors that reduce the reproductive rate of *Nasonia vitripennis* (Walk.) at high adults populations densities. *Can. Ent.* 97: 970-977.

- Yang, J.C., Y.I. Chu & N.S. Talekar. 1994.** Studies on the characteristics of parasitism of *Plutella xylostella* (Lep.: Plutellidae) by a larval parasite *Diadegma semiclausum* (Hym.: Ichneumonidae). *Entomophaga* 39: 397-406.
- Yeargan, K.V. & M.A. Latheef. 1976.** Host-parasitoid density relationships between *Hypera postica* (Coleoptera: Curculionidae) and *Bathyplectes curculionis* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *J. Kansas Entomol. Soc.* 49: 551-556.
- Zaki, F.N., G. Elsaadany, A. Gomaa & M. Saleh. 1994.** Some biological factors affecting the production of the larval parasitoid *Bracon brevicornis* Wesm. (Hym., Braconidae). *J. Appl. Ent.* 118: 413-418.

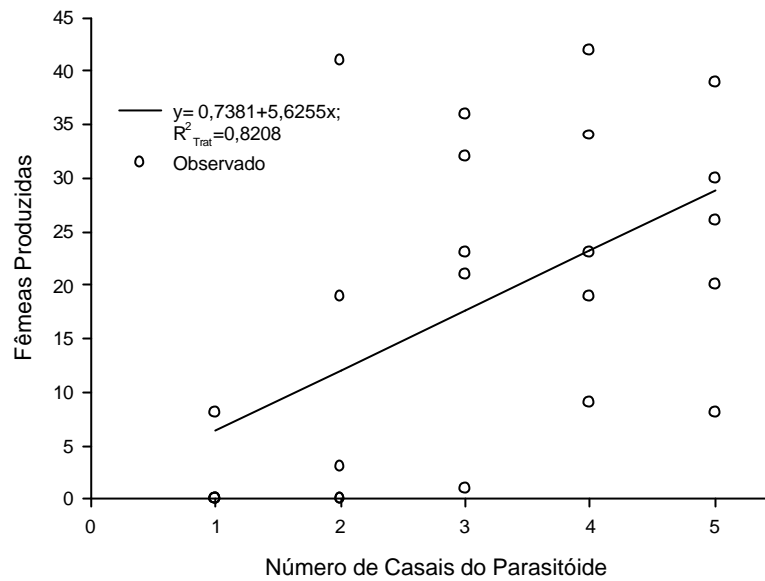


Figura 1. Produção de fêmeas/gaiola por *Campoletis flavicincta* (Hym.: Ichneumonidae) nas densidades de um, dois, três, quatro ou cinco casais/gaiola, parasitando larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) a 22 ± 2 °C, $65 \pm 5\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 h.

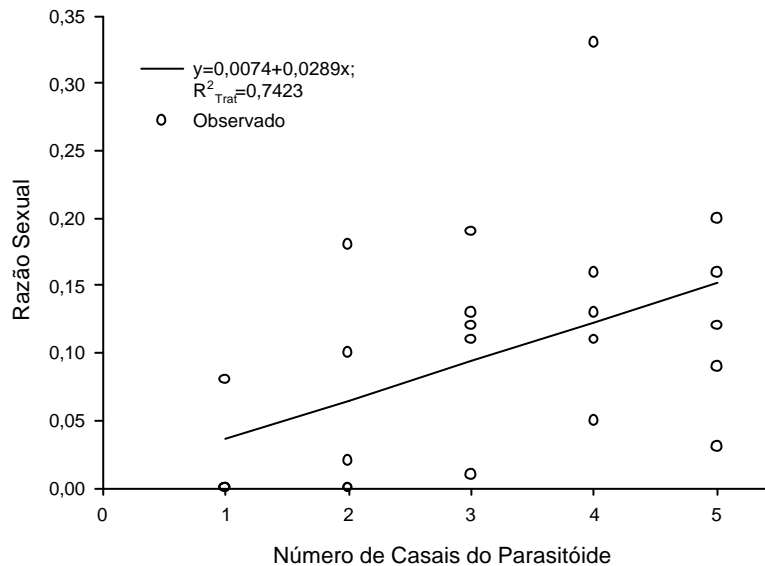


Figura 2. Razão sexual da progênie de *Campoletis flavicincta* (Hym.: Ichneumonidae) nas densidades de um, dois, três, quatro ou cinco casais/gaiola, parasitando larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) a 22 ± 2 °C, $65 \pm 5\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 h.

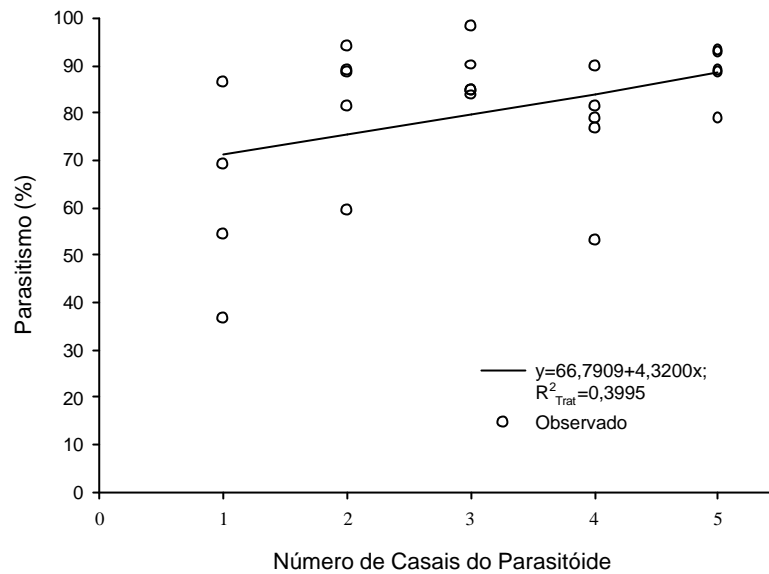


Figura 3. Taxa de parasitismo de *Campoletis flavicincta* (Hym.: Ichneumonidae) nas densidades de um, dois, três, quatro ou cinco casais/gaiola, parasitando larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) a 22 ± 2 °C, $65 \pm 5\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 h.

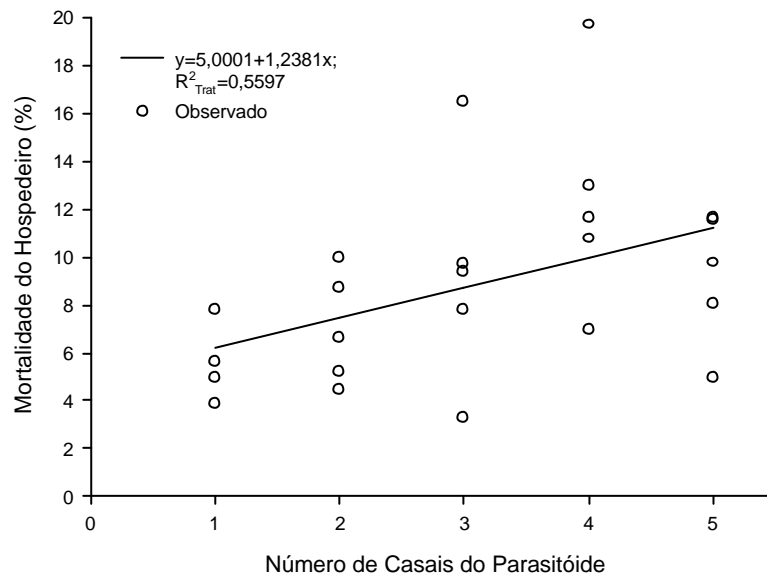


Figura 4. Mortalidade indireta de larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae), após exposição ao parasitóide *Campoletis flavicincta* (Hym.: Ichneumonidae), nas densidades de um, dois, três, quatro ou cinco casais do parasitóide/gaiola, a 22 ± 2 °C, $65 \pm 5\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 h.

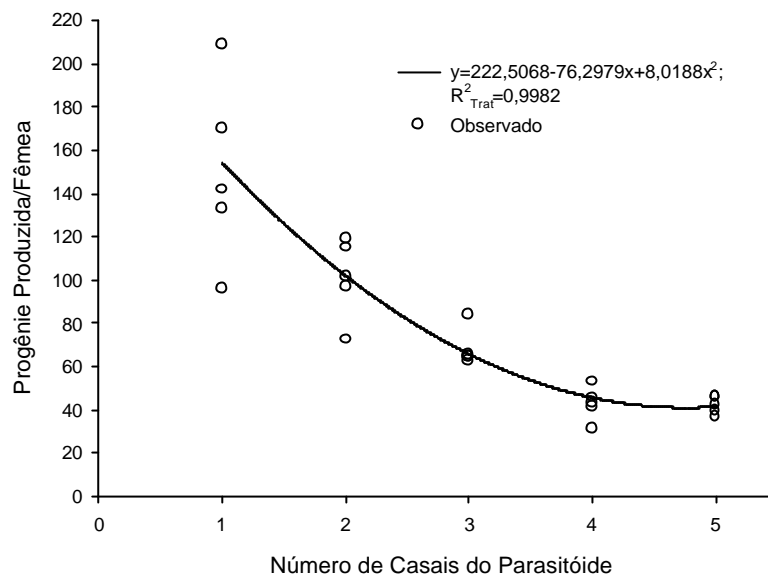


Figura 5. Progênie produzida por fêmea de *Campoletis flavicineta* (Hym.: Ichneumonidae) nas densidades de um, dois, três, quatro ou cinco casais/gaiola, parasitando larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) a $22 \pm 2^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 h.

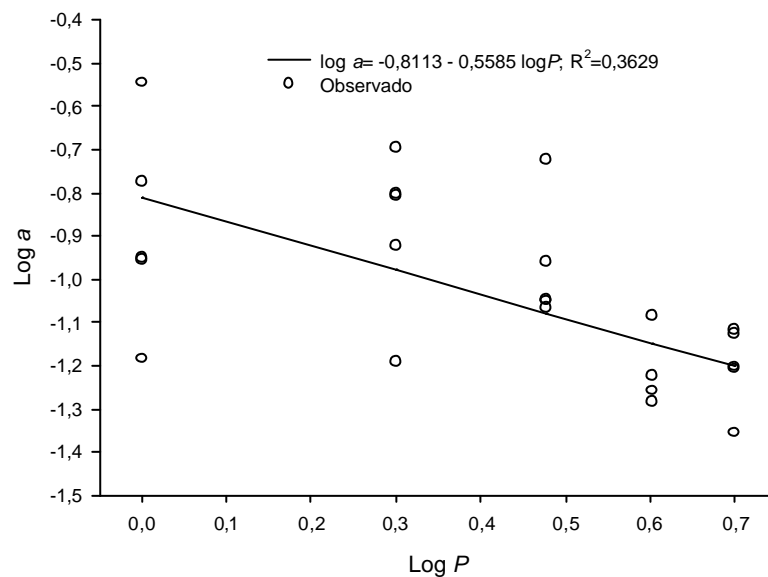


Figura 6. Interferência mútua entre casais de *Campoletis flavicineta* (Hym.: Ichneumonidae) parasitando larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) a $22 \pm 2^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 h (P é a densidade do parasitóide e a é a taxa de ataque).

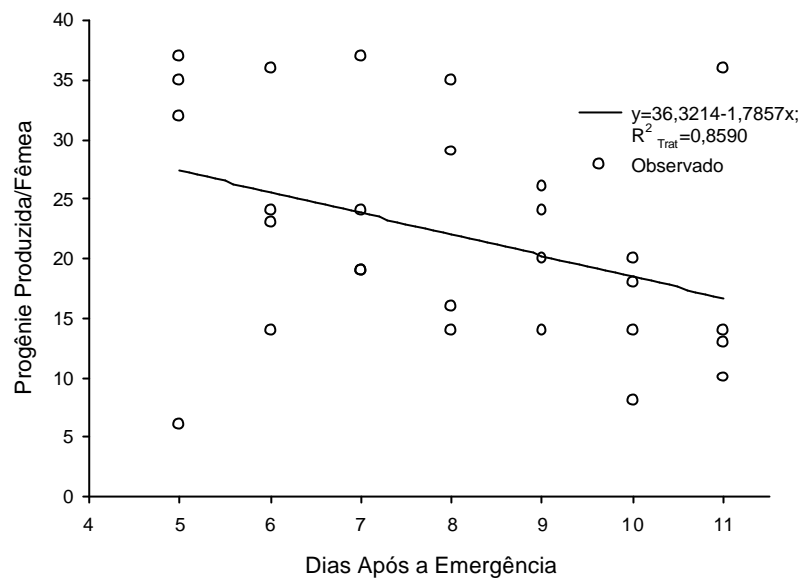


Figura 7. Progênie produzida por dia por *Campoletis flavicincta* (Hym.: Ichneumonidae), com um casal/gaiola, parasitando larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) a $22 \pm 2^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 h.

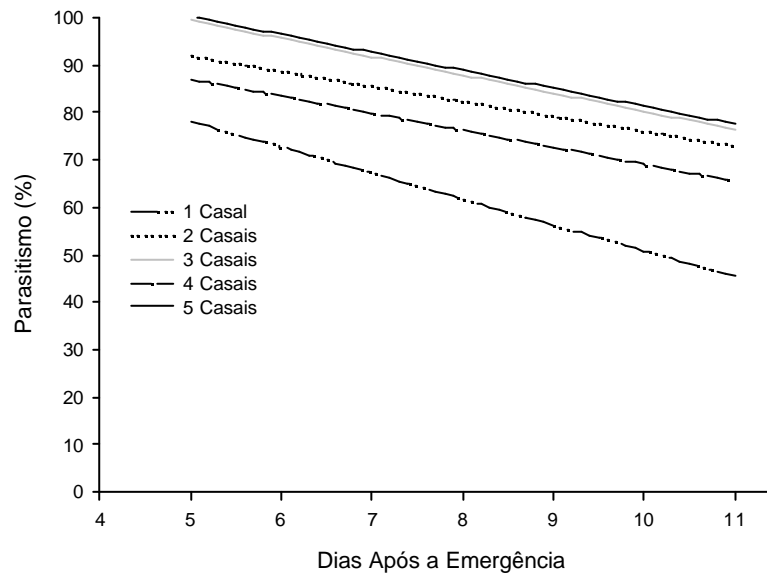


Figura 8. Taxa de parasitismo de *Campoletis flavicincta* (Hym.: Ichneumonidae) nas densidades de um, dois, três, quatro ou cinco casais/gaiola, parasitando larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) a $22 \pm 2^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 h.

Respostas Funcional e Numérica e Características Reprodutivas de *Campoletis flavicineta* (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae) Recebendo Diferentes Densidades de Larvas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae)

Fausto C. Matos Neto¹, Carlos H. Osório Silva², Ivan Cruz³ & José C. Zanuncio⁴

¹Depto. de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Viçosa, MG. CEP. 36571-000; ²Depto. de Informática, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. CEP. 36571-000; ³Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo – EMBRAPA, Sete Lagoas, MG. CP. 151, CEP. 35701-970; ⁴Depto. de Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. CEP. 36571-000.

Functional and Numerical Responses and Reproductive Characteristics of *Campoletis flavicineta* (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae) Supplied With Different Larval Densities of *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) (Smith)

ABSTRACT- Functional and numerical responses, reproductive characteristics, viability of parasitoid pupae and mortality of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae) larvae after parasitism were determined for *Campoletis flavicineta* (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae) parasitising *S. frugiperda* larvae under laboratory conditions. Each parasitoid couple was maintained until female death in glass rearing cage (12 cm diam. x 17 cm high) with 10, 20, 30, 40, or 50 larvae/day of the host *S. frugiperda*. A type III functional response curve was fitted using average number of larvae supplied per day, during female lifespan as the explanatory variable. Handling time was 0.5940 ± 0.0875 h (estimate \pm SE) and instantaneous search rate = $b \times N_0$, with $b = 0.0047 \pm 0.0020$ h⁻¹ (estimate \pm SE), where N_0 is the number of host supplied daily for *C. flavicineta*. Functional response during the first five days of host supply was type III in each of these days. Longevity and parasitism rate showed significant linear decrease with host density, but offspring production (numerical response) showed an increasing quadratic variation with host density (P= 0,0005). Production of females by *C. flavicineta*, offspring sex ratio, viability of parasitoid pupae and percentage of mortality of *S. frugiperda* larvae were not affected by host density (P> 0,05). Functional and numerical responses by *C. flavicineta* show good potencial of this parasitoid to control *S. frugiperda*.

KEY WORDS: fall armyworm, host density, functional response, numerical response, parasitoid age.

RESUMO- As respostas funcional e numérica, as características reprodutivas e a viabilidade de pupas do parasitóide *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae) e a mortalidade de larvas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae), após o parasitismo, foram determinadas em laboratório. Cada casal desse parasitóide foi mantido em laboratório, até a morte da fêmea, em recipiente de vidro com 10, 20, 30, 40, ou 50 larvas de *S. frugiperda* por dia. A resposta funcional, de acordo com a média diária de larvas parasitadas durante a vida de fêmeas desse parasitóide, foi sigmóide (tipo III) com tempo de manipulação de $0,5940 \pm 0,0875$ h (estimativa \pm erro padrão) e taxa de procura instantânea = $b \times N_0$, com $b = 0,0047 \pm 0,0020$ h⁻¹, em que N_0 = número de hospedeiros oferecidos/dia a *C. flavicincta*. Além disso, a resposta funcional desse parasitóide foi também do tipo III em cada um dos primeiros cinco dias de oferta do hospedeiro. A longevidade e a taxa de parasitismo de *C. flavicincta* mostraram decréscimo linear significativo com o aumento da densidade do hospedeiro, mas a produção de descendentes (resposta numérica) aumentou com a densidade do hospedeiro ($P = 0,0005$). A produção de fêmeas, a razão sexual e a viabilidade de pupas de *C. flavicincta* e a porcentagem de mortalidade de larvas de *S. frugiperda* não foram afetadas pela densidade do hospedeiro ($P > 0,05$). As respostas funcional e numérica de *C. flavicincta* indicam boas possibilidades de uso desse parasitóide para o controle de *S. frugiperda*.

PALAVRAS-CHAVE: lagarta-do-cartucho, densidade do hospedeiro, resposta funcional, resposta numérica, idade do parasitóide.

Spodoptera frugiperda (Smith) (Lep.: Noctuidae), praga importante em muitas culturas agrícolas (Sparks 1986), é a mais prejudicial à cultura do milho (*Zea mays*) no Brasil. O controle desse inseto tem sido feito basicamente com inseticidas, mas nos últimos anos têm-se intensificado os estudos visando identificar (Lucchini & Almeida 1980) e desenvolver técnicas de criação de seus inimigos naturais (Cruz *et al.* 1995, Cruz 2000). Dentre esses inimigos, o endoparasitóide larval *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae) mostra-se promissor, pois é encontrado em diferentes regiões atacando larvas de *S. frugiperda*. Embora alguns estudos sobre características biológicas desse parasitóide tenham sido desenvolvidos, são necessários novos estudos para compreender as interações parasitóide-hospedeiro e otimizar o controle biológico com este inimigo natural.

As respostas funcional e numérica (Solomon 1949, Holling 1959a, 1959b, 1961, 1965, 1966, Royama 1971, Rogers 1972, Hassell *et al.* 1977, Hassell 1978) de parasitóides são importantes. A primeira possibilita avaliar a eficiência de procura do parasitóide (De Bach & Smith 1941), facilita a compreensão de interações parasitóide-hospedeiro (Hassell 1978, Hughes *et al.* 1992, Chesson & Murdoch 1986, Pacala *et al.* 1990, Ives 1992) e é um dos principais aspectos a serem considerados na escolha de um inimigo natural para programas de controle biológico (Hofsvang & Hågvar 1983, Cave & Gaylor 1989, Overholt & Smith 1990, Da Silva *et al.* 1992, Morales-Ramos & Cate 1992, Montoya *et al.* 2000, Greenberg *et al.* 2001). A resposta numérica avalia o aumento populacional do parasitóide em função do aumento da densidade do hospedeiro (Solomon 1949, Holling 1961), com impacto óbvio no controle biológico. Embora essa resposta tenha recebido menor atenção dos pesquisadores que a funcional, ela não deve ser ignorada dada a sua importância para avaliar o potencial de agentes de controle biológico (Ives & Settle 1996). Essas informações, associadas a dados biológicos básicos do parasitóide, são importantes para o desenvolvimento de modelos de interação inimigo natural-hospedeiro (Ives 1992) e para a criação massal desses inimigos naturais. Neste trabalho, estudou-se as respostas funcional e numérica e as características reprodutivas de *C. flavicincta* parasitando larvas de *S. frugiperda* em diferentes densidades desse hospedeiro.

Material e Métodos

Acondicionou-se individualmente casais de *C. flavicincta*, provenientes de criação em laboratório (Cruz *et al.* 1995), em gaiola de vidro (12 cm diâm. x 17 cm alt.) com volume de 1,7 litro e área interna de 866 cm², em sala climatizada do Laboratório de Criação de Insetos do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (EMBRAPA), a 25 ± 2 °C, 70 ± 10% de umidade relativa e fotofase de 12 h. Esses parasitóides receberam, ao longo da fase adulta, solução de açúcar (5%) e ácido ascórbico (0,05%) e diariamente, a partir de cinco dias da emergência, larvas do hospedeiro *S. frugiperda* com três a quatro dias de idade (Cruz *et al.* 1995). Essas larvas foram alimentadas com um pedaço de dieta artificial (CRUZ 2000) e substituídas por outras a cada 24 horas. As larvas expostas a *C. flavicincta* foram transferidas, individualmente, para copos plásticos de 50 ml contendo dieta artificial.

Os tratamentos foram constituídos por 10, 20, 30, 40 ou 50 larvas de *S. frugiperda* ofertadas diariamente por casal do parasitóide, em delineamento inteiramente casualizado, com 10 repetições por tratamento. Determinou-se o número de larvas de *S. frugiperda* parasitadas, a emergência de larvas e adultos de *C. flavicineta* e a razão sexual desse parasitóide. Fêmeas de *C. flavicineta* que não parasitaram foram desconsideradas da análise. Utilizou-se contrastes polinomiais ortogonais para se avaliar a significância do efeito do número de larvas ofertadas (tratamentos) nas características avaliadas (PROC GLM, SAS Institute 1989). Estimou-se os efeitos linear e quadrático, sendo os efeitos cúbicos e de quarto grau incluídos na falta de ajustamento do modelo. Essas características foram analisadas considerando-se os resultados de toda a vida das fêmeas de *C. flavicineta*.

Os dados referentes ao número de hospedeiros parasitados utilizados na análise de resposta funcional foram os valores médios diários de toda a vida das fêmeas de *C. flavicineta*, ou aqueles para cada um dos cinco primeiros dias. A taxa média diária de parasitismo (em decimais), durante a vida de cada fêmea de *C. flavicineta*, foi multiplicada pelo número de larvas que a respectiva fêmea recebeu diariamente (10, 20, 30, 40 ou 50). Dessa forma, os dados foram convertidos para valores diários de parasitismo. O tipo de resposta funcional (II ou III) foi estabelecido, inicialmente, com regressão logística para modelar a proporção de hospedeiros parasitados em função do número de hospedeiros ofertados (PROC GENMOD, SAS Institute 1989), segundo metodologia proposta por Trexler *et al.* (1988) e Juliano (1993). Os parâmetros do modelo funcional foram posteriormente estimados por regressão não-linear (PROC NLIN, SAS Institute 1989) (Williams & Juliano 1985, Juliano & Williams 1987, Juliano 1993, Alebeek *et al.* 1996).

Resultados

Os resultados da regressão logística não permitiram uma seleção adequada do modelo de resposta funcional (tipo II ou III) segundo os critérios propostos por Juliano (1993). Por isso, optou-se por ajustar ambos os modelos de resposta funcional e selecionar o mais adequado de acordo com a significância das estimativas dos parâmetros a e Th e com a estimativa da correlação entre os valores observados e estimados pelos modelos, uma aproximação do R^2 (coeficiente de determinação) de cada modelo. Considerando-se os

resultados de toda a vida das fêmeas de *C. flavicineta*, o modelo selecionado foi o tipo III (Fig. 1), com $N_p = N_o [1 - \exp(-\frac{b \times T \times N_o \times P_t}{1 + c \times N_o + b \times T_h \times N_o^2})]$ (Hassell 1978), em que N_p é o número de hospedeiros parasitados; N_o , número de hospedeiros oferecidos; T , tempo disponível para procura (considerado 24 h); P_t , densidade do parasitóide e T_h , tempo de manipulação. Nesse modelo, b , c e T_h são parâmetros a serem estimados. A taxa de procura instantânea (ou constante de ataque) é definida por $a = \frac{b \times N_o}{1 + c \times N_o}$. As estimativas dos parâmetros, com respectivos erros-padrão, foram $b = 0,0047 \pm 0,0020 \text{ h}^{-1}$ e $T_h = 0,5940 \pm 0,0875 \text{ h}$; o parâmetro c foi descartado do modelo por não ter sido significativo ($P > 0,05$). Desse modo, a apresentou variação linear em função de N_o ($a = b \times N_o$), com inclinação de 0,0047.

O modelo selecionado para a resposta funcional para cada um dos cinco primeiros dias de oferta do hospedeiro foi também do tipo III. O tempo de manipulação aumentou com a idade das fêmeas de *C. flavicineta*, enquanto a taxa de procura instantânea aumentou até o quarto dia e decresceu no quinto dia após o início da oferta do hospedeiro *S. frugiperda* (Tabela 1).

A resposta numérica (ou produção de progênie) de *C. flavicineta* (Tabela 2, Fig. 2) aumentou até 40 hospedeiros ofertados/dia ($y = -6,7416 + 6,1272x - 0,0766x^2$; $R^2_{\text{Trat}} = 0,8364$; $F = 9,30$; $P = 0,0005$; $g_{\text{erro}} = 38$) e decresceu na maior densidade (50 hospedeiros).

A longevidade de fêmeas de *C. flavicineta* ($y = 14,6002 - 0,0744x$; $R^2_{\text{Trat}} = 0,8105$; $F = 9,84$; $P = 0,0032$; $g_{\text{erro}} = 39$) (Tabela 2, Fig. 3) e a taxa de parasitismo de larvas de *S. frugiperda* ($y = 70,7094 - 0,3689x$; $R^2_{\text{Trat}} = 0,4887$; $F = 4,14$; $P = 0,0487$; $g_{\text{erro}} = 39$) (Tabela 2, Fig. 4) apresentaram redução linear significativa com o aumento do número de hospedeiros oferecidos a esse parasitóide. Entretanto, a produção de progênie fêmea ($F = 0,20$; $P = 0,9351$; $g_{\text{erro}} = 36$), a razão sexual ($F = 1,09$; $P = 0,3774$; $g_{\text{erro}} = 36$), a porcentagem de pupas de *C. flavicineta* sem emergência de adultos ($F = 0,66$; $P = 0,6210$; $g_{\text{erro}} = 36$) e a porcentagem de larvas de *S. frugiperda* mortas após exposição ao parasitóide ($F = 0,74$; $P = 0,5701$; $g_{\text{erro}} = 36$) foram semelhantes nas diversas densidades do hospedeiro (Tabela 2).

Discussão

Campoletis flavicincta apresentou resposta funcional sigmóide (tipo III). A taxa de procura instantânea a , considerando-se toda a vida das fêmeas desse parasitóide, aumentou linearmente com o número de hospedeiros oferecidos ($a = b \times N_0 = 0,0047 \times N_0 \text{ h}^{-1}$). O tempo de manipulação (Th), o tempo entre dois ataques sucessivos, foi 0,5940 h. A taxa de procura instantânea é a proporção de hospedeiros encontrada pelo parasitóide durante o intervalo experimental e determina a inclinação com que a curva alcança a assíntota superior (Hassell 1978). *C. flavicincta* tem grande potencial para o controle biológico de *S. frugiperda*, por apresentar resposta tipo III, pois somente respostas funcionais sigmóides são dependentes da densidade do hospedeiro até um limiar de densidade. Por isso, podem contribuir para a estabilidade da interação parasitóide-hospedeiro se a população de equilíbrio do hospedeiro encontra-se abaixo desse limiar (Hassell *et al.* 1977, Hassell 1978). Respostas funcionais sigmóides foram também observadas para *Aphidius uzbeckistanicus* (Luzhetski) (Hym.: Aphidiidae) (Dransfield 1979), *Trioxys (Binodoxys) indicus* Subba Rao & Sharma (Hym.: Aphidiidae) (Pandey *et al.* 1982), *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hym.: Aphidiidae) (Pandey *et al.* 1984), *Campoletis chlorideae* Uchida (Hym.: Ichneumonidae) (Kumar *et al.* 1994), *Aphidius colemani* Vierick (Hym.: Braconidae) (Steenis & El-Khawass 1995) e *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmead) (Hym.: Braconidae) (Montoya *et al.* 2000). Isenhour (1985) encontrou resposta funcional do tipo II para *Campoletis sonorensis* (Cameron) (Hym.: Ichneumonidae), mas os procedimentos estatísticos para análise dos dados, a arena (placa de Petri de 6,5 cm de altura x 15 cm diâmetro) e a duração do experimento (24 h) foram diferentes. Apesar dessas diferenças, o valor de Th no primeiro dia de oferta do hospedeiro para *C. flavicincta* (0,2427 h) foi próximo ao obtido para *C. sonorensis* (0,199 h) (Isenhour 1985) e para *Eretmocerus mundus* Mercet (Hym.: Aphelinidae) (0,1992 h) (Greenberg *et al.* 2001).

O aumento da progênie de *C. flavicincta* até 40 hospedeiros ofertados/dia e queda na maior densidade (Fig. 2) foi semelhante ao observado para *Cotesia flavipes* Cameron e *Cotesia sesamiae* (Cameron) (Hym.: Braconidae) (Sallam *et al.* 1999), mas difere de observado para *Glyptapanteles flavicoxis* (Marsh) (Hym.: Braconidae), cujas fêmeas mostraram produção de progênie semelhante com diversas densidades do hospedeiro (Fuester *et al.* 1987). Contudo, *G. flavicoxis* é um endoparasitóide gregário e suas fêmeas

podem compensar a menor disponibilidade de larvas do hospedeiro nas densidades mais baixas pela oviposição de maior número de ovos em cada uma delas e, assim, superar a limitação do menor número de hospedeiros. Esse aumento da progênie é importante para agentes de controle biológico porque a resposta numérica é, freqüentemente, mais importante (Huffaker *et al.* 1971) que a funcional para o controle de pragas. A queda na produção de progênie na maior densidade do hospedeiro pode ser explicada pela redução do número de larvas parasitadas e aumento do número de larvas não-parasitadas (tanto considerando-se a média diária quanto os valores totais da vida das fêmeas) nessa densidade, em comparação à densidade de 40 larvas. Isso pode ser consequência do aumento do canibalismo na maior densidade do hospedeiro, com maior consumo de larvas parasitadas nessa densidade, o que levou à queda na produção de progênie (as larvas parasitadas são mais susceptíveis de serem consumidas pelas não-parasitadas). Outra explicação é que o modelo ajustado possa ter apresentado essa queda devido ao aumento na variabilidade da produção de progênie com o aumento do número de hospedeiros oferecidos, o que forçou uma curva no ajuste. Esse decréscimo na produção de progênie, na maior densidade do hospedeiro, foi constatado por Overholt & Smith (1990) para três espécies de parasitóides. No entanto, tal queda não deve ocorrer no campo, onde a densidade de larvas de *S. frugiperda* é menor que as usadas neste estudo.

A longevidade de fêmeas de *C. flavicincta* apresentou relação linear decrescente com o número de hospedeiros ofertados (Fig. 3). Isso significa que essas fêmeas expressaram seu potencial reprodutivo mais precocemente em maiores densidades do hospedeiro. Conseqüentemente, esgotaram suas reservas mais rapidamente, o que as levou a morrerem antes daquelas que receberam menor número de larvas de *S. frugiperda*. Esses resultados discordam de Fuester *et al.* (1987), os quais não observaram efeito de diferentes densidades do hospedeiro na longevidade de fêmeas de *G. flavicoxis*. Isto pode ser explicado pelo fato de as fêmeas desse parasitóide terem apresentado produção semelhante de progênie nas diferentes densidades do hospedeiro. Portanto, não esgotaram suas reservas mais precocemente em quaisquer das densidades e, conseqüentemente, suas longevidades foram semelhantes.

O parasitismo de larvas de *S. frugiperda* também apresentou redução linear com a densidade do hospedeiro (Fig. 4), mostrando que as maiores densidades foram superiores à

capacidade de parasitismo das fêmeas de *C. flavicincta*. A redução da taxa de parasitismo com o aumento da densidade do hospedeiro foi também verificada para *Aphidius smithi* Sharma & Subba Rao (Mackauer 1983), *Aphidius sonchi* Marshall (Hym.: Aphidiidae) (Shu-Sheng 1985), *Diadegma semiclausum* Hellén (Hym.: Ichneumonidae) (Yang *et al.* 1994) e *Eretmocerus longipes* Compere (Hym.: Aphelinidae) (Liu & Sengonça 1998). Isso indica ser este o padrão quando o potencial de parasitismo desses parasitóides é ultrapassado.

A produção de progênie fêmea de *C. flavicincta* foi semelhante nas diferentes densidades do hospedeiro. Foram produzidas 13,2; 12,4; 16,0; 9,4; e 7,0 fêmeas por fêmea desse parasitóide, nas densidades de 10; 20; 30; 40; e 50 hospedeiros ofertados/dia, respectivamente. Essas médias, embora semelhantes ($P > 0,05$), sugerem tendência de variação quadrática da produção de fêmeas, como observado para a produção de progênie (Fig. 2) e relatado para *C. flavipes* e *C. sesamiae* (Sallam *et al.* 1999). Embora a razão sexual tenha sido semelhante nas diferentes densidades do hospedeiro ($P > 0,05$), essa característica apresentou tendência de diminuição nas maiores densidades, como observado para *A. uzbekistanicus* parasitando *Hyalopteroides humilis* (Walker) (Hom.: Aphididae) (Dransfield 1979) e *G. flavicoxis* parasitando *Lymantria dispar* (L.) (Lep.: Lymantriidae) (Fuester *et al.* 1987). Por isso, a produção de progênie fêmea e de progênie total, além da razão sexual, indicam que deve-se utilizar 10 a 30 larvas/dia de *S. frugiperda* por fêmea de *C. flavicincta*, dependendo da demanda do laboratório e dos recursos disponíveis.

A densidade do hospedeiro não afetou a viabilidade de pupas de *C. flavicincta* e a porcentagem de mortalidade de larvas de *S. frugiperda* (Tabela 2), sendo esse último resultado semelhante ao observado para *G. flavicoxis* (Fuester *et al.* 1987). A mortalidade de larvas de *S. frugiperda* pode ter sido causada pelo trauma do parasitismo ou pelo superparasitismo, embora isso não tenha sido avaliado. No entanto, se essas fossem as causas, a mortalidade deveria decrescer com o número de hospedeiros disponíveis. Como isso não ocorreu, essa mortalidade parece ser casual.

Os valores de a e Th , considerando-se toda a vida das fêmeas, comparados àqueles referentes aos cinco primeiros dias de vida (Tabela 1), evidenciam que estudos de resposta funcional devem ser conduzidos ao longo da vida das fêmeas, para se obter resultados mais representativos.

C. flavicincta mostrou resposta funcional sigmóide, a qual é considerada a mais estabilizante relação entre um hospedeiro e seu parasitóide. Essa resposta, associada à resposta numérica ascendente, demonstra boas possibilidades de uso desse parasitóide em programas de controle de *S. frugiperda*. Além disso, recomenda-se que sejam oferecidas diariamente 10 a 30 larvas dessa praga para maximizar a produção de fêmeas de *C. flavicincta*.

Agradecimentos

A Geraldo Fonseca, por seu auxílio nos experimentos, ao Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPMS/EMBRAPA), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG).

Literatura Citada

- Alebeek, F.A.N. Van, C.M. Koning, E.A.P. Korte & A. Van Huis. 1996.** Egg-limited functional response of *Uscana lariophaga*, egg parasitoid of bruchid beetle pests in stored cowpea. Entomol. Exp. Appl. 81: 215-225.
- Cave, R.D. & M.J. Gaylor. 1989.** Functional response of *Telenomus reynoldsi* [Hym.: Scelionidae] at five constant temperatures and in an artificial plant arena. Entomophaga 34: 3-10.
- Chesson, P.L. & W.W. Murdoch. 1986.** Aggregation of risk: relationships among host-parasitoid models. Am. Nat. 127: 696-715.
- Cruz, I. 2000.** Métodos de criação de agentes entomófagos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), p. 111-135. In V.H.P. Bueno (ed.), Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade. Lavras, Editora UFLA, 207p.
- Cruz, I., D.A.N. Lima, M.L.C. Figueiredo & F.H. Valicente. 1995.** Aspectos biológicos do parasitóide *Campoletis flavicincta* (Ashmead) criado em lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith). An. Soc. Entomol. Brasil 24: 201-208.
- Da Silva, P.G., K.S. Hagen & A.P. Gutierrez. 1992.** Functional response of *Curinus coeruleus* [Col.: Coccinellidae] to *Heteropsylla cubana* [Hom.: Psyllidae] on artificial and natural substrates. Entomophaga 37: 555-564.
- De Bach, P. & H.S. Smith. 1941.** The effect of host density on the rate of reproduction of entomophagous parasites. J. Econ. Entomol. 34: 741-745.
- Dransfield, R.D. 1979.** Aspects of host-parasitoid interactions of two aphid parasitoids, *Aphidius urticae* (Haliday) and *Aphidius uzbeckistanicus* (Luzhetski) (Hymenoptera, Aphidiidae). Ecol. Entomol. 4: 307-316.
- Fuester, R.W., P.B. Taylor & J.C. Groce. 1987.** Reproductive response of *Glyptapanteles flavicoxis* (Hymenoptera: Braconidae) to various densities and instar of the gypsy moth, *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 80: 750-757.
- Greenberg, S.M., B.C. Legaspi Jr. & W.A. Jones. 2001.** Comparison of functional response and mutual interference between two aphelinid parasitoids of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). J. Entomol. Sci. 36: 1-8.
- Hassell, M.P. 1978.** The dynamics of arthropod predator-prey systems. Princeton, Princeton University Press, 237p.
- Hassell, M.P., J.H. Lawton & J.R. Beddington. 1977.** Sigmoid functional responses by invertebrate predators and parasitoids. J. Anim. Ecol. 46: 249-262.
- Hofsvang, T. & E.B. Hågvar. 1983.** Functional responses to prey density of *Ephedrus cerasicola* [Hym.: Aphidiidae], an aphidiid parasitoid of *Myzus persicae* [Hom.: Aphididae]. Entomophaga 28: 317-324.
- Holling, C.S. 1959a.** The components of predation as revealed by the study of small-mammal predation of the European pine sawfly. Can. Ent. 91: 293-320.
- Holling, C.S. 1959b.** Some characteristics of simple types of predation and parasitism. Can. Ent. 91: 385-398.
- Holling, C.S. 1961.** Principles of insect predation. Ann. Rev. Entomol. 6: 163-182.
- Holling, C.S. 1965.** The functional response of predators to prey density and its role in mimicry and population regulation. Mem. Ent. Soc. Can. 45: 3-60.

- Holling, C.S. 1966.** The functional response of invertebrate predators to prey density. Mem. Ent. Soc. Can. 48: 1-86.
- Huffaker, C.B., P.S. Messenger & P. De Bach. 1971.** The natural enemy component in natural control and the theory of biological control, p. 16-67. In C.B. Huffaker (ed.), Biological Control. New York, Plenum Press, 511p.
- Hughes, R.D., L.T. Woolcock & M.A. Hughes. 1992.** Laboratory evaluation of parasitic Hymenoptera used in attempts to biologically control aphid pests of crop in Australia. Entomol. Exp. Appl. 63: 177-185.
- Isenhour, D.J. 1985.** *Campoletis sonorensis* [Hym.: Ichneumonidae] as a parasitoid of *Spodoptera frugiperda* [Lep.: Noctuidae]: host stage preference and functional response. Entomophaga 30: 31-36.
- Ives, A.R. 1992.** Density-dependent and density-independent parasitoid aggregation in model host-parasitoid systems. Am. Nat. 140: 912-937.
- Ives, A.R. & W.H. Settle. 1996.** The failure of a parasitoid to persist with a superabundant host: the importance of the numerical response. Oikos 75: 269-278.
- Juliano, S.A. 1993.** Nonlinear curve fitting: predation and functional response curves, p. 159-182. In S.M. Scheiner & J. Gurevitch (eds.), Design and analysis of ecological experiments. New York, Chapman & Hall, 445p.
- Juliano, S.A. & F.M. Williams. 1987.** A comparison of methods for estimating the functional response parameters of the random predator equation. J. Anim. Ecol. 56: 641-653.
- Kumar, N., A. Kumar & C.P.M. Tripathi. 1994.** Functional response of *Campoletis chloridae* Uchida (Hymenoptera: Ichneumonidae), a parasitoid of *Heliothis armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in an enclosed experimental system. Biol. Agric. Hortic. 10: 287-295.
- Liu, B. & C. Sengonça. 1998.** Functional responses of the parasitoid, *Eretmocerus longipes* Compere (Hym., Aphelinidae) to densities of the whitefly, *Aleurotuberculatus takahashi* David et Subramaniam (Hom., Aleyrodidae) at different temperatures. Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz 71: 53-56.
- Lucchini, F. & A.A. Almeida. 1980.** Parasitas da *Spodoptera frugiperda* (Smith & Abbot, 1797) (Lep., Noctuidae), lagarta do cartucho do milho, encontrados em Ponta Grossa, PR. An. Soc. Entomol. Brasil 9: 115-121.
- Mackauer, M. 1983.** Quantitative assessment of *Aphidius smithi* (Hymenoptera: Aphidiidae): fecundity, intrinsic rate of increase, and functional response. Can. Ent. 115: 399-415.
- Montoya, P., P. Liedo, B. Benrey, J.F. Barrera, J. Cancino & M. Aluja. 2000.** Functional response and superparasitism by *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae), a parasitoid of fruit flies (Diptera: Tephritidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 93: 47-54.
- Morales-Ramos, J.A. & J.R. Cate. 1992.** Functional response of *Catolaccus grandis* (Burks) (Hymenoptera: Pteromalidae) in field cages. Biol. Control 2: 193-202.
- Overholt, W.A. & J.W. Smith Jr. 1990.** Comparative evaluation of three exotic insect parasites (Hymenoptera: Braconidae) against the Southwestern corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) in corn. Environ. Entomol. 19: 1155-1162.
- Pacala, S.W., M.P. Hassell & R.M. May. 1990.** Host-parasitoid associations in patchy environments. Nature 344: 150-153.

- Pandey, K.P., R. Singh & C.P.M. Tripathi. 1984.** Functional response of *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hym., Aphidiidae), a parasitoid of the mustard aphid *Lipaphis erysimi* Kalt. (Hom., Aphididae). J. Appl. Ent. 98: 321-327.
- Pandey, R.K., R. Singh, A. Kumar, C.P.M. Tripathi & T.B. Sinha. 1982.** Bionomics of *Trioxys (Binodoxys) indicus*, an aphidiid parasitoid of *Aphis craccivora*. XIV. Behavioural activities of the parasitoid associated with its functional response. J. Appl. Ent. 93: 164-175.
- Rogers, D. 1972.** Random search and insect population models. J. Anim. Ecol. 41: 369-383.
- Royama, T. 1971.** A comparative study of models for predation and parasitism. Res. Popul. Ecol. 1: 1-91.
- Sallam, M.N., W.A. Overholt & E. Kairu. 1999.** Comparative evaluation of *Cotesia flavipes* and *C. sesamiae* (Hymenoptera: Braconidae) for the management of *Chilo partellus* (Lepidoptera: Pyralidae) in Kenya. B. Entomol. Res. 89: 185-191.
- SAS Institute Inc. 1989.** SAS/STAT User's Guide, Version 6, Fourth Edition, Volume 2. Cary, NC, USA, SAS Institute, 1674p.
- Shu-Sheng, L. 1985.** Aspects of the numerical and functional responses of the aphid parasite, *Aphidius sonchi*, in the laboratory. Entomol. Exp. Appl. 37: 247-256.
- Solomon, M.E. 1949.** The natural control of animal populations. J. Anim. Ecol. 18: 1-35.
- Sparks, A.N. 1986.** Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae): potential for area-wide management. Fla. Ent. 69: 603-614.
- Steenis, M.J. Van & K.A.M.H. El-Khawass. 1995.** Behaviour of *Aphidius colemani* searching for *Aphis gossypii*: functional response and reaction to previously searched aphid colonies. Bioc. Sci. Technol. 5: 339-347.
- Trexler, J.C., C.E. McCulloch & J. Travis. 1988.** How can the functional response best be determined? Oecologia 76: 206-214.
- Williams, F.M. & S.A. Juliano. 1985.** Further difficulties in the analysis of functional-response experiments and a resolution. Can. Ent. 117: 631-640.
- Yang, J.C., Y.I. Chu & N.S. Talekar. 1994.** Studies on the characteristics of parasitism of *Plutella xylostella* (Lep.: Plutellidae) by a larval parasite *Diadegma semiclausum* (Hym.: Ichneumonidae). Entomophaga 39: 397-406.

Tabela 1. Estimativa dos parâmetros (\pm erro padrão) da resposta funcional por dia¹ (durante os primeiros cinco dias de oferta do hospedeiro) de *Campoletis flavicineta* (Hym.: Ichneumonidae) recebendo 10, 20, 30, 40 ou 50 larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) a 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12L:12E.

Parâmetros ²	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5
<i>Th</i>	0,2427 \pm 0,0700	0,4263 \pm 0,0683	0,5010 \pm 0,0780	0,6682 \pm 0,1240	0,4901 \pm 0,1130
<i>b</i>	0,0035 \pm 0,0012	0,0130 \pm 0,0126	0,0110 \pm 0,0096	0,0513 \pm 0,2854	0,0060 \pm 0,0038

¹ O fornecimento de hospedeiros começou no quinto dia após a emergência dos adultos do parasitóide.

²- *Th* é o tempo de manipulação (h); taxa de procura instantânea (*a*)= $b \cdot N_o$ (h^{-1}) (N_o é o número de hospedeiros fornecidos).

Tabela 2. Efeito do número de hospedeiros fornecidos (N_o) em características de fêmeas do parasitóide *Campoletis flavicineta* (Hym.: Ichneumonidae) recebendo 10, 20, 30, 40 ou 50 larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) a 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12L:12E. Decomposição da soma de quadrados (SQ) de N_b em contrastes polinomiais ortogonais, com respectivos testes para falta de ajustamento para os contrastes significantes.

SQ	Características						
	Longevidade	Progênie	Progênie Fêmea	Razão Sexual	Parasitismo	PNV	PMH
Linear	42,36**	20483,43**	151,97 ^{ns}	0,10 ^{ns}	1040,33*	1,56 ^{ns}	11,43 ^{ns}
2º Grau	6,73 ^{ns}	6348,56*	93,61 ^{ns}	0,05 ^{ns}	14,99 ^{ns}	19,66 ^{ns}	0,11 ^{ns}
LOF	9,90 ^{ns}	5247,73 ^{ns}	-	-	1088,24 ^{ns}	-	-

* - contraste significativo a 5%; ** - contraste significativo a 1%; ^{ns} - contraste não-significativo; LOF- falta de ajustamento; PNV- porcentagem de pupas não-viáveis do parasitóide; PMH- mortalidade (%) de larvas de *S. frugiperda* após exposição ao parasitóide.

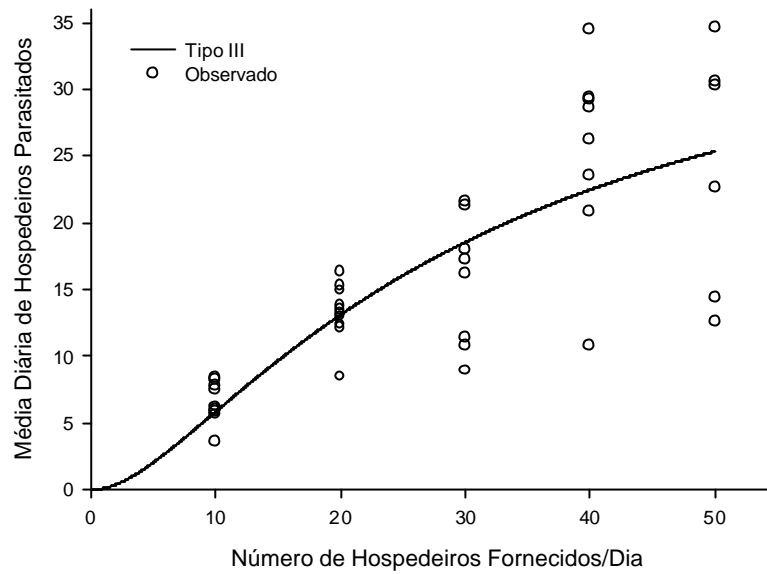


Figura 1. Resposta funcional de fêmeas de *Camponotus flavicincta* (Hym.: Ichneumonidae) recebendo 10, 20, 30, 40 ou 50 larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) a 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12L:12E.

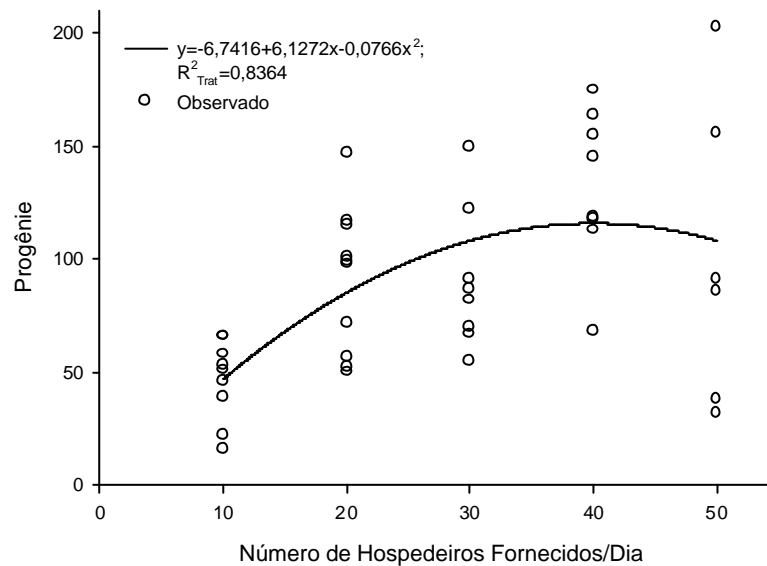


Figura 2. Resposta numérica (produção de progênie) de fêmeas de *Camponotus flavicincta* (Hym.: Ichneumonidae) parasitando 10, 20, 30, 40 ou 50 larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) a 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12L:12E.

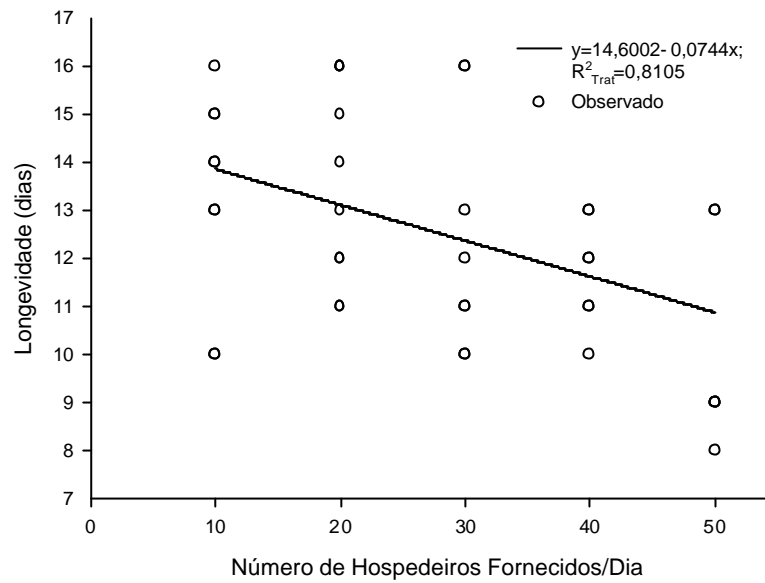


Figura 3. Longevidade (dias) de fêmeas de *Campoletis flavicincta* (Hym.: Ichneumonidae) parasitando 10, 20, 30, 40 ou 50 larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) a 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12L:12E.

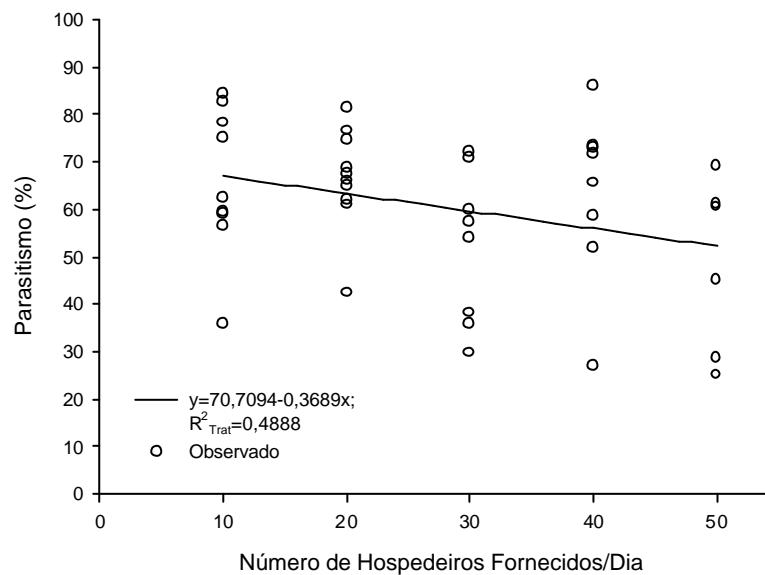


Figura 4. Parasitismo (%) de fêmeas de *Campoletis flavicincta* (Hym.: Ichneumonidae) recebendo 10, 20, 30, 40 ou 50 larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) a 25 ± 2 °C, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12L:12E.

Efeito da Densidade da Lagarta-do-Cartucho em Plantas de Milho Sobre Características Reprodutivas e Respostas Funcional e Numérica de *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae)

Fausto C. Matos Neto¹, Ivan Cruz², José C. Zanuncio³ & Carlos H. Osório Silva⁴

¹Depto. de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. CEP. 36571-000; ²Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo – EMBRAPA, Sete Lagoas, MG. CP. 151, CEP. 35701-970; ³Depto. de Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. CEP. 36571-000; ⁴Depto. de Informática, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. CEP. 36571-000.

Effect of Fall Armyworm Density on Corn Plants on Reproductive Characteristics and Functional and Numeric Responses of *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae)

ABSTRACT- Field evaluations have been indicating the potential of *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae) as a biological control agent for *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae). Thus, the influence of different densities of this host on reproductive characteristics and functional and numerical responses of *C. flavicincta* was studied on corn plants in greenhouse. Each *C. flavicincta* female was kept during 24 hours in a screen cage on a vase with a corn plant which was previously infested with 5, 10, 15 or 20 three to four days old *S. frugiperda* larvae. Functional response was of sigmoid shape (type III) with handling time of 1.22 ± 0.44 h (estimate \pm standard error) and instantaneous search rate showed linear increase with host density. Numerical response (offspring production) showed linear increase with host density ($P= 0.0001$) but female production, offspring sex ratio and parasitism rate were not affected by host density ($P> 0.05$). Type III functional response and increasing numerical response confirm the potential of *C. flavicincta* as a biological control agent of *S. frugiperda* in corn crop.

KEY WORDS: functional response, numerical response, host density, biological control, *Spodoptera*.

RESUMO- Avaliações de campo têm indicado o potencial de *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae) para o controle de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae). Por isso, estudou-se a influência de diferentes densidades desse hospedeiro

sobre características reprodutivas e respostas funcional e numérica de *C. flavicineta* em plantas de milho em casa-de-vegetação. Cada fêmea de *C. flavicineta* foi mantida por 24 h em gaiola sobre um vaso com planta de milho, que foi previamente infestada com 5, 10, 15 ou 20 larvas de três ou quatro dias de idade de *S. frugiperda*. A resposta funcional foi sigmóide (tipo III), com tempo de manipulação de $1,22 \pm 0,44$ h (estimativa \pm erro padrão) e taxa de procura instantânea linearmente crescente com a densidade do hospedeiro. A resposta numérica (produção de descendentes) também apresentou crescimento linear com a densidade do hospedeiro ($P= 0,0001$); mas a produção de fêmeas, a razão sexual da prole e a taxa de parasitismo não foram afetadas pela densidade do hospedeiro ($P> 0,05$). A resposta funcional do tipo III e a resposta numérica crescente confirmam o potencial de *C. flavicineta* para o controle de *S. frugiperda* na cultura do milho.

PALAVRAS-CHAVE: resposta funcional, resposta numérica, densidade do hospedeiro, controle biológico, *Spodoptera*.

O parasitóide *Campoletis flavicineta* (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae) é um inimigo natural com potencial para o controle da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae), encontrado em grande parte do Brasil e do continente americano (Lucchini & Almeida 1980, Silveira *et al.* 1987, McCutcheon 1991). Por isso, trabalhos em laboratório e em campo têm procurado avaliar esse parasitóide (Cruz *et al.* 1997), devido aos benefícios do controle biológico e à importância de *S. frugiperda* para a cultura do milho.

Estudos sobre as respostas numérica e funcional são importantes para a avaliação desse himenóptero como agente de controle biológico da lagarta-do-cartucho. A resposta numérica é uma mudança na densidade populacional do parasitóide em resposta a alterações na densidade do hospedeiro (Solomon 1949). A resposta funcional é a relação entre o número de hospedeiros atacados pelo parasitóide e a densidade desses hospedeiros (Solomon 1949, Holling 1959a, 1959b, Royama 1971, Rogers 1972, Hassell *et al.* 1977), sendo importante na seleção de agentes de controle biológico (Cave & Gaylor 1989, Overholt & Smith 1990, Da Silva *et al.* 1992) e elemento essencial em modelos populacionais que simulam o impacto de parasitóides na população de hospedeiros (Alebeek *et al.* 1996). Holling (1959a) considerou que a resposta funcional pode ser de três tipos: I, II e III, sendo que somente o último tipo apresenta efeito estabilizante na interação parasitóide-

hospedeiro (Murdoch & Oaten 1975, Oaten & Murdoch 1975, Murdoch 1977, Hassell 1978). Estudos de resposta funcional permitem estimar a taxa de procura instantânea e o tempo de manipulação do hospedeiro para caracterizar o desempenho dos inimigos naturais. O primeiro é uma medida relativa da eficiência de procura do parasitóide, a qual é comumente incluída entre os atributos desejáveis dos agentes de controle biológico (Van Lenteren 1980). O segundo, definido como o intervalo entre oviposições (Rogers 1972), permite determinar o número máximo de hospedeiros que podem ser parasitados (Hassell 1978, Cave & Gaylor 1989, Bernal *et al.* 1994).

As respostas funcional e numérica foram previamente avaliadas em laboratório, mas sem a presença da planta hospedeira (*Zea mays*), a qual pode influenciar o comportamento de procura de *C. flavicincta* (Elzen *et al.* 1983, 1984a, 1984b, 1986, McAuslane *et al.* 1990, 1991) e a área na qual o parasitóide procura o hospedeiro, além de fornecer uma medida mais realística do desempenho do parasitóide no campo. Desse modo, estudou-se a influência de diferentes densidades desse hospedeiro sobre características reprodutivas de *C. flavicincta* e suas respostas funcional e numérica em plantas de milho em casa-de-vegetação.

Material e Métodos

Este estudo foi realizado em casa-de-vegetação no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, com temperatura entre 10 °C (mínima) e 34 °C (máxima), umidade relativa entre 35% (mínima) e 99% (máxima) e fotoperíodo de aproximadamente 12 h. Fêmeas acasaladas de *C. flavicincta*, com quatro a seis dias após emergência e alimentadas com solução de açúcar (5%) e ácido ascórbico (0,5%), foram liberadas individualmente em gaiola telada de 35 cm de altura e 21 cm de diâmetro, colocada sobre vaso com planta de milho no estágio de cinco-seis folhas. A área foliar média (99,26 cm²) foi estimada em 54 plantas de idade semelhante e submetidas às mesmas condições de cultivo. Na tarde anterior ao dia de liberação das fêmeas de *C. flavicincta*, procedeu-se à infestação das plantas de milho com 5, 10, 15 ou 20 larvas de *S. frugiperda* (os tratamentos) de três ou quatro dias de idade por planta, sendo o parasitóide liberado na manhã seguinte. Vinte e quatro horas após a liberação do parasitóide, as larvas de

S. frugiperda foram recolhidas das plantas e acondicionadas individualmente em copos plásticos de 50 ml com dieta artificial (Cruz 2000). A porcentagem de parasitismo e a razão sexual (fêmeas/[fêmeas + machos]) de *C. flavicincta* foram avaliadas em delineamento inteiramente casualizado, com trinta e cinco repetições por tratamento. Utilizou-se apenas os dados das repetições nas quais foram encontradas fêmeas vivas no momento da coleta das larvas de *S. frugiperda*.

Contrastes polinomiais ortogonais foram usados para avaliar a significância do efeito do número de larvas ofertadas (tratamentos) nas características avaliadas (PROC GLM, SAS Institute 1989). Estimou-se os efeitos linear e quadrático, sendo os efeitos cúbicos e de quarto grau incluídos na falta de ajustamento do modelo.

O tipo de resposta funcional (II ou III), foi determinado inicialmente por regressão logística, para modelar a proporção de hospedeiros parasitados em função do número ofertado destes (PROC GENMOD, SAS Institute 1989), segundo metodologia proposta por Trexler *et al.* (1988) e Juliano (1993). Os parâmetros do modelo funcional foram posteriormente estimados por regressão não-linear (PROC NLIN, SAS Institute 1989) (Williams & Juliano 1985, Juliano & Williams 1987, Juliano 1993, Alebeek *et al.* 1996).

Resultados

Campolepis flavicincta apresentou resposta funcional do tipo III (Fig. 1), com $N_p = N_o [1 - \exp(- (b \times T \times N_o \times P_t) / (1 + c \times N_o + b \times T_h \times N_o^2))]$ (Hassell *et al.* 1977, Hassell 1978), em que N_p é o número de hospedeiros parasitados; N_o , número de hospedeiros oferecidos; T , tempo disponível para procura; P_t , densidade do parasitóide; b e c , parâmetros e T_h , tempo de manipulação. A taxa de procura instantânea (a) (ou constante de ataque) é definida por $a = (b \times N_o) / (1 + c \times N_o)$. Os parâmetros foram $T_h = 1,2164 \pm 0,4401$ h (estimativa \pm erro padrão) e $b = 0,0028 \pm 0,0010$ h⁻¹ (estimativa \pm erro padrão); o parâmetro c foi eliminado do modelo por ter sido não-significativo ($P > 0,05$). Assim, a variou linearmente em função de N_o ($a = b \times N_o$), com inclinação (b) 0,0028.

A progênie (resposta numérica) (Tabela 1, Fig. 2) apresentou crescimento linear com o aumento da densidade do hospedeiro ($y = 0,4139 + 0,2355x$, sendo y o número de descendentes produzidos por fêmea do parasitóide e x a densidade do hospedeiro; $F = 27,87$; $P < 0,0001$; $gl_{\text{erro}} = 69$; $R^2_{\text{Trat}} = 0,9639$). Contudo, a produção de descendentes fêmeas ($F =$

1,09; $P= 0,3608$; $g_{\text{erro}}= 67$), a razão sexual (fêmeas/[fêmeas + machos]) da prole ($F= 0,38$; $P= 0,7710$; $g_{\text{erro}}= 60$) e a taxa de parasitismo ($F= 0,23$; $P= 0,8777$; $g_{\text{erro}}= 67$) não foram afetadas pela densidade do hospedeiro (Tabela 1).

Discussão

O parasitóide *C. flavicineta* apresentou resposta funcional do tipo III (Fig. 1), a qual contribui para a estabilidade da interação parasitóide-hospedeiro e pode promover um equilíbrio estável, se a densidade de equilíbrio da população do hospedeiro encontrar-se dentro da faixa dependente da densidade (Hassell 1978). Estudos de laboratório com esse parasitóide mostraram resposta funcional desse tipo, com $T_h= 0,2427$ h e $b= 0,0035$ h⁻¹ (c não foi significativo) para 24 h de parasitismo. Isso mostra que a eficiência de procura foi menor, pois $b= 0,0028$ h⁻¹ (c não-significativo); enquanto $T_h= 1,2164$ h foi maior que o obtido em laboratório. Mas as condições experimentais (temperatura, umidade, presença da planta, tamanho da gaiola) diferiram entre esses dois estudos. Isso sugere que no campo os valores podem ser diferentes daqueles de laboratório, ou seja, *C. flavicineta* pode localizar e atacar de forma menos eficiente as larvas de *S. frugiperda* e a intervalos maiores. Contudo, a importância deste estudo e daquele de laboratório é demonstrar o potencial desse inimigo natural, o que foi constatado em situação mais próxima à de campo (planta de milho em casa-de-vegetação). Resposta funcional do tipo III foi também observada em gaiolas (11 x 7 x 21,5 cm) com folha da planta hospedeira para *Aphidius uzbekistanicus* (Luzhetski) (Hym.: Aphidiidae) (Dransfield 1979); em placa de Petri com folha da planta hospedeira para *Trioxys (Binodoxys) indicus* Subba Rao & Sharma (Hym.: Aphidiidae) (Pandey *et al.* 1982), *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hym.: Aphidiidae) (Pandey *et al.* 1984) e para *Aphidius colemani* Vierick (Hym.: Braconidae) (Steenis & El-Khawass 1995); e em gaiola (20 x 10 cm) sem planta para *Campoletis chlorideae* Uchida (Hym.: Ichneumonidae) (Kumar *et al.* 1994).

Resposta numérica linearmente crescente (Fig. 2) é outro fator indicativo do potencial de *C. flavicineta* para o controle de *S. frugiperda*, pois a população desse parasitóide aumentou com o crescimento da densidade de larvas do hospedeiro. As densidades de *S. frugiperda* foram menores que o potencial de parasitismo desse ichneumonídeo, pois a produção de descendentes não atingiu um ponto de estabilização (Fig. 2). No entanto, essas

densidades foram usadas por estarem próximas à média daquelas observadas em plantas de milho no campo.

A produção de fêmeas de *C. flavicineta* não foi influenciada pela densidade do hospedeiro (Tabela 1). Contudo, os valores médios (0,57; 0,64; 1,27; e 1,24 fêmeas produzidas/fêmea, nas densidades de 5; 10; 15; e 20 hospedeiros, respectivamente) mostraram tendência de essa produção aumentar com a densidade do hospedeiro. No entanto, a razão sexual desse parasitóide não apresentou tal tendência de aumento, ou seja, a relação entre machos e fêmeas produzidos por cada progenitora não foi afetada pela densidade do hospedeiro, o que condiz com o relatado para *D. rapae* nas menores densidades do hospedeiro *Diuraphis noxia* (Mordwilko) (Hom.: Aphididae) (Bernal *et al.* 1994).

A taxa de parasitismo de *C. flavicineta* não foi influenciada pela densidade do hospedeiro (Tabela 1), de forma semelhante ao constatado para *T. indicus* (Singh *et al.* 1979), *Bathyplectes curculionis* (Thomson) (Hym.: Ichneumonidae) (Yeagan & Latheef 1976) e *Ephedrus cerasicola* Starý (Hym.: Aphidiidae), em período de seis horas de exposição do hospedeiro ao parasitóide (Hofsvang & Hågvar 1983). Isso foi conseqüência do crescimento do número de hospedeiros parasitados com o aumento da densidade do hospedeiro e confirma a hipótese anterior de que as densidades de larvas de *S. frugiperda* estavam abaixo do potencial de parasitismo de *C. flavicineta*, pois sua taxa de parasitismo não decresceu nas maiores densidades desse hospedeiro.

As respostas funcional do tipo III e numérica linearmente crescente de *C. flavicineta* com o aumento da densidade de larvas de *S. frugiperda* indicam que esse parasitóide tem potencial para o controle dessa praga na cultura do milho. Isso torna necessário o desenvolvimento de novos estudos visando melhorar a criação desse inimigo natural em laboratório e sua eficiência no campo contra *S. frugiperda*.

Agradecimentos

A Geraldo Fonseca, por seu auxílio nos experimentos, ao Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

(CNPMS/EMBRAPA), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa de Minas Gerais (FAPEMIG).

Literatura Citada

- Alebeek, F.A.N. Van, C.M. Koning, E.A.P. Korte & A. Van Huis. 1996.** Egg-limited functional response of *Uscana lariophaga*, egg parasitoid of bruchid beetle pests in stored cowpea. *Entomol. Exp. Appl.* 81: 215-225.
- Bernal, J.S., T.S. Bellows Jr. & D. Gonzalez. 1994.** Functional response of *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hym., Aphidiidae) to *Diuraphis noxia* (Mordwilko) (Hom., Aphididae) hosts. *J. Appl. Ent.* 118: 300-309.
- Cave, R.D. & M.J. Gaylor. 1989.** Functional response of *Telenomus reynoldsi* [Hym.: Scelionidae] at five constant temperatures and in an artificial plant arena. *Entomophaga* 34: 3-10.
- Cruz, I. 2000.** Métodos de criação de agentes entomófagos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), p. 111-135. In: V.H.P. Bueno (ed.), *Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade*. Lavras, Editora UFLA, 207p.
- Cruz, I., M.L.C. Figueiredo, E.P. Gonçalves, D.A.N. Lima & E.E. Diniz. 1997.** Efeito da idade de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) no desempenho do parasitóide *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hymenoptera: Ichneumonidae) e consumo foliar por lagartas parasitadas e não-parasitadas. *An. Soc. Entomol. Brasil* 26: 229-234.
- Da Silva, P.G., K.S. Hagen & A.P. Gutierrez. 1992.** Functional response of *Curinus coeruleus* [Col.: Coccinellidae] to *Heteropsylla cubana* [Hom.: Psyllidae] on artificial and natural substrates. *Entomophaga* 37: 555-564.
- Dransfield, R.D. 1979.** Aspects of host-parasitoid interactions of two aphid parasitoids, *Aphidius urticae* (Haliday) and *Aphidius uzbeckistanicus* (Luzhetski) (Hymenoptera, Aphidiidae). *Ecol. Entomol.* 4: 307-316.
- Elzen, G.W., H.J. Williams & S.B. Vinson. 1983.** Response by the parasitoid *Campoletis sonorensis* (Hymenoptera: Ichneumonidae) to chemicals (synomones) in plants: implications for host habitat location. *Environ. Entomol.* 12: 1872-1876.
- Elzen, G.W., H.J. Williams & S.B. Vinson. 1984a.** Isolation and identification of cotton synomones mediating searching behavior by parasitoid *Campoletis sonorensis*. *J. Chem. Ecol.* 10: 1251-1264.
- Elzen, G.W., H.J. Williams & S.B. Vinson. 1984b.** Role of diet in host selection of *Heliothis virescens* by parasitoid *Campoletis sonorensis* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *J. Chem. Ecol.* 10: 1535-1541.
- Elzen, G.W., H.J. Williams & S.B. Vinson. 1986.** Wind tunnel flight responses by hymenopterous parasitoid *Campoletis sonorensis* to cotton cultivars and lines. *Entomol. Exp. Appl.* 42: 285-290.
- Hassell, M.P. 1978.** The dynamics of arthropod predator-prey systems. Princeton, Princeton University Press, 237p.
- Hassell, M.P., J.H. Lawton & J.R. Beddington. 1977.** Sigmoid functional responses by invertebrate predators and parasitoids. *J. Anim. Ecol.* 46: 249-262.
- Hofsvang, T. & E.B. Hågvar. 1983.** Functional responses to prey density of *Ephedrus cerasicola* [Hym.: Aphidiidae], an aphidiid parasitoid of *Myzus persicae* [Hom.: Aphididae]. *Entomophaga* 28: 317-324.
- Holling, C.S. 1959a.** The components of predation as revealed by the study of small-mammal predation of the European pine sawfly. *Can. Ent.* 91: 293-320.

- Holling, C.S. 1959b.** Some characteristics of simple types of predation and parasitism. *Can. Ent.* 91: 385-398.
- Juliano, S.A. 1993.** Nonlinear curve fitting: predation and functional response curves, p. 159-182. In S.M. Scheiner & J. Gurevitch (eds.), *Design and analysis of ecological experiments*. New York, Chapman & Hall, 445p.
- Juliano, S.A. & F.M. Williams. 1987.** A comparison of methods for estimating the functional response parameters of the random predator equation. *J. Anim. Ecol.* 56: 641-653.
- Kumar, N., A. Kumar & C.P.M. Tripathi. 1994.** Functional response of *Campoletis chlorideae* Uchida (Hymenoptera: Ichneumonidae), a parasitoid of *Heliothis armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in an enclosed experimental system. *Biol. Agric. Hortic.* 10: 287-295.
- Lucchini, F. & A.A. Almeida. 1980.** Parasitas da *Spodoptera frugiperda* (Smith & Abbot, 1797) (Lep., Noctuidae), lagarta do cartucho do milho, encontrados em Ponta Grossa, PR. *An. Soc. Entomol. Brasil* 9: 115-121.
- McAuslane, H.J., S.B. Vinson & H.J. Williams. 1990.** Effect of host diet on flight behavior of the parasitoid *Campoletis sonorensis* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *J. Entomol. Sci.* 25: 562-570.
- McAuslane, H.J., S.B. Vinson & H.J. Williams. 1991.** Influence of adult experience on host microhabitat location by the generalist parasitoid, *Campoletis sonorensis* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *J. Insect Behav.* 4: 101-113.
- McCutcheon, G.S. 1991.** Late-season parasitoids of the fall armyworm in South Carolina. *J. Agric. Entomol.* 8: 219-221.
- Murdoch, W.W. 1977.** Stabilizing effects of spatial heterogeneity in predator-prey systems. *Theor. Popul. Biol.* 11: 252-273.
- Murdoch, W.W. & A. Oaten. 1975.** Predation and population stability. *Adv. Ecol. Res.* 9: 2-131.
- Oaten, A. & W.W. Murdoch. 1975.** Functional response and stability in predator-prey systems. *Am. Nat.* 109: 299-318.
- Overholt, W.A. & J.W. Smith Jr. 1990.** Comparative evaluation of three exotic insect parasites (Hymenoptera: Braconidae) against the Southwestern corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) in corn. *Environ. Entomol.* 19: 1155-1162.
- Pandey, K.P., R. Singh & C.P.M. Tripathi. 1984.** Functional response of *Diaeretiella rapae* (McIntosh) (Hym., Aphidiidae), a parasitoid of the mustard aphid *Lipaphis erysimi* Kalt. (Hom., Aphididae). *J. Appl. Ent.* 98: 321-327.
- Pandey, R.K., R. Singh, A. Kumar, C.P.M. Tripathi & T.B. Sinha. 1982.** Bionomics of *Trioxys (Binodoxys) indicus*, an aphidiid parasitoid of *Aphis craccivora*. XIV. Behavioural activities of the parasitoid associated with its functional response. *J. Appl. Ent.* 93: 164-175.
- Rogers, D. 1972.** Random search and insect population models. *J. Anim. Ecol.* 41: 369-383.
- Royama, T. 1971.** A comparative study of models for predation and parasitism. *Res. Popul. Ecol.* 1: 1-91.
- SAS Institute Inc. 1989.** SAS/STAT User's Guide, Version 6, Fourth Edition, Volume 2. Cary, NC, USA, SAS Institute, 1674p.

- Silveira, J.C.F., E.T. Sasaki, M.A. Forner, M.S. Honda & M.H. Calafiori. 1987.** Ocorrência de parasitóides de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) em cultura de milho, em Espírito Santo do Pinhal – SP. *Ecosistema* 12: 41-44.
- Singh, R., T.B. Sinha & K.P. Sinha. 1979.** Studies on the bionomics of *Trioxys* (*Binodoxys*) *indicus* Subba Rao & Sharma (Hym., Aphidiidae): a parasitoid of *Aphis craccivora* Koch. (Hem., Aphididae): IV. Functional response of the parasitoid. *Entomon* 4: 331-334.
- Solomon, M.E. 1949.** The natural control of animal populations. *J. Anim. Ecol.* 18: 1-35.
- Steenis, M.J. Van & K.A.M.H. El-Khawass. 1995.** Behaviour of *Aphidius colemani* searching for *Aphis gossypii*: functional response and reaction to previously searched aphid colonies. *Bioc. Sci. Technol.* 5: 339-347.
- Trexler, J.C., C.E. McCulloch & J. Travis. 1988.** How can the functional response best be determined? *Oecologia* 76: 206-214.
- Van Lenteren, J.C. 1980.** Evaluation of control capabilities of natural enemies: does art have to become science? *Neth. J. Zool.* 30: 369-381.
- Williams, F.M. & S.A. Juliano. 1985.** Further difficulties in the analysis of functional-response experiments and a resolution. *Can. Ent.* 117: 631-640.
- Yeargan, K.V. & M.A. Latheef. 1976.** Host-parasitoid density relationships between *Hypera postica* (Coleoptera: Curculionidae) and *Bathyplectes curculionis* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *J. Kansas Entomol. Soc.* 49: 551-556.

Tabela 1. Efeito do número de hospedeiros ofertados (N_0) nas características reprodutivas de fêmeas do parasitóide *Campoletis flavicineta* (Hym.: Ichneumonidae) recebendo 5, 10, 15 ou 20 larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) em casa-de-vegetação. Decomposição da soma de quadrados (SQ) de N_0 em contrastes polinomiais ortogonais, com respectivos testes para falta de ajustamento para os contrastes significantes.

SQ	Características			
	Progênie	Fêmeas Produzidas	Razão Sexual	Parasitismo
Linear	141,0967 [*]	6,4085 ^{ns}	0,0020 ^{ns}	270,6039 ^{ns}
Quadrático	0,5135 ^{ns}	0,0546 ^{ns}	0,0020 ^{ns}	174,6893 ^{ns}
LOF	5,2917 ^{ns}	-	-	-

* - contraste significativa a 1%; ^{ns} - não-significante; LOF- falta de ajustamento.

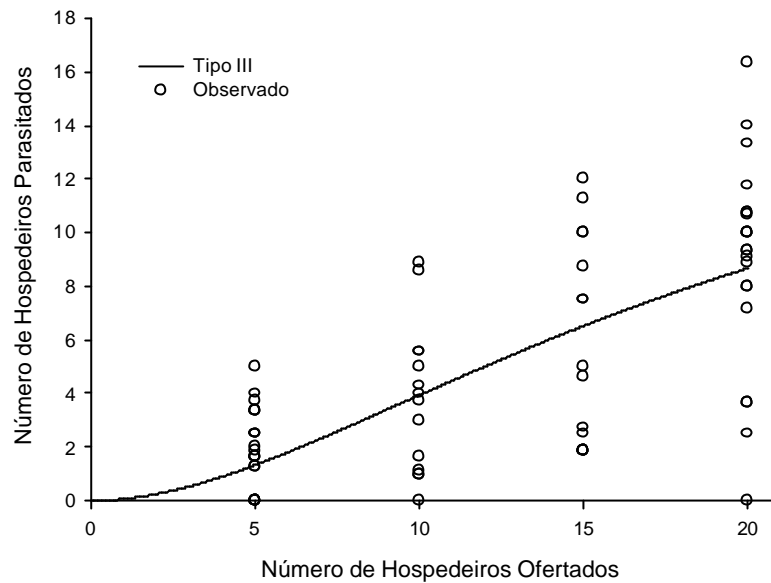


Figura 1. Resposta funcional de fêmeas de *Campoletis flavicincta* (Hym.: Ichneumonidae) parasitando 5, 10, 15 ou 20 larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) em plantas de milho em casa-de-vegetação durante 24 h.

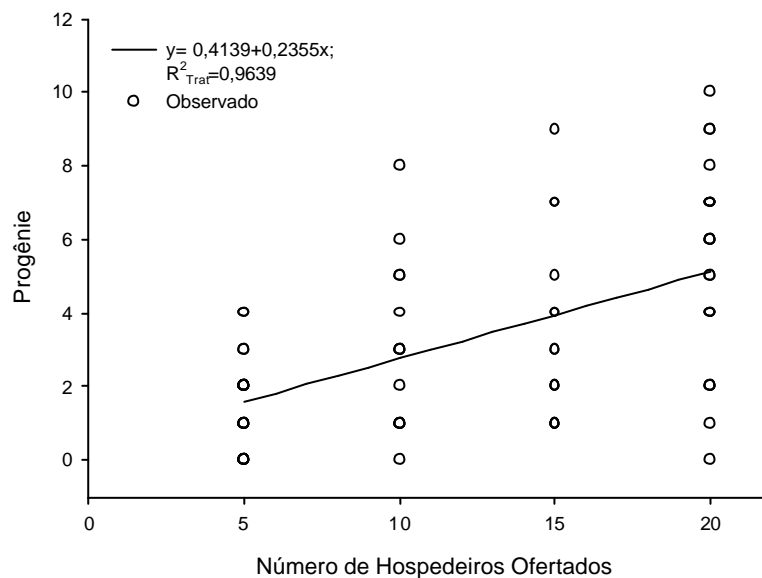


Figura 2. Resposta numérica (produção de progênie) de fêmeas de *Campoletis flavicincta* (Hym.: Ichneumonidae) parasitando 5, 10, 15 ou 20 larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) em plantas de milho em casa-de-vegetação durante 24 h.

Efetividade do Parasitóide *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae) em Gaiolas no Campo Para o Controle de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae) em Milho

Fausto C. Matos Neto¹, Ivan Cruz², José C. Zanuncio³ & Carlos H. Osório Silva⁴

¹Depto. de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. CEP. 36571-000; ²Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo – EMBRAPA, Sete Lagoas, MG. CP. 151, CEP. 35701-970; ³Depto. de Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. CEP. 36571-000; ⁴Depto. de Informática, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. CEP. 36571-000.

Effectiveness of the parasitoid *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae) in field cages for biological control of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae) on corn plants

ABSTRACT- The potential of the parasitoid *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae) as a biological control agent of *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae) was evaluated in field cages with corn plants (125 plants per cage) with 20% of these plants infested with egg masses of this Lepidoptera. Treatments consisted of introduction of 0 (control), 15 or 30 pairs of *C. flavicincta* per cage, or plot infested with egg masses but without cage or liberation of this parasitoid. Pairs of *C. flavicincta* were released when *S. frugiperda* larvae were three days old. A total of 40% of corn plants were collected per plot seven days after infestation with egg masses of this pest. These plants were evaluated in laboratory and *S. frugiperda* larvae present were individually reared in glass with artificial diet. Number of *S. frugiperda* larvae was significantly reduced by *C. flavicincta* released but mortality of *S. frugiperda* during rearing in laboratory and parasitoid sex ratio were not affected by treatments ($P > 0.05$). Moreover progeny production and female progeny were similar with densities of 15 and 30 pairs of this parasitoid. Parasitism rate was higher with 30 than with 15 pairs of *C. flavicincta* and both presented higher parasitism than in the treatment without cage ($P < 0.05$). Grade of corn plants damaged by *S. frugiperda* larvae at 7 and 14 days after infestation with this pest was similar ($P > 0.05$) for densities of 0, 15 or 30 pairs of this parasitoid and lower than in plots without cage. Damage by *S. frugiperda* was lower ($P < 0.05$) in cages with 30 pairs of *C. flavicincta* than in the control after twenty-one days of infestation. No regression model could be adjusted for notes of damage as function of time for

any treatments. Although the final stand, stand reduction (%) and productivity of corn grains (kg/ha) were similar among treatments, plots with release of 15 or 30 pairs of this parasitoid had a lower reduction in the stand and increase in productivity about 1000 kg/ha of grains comparison the control. These results confirms laboratory studies and showed the potential of *C. flavicineta* for biological control of *S. frugiperda*.

KEY WORDS: field cage evaluation, biological control, corn pests, parasitoid density.

RESUMO- O potencial do parasitóide *Campoletis flavicineta* (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae) para o controle de larvas da lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae), foi avaliado em gaiolas no campo (125 plantas de milho por gaiola) com 20% das plantas infestadas com posturas desse lepidóptero. Os tratamentos constaram da liberação de 0 (controle), 15 ou 30 casais de *C. flavicineta* por gaiola ou de parcela infestada com posturas mas sem gaiola ou liberação do parasitóide. Esses casais foram liberados quando as larvas de *S. frugiperda* estavam com três dias de idade. Sete dias após a infestação com posturas dessa praga, coletou-se 40% das plantas de cada parcela, que foram avaliadas em laboratório. Larvas de *S. frugiperda* presentes nessas plantas foram criadas individualmente em copos com dieta artificial. A liberação do ichneumonídeo reduziu o número de larvas de *S. frugiperda*, mas a mortalidade destas, durante a criação em laboratório, e a razão sexual desse inimigo natural não foram afetadas pelos tratamentos ($P > 0,05$). Além disso, a produção de descendentes (machos e fêmeas) e de descendentes fêmeas foram semelhantes com 15 e 30 casais do parasitóide. A taxa de parasitismo foi maior com 30 casais do que com 15; o parasitismo foi maior nessas densidades do parasitóide que no tratamento sem gaiola ($P < 0,05$). Os danos às plantas de milho foram semelhantes aos sete e 14 dias após a infestação com posturas de *S. frugiperda* ($P > 0,05$) para as densidades de 0, 15 ou 30 casais liberados e foram menores na área sem gaiola. Os danos por *S. frugiperda* foram menores ($P < 0,05$) em gaiolas com 30 casais de *C. flavicineta* que no controle no 21^o dia após a infestação. Não houve ajuste de modelos de regressão para as notas de danos em função do tempo em nenhum dos tratamentos. Embora o stand final, a redução no stand (%) e a produtividade de grãos de milho (kg/ha) tenham sido semelhantes entre os tratamentos, a porcentagem de redução no stand foi menor e a produtividade de grãos foi aproximadamente 1000 kg/ha maior com a liberação de 15 ou 30 casais do parasitóide que no controle. Isso

confirma estudos de laboratório e mostra o potencial de *C. flavicincta* para o controle de *S. frugiperda*.

PALAVRAS-CHAVE: avaliação em gaiola no campo, controle biológico, pragas do milho, densidade do parasitóide.

Parasitóides são agentes promissores de controle de pragas, representando 80% dos exemplos de sucesso no controle biológico no mundo (Van Lenteren 1986). Embora a eficiência desses agentes possa ser limitada por práticas de manejo das culturas, avaliações sistemáticas em áreas produtoras de milho (*Zea mays*) no Brasil, efetuadas pelo Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPMS-EMBRAPA), têm evidenciado a presença do endoparasitóide larval solitário *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae) em larvas da principal praga do milho, *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae), conhecida como lagarta-do-cartucho. Além disso, o potencial em laboratório desse parasitóide para o controle de *S. frugiperda* justifica estudos sobre o mesmo.

Métodos de avaliação de inimigos naturais incluem trabalhos em gaiola no campo (Van Driesche & Bellows 1996). No entanto, essa metodologia apresenta limitações e, por isso, seus resultados devem ser analisados com cuidado, por ser ambiente seminatural (Hand & Keaster 1967, Luck *et al.* 1988). Apesar disso, essas estruturas representam um método prático para investigações iniciais da eficiência de inimigos naturais, pois são uma etapa intermediária entre estudos de laboratório e campo. Desde o trabalho pioneiro de Smith & De Bach (1942), vários pesquisadores têm avaliado, através desse método, o potencial de parasitóides no controle de pragas (Hopper & King 1986, Morales-Ramos & Cate 1992, Simmons & Minkenberg 1994, Tillman 1996, Fernandes *et al.* 1998, De Barro *et al.* 2000) e o impacto dos mesmos em organismos não-alvo (Duan *et al.* 1997).

Após trabalhos anteriores em laboratório, avaliou-se a capacidade de *C. flavicincta* em reduzir populações da lagarta-do-cartucho na cultura do milho, em gaiolas no campo, com duas densidades de liberação desse parasitóide. Também foi avaliado o controle biológico natural de *S. frugiperda*, para o desenvolvimento de estudos posteriores nesta mesma área geográfica.

Material e Métodos

Cada parcela constituiu-se de cinco fileiras do milho híbrido HT 7105-3, em cinco metros de extensão e espaçamento de 0,9 x 0,2 m (125 plantas); essas parcelas foram envolvidas por gaiola de organza de 5 x 4 x 2 m de altura. As plantas de milho encontravam-se no estágio de 5-6 folhas (cerca de 21 dias após a emergência) e foram cultivadas até a colheita de acordo com recomendações técnicas do CNPMS-EMBRAPA, porém sem uso de defensivos. Vinte por cento das plantas no interior da gaiola (25 plantas), o que equivale ao nível de dano econômico (Carvalho 1978), foram infestadas com posturas (de três dias de idade) de *S. frugiperda* com cerca de cem ovos cada, o que corresponde ao número médio de ovos/postura desse lepidóptero encontrado no campo. O parasitóide *C. flavicincta* foi liberado quando as lagartas de *S. frugiperda* estavam com três dias de idade. Os tratamentos constaram da liberação de 0 (controle), 15 ou 30 casais do parasitóide por gaiola, com três a seis dias de idade. A avaliação preliminar da eficiência do controle biológico natural da lagarta-do-cartucho foi feita por meio de tratamento com parcela igualmente infestada com posturas de *S. frugiperda*, mas sem gaiola ou liberação dos parasitóides. Utilizou-se cinco repetições em delineamento em blocos casualizados.

As gaiolas que cobriam as plantas de milho foram retiradas sete dias após a infestação com *S. frugiperda*, sendo os danos por lagartas dessa praga avaliados aos sete, 14 e 21 dias da infestação, com a escala de notas adaptada de Cruz & Turpin (1982): 1– nenhum dano; 2– plantas com folhas raspadas; 3– plantas com folhas furadas; 4– plantas com folhas rasgadas; 5– algum dano no cartucho (rasgado ou furado); 6– plantas com o cartucho destruído. Finalizada a avaliação dos danos do sétimo dia após a infestação, as plantas das duas fileiras externas de cada parcela foram levadas ao laboratório para coleta das larvas de *S. frugiperda*, as quais foram transferidas individualmente para copos de 50 ml com dieta artificial (Cruz 2000) até a pupação desse lepidóptero ou emergência do parasitóide, para se determinar o parasitismo, a razão sexual e a mortalidade de *S. frugiperda*. A produtividade (kg/ha) das plantas de milho foi avaliada nas três fileiras internas restantes. Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão, e as médias do número de lagartas coletadas, porcentagem de mortalidade do hospedeiro, progênie total, progênie fêmea, razão sexual, parasitismo, stand final, redução no stand e produtividade de grãos foram comparadas pelo teste de Tukey (PROC GLM, SAS Institute 1989). Para a variável notas de dano,

adotou-se o modelo linear misto $Y_{ijk} = \mu + \tau_i + \beta_j + \gamma_k + (\tau\gamma)_{ki} + \varepsilon_{ijk}$, (τ_i é o efeito fixo do i -ésimo tratamento; β_j , efeito aleatório do j -ésimo bloco; γ_k , efeito fixo do k -ésimo tempo; $(\tau\gamma)_{ki}$, efeito aleatório da interação tratamento x tempo; e ε_{ijk} , erro aleatório, com as pressuposições usuais) (Littel *et al.* 1996). A teoria de modelos mistos (PROC MIXED, SAS Institute 1989) foi usada para o cálculo das médias ajustadas (“least-square means”) e os respectivos erros-padrão (Tabela 3). As médias ajustadas (baseadas nas estimativas de mínimos quadrados dos parâmetros) foram utilizadas devido ao desbalanceamento dos dados de notas, isto é, número desigual de repetições para alguns tratamentos.

Resultados

O número de larvas de *S. frugiperda* foi menor ($P < 0,05$) com a liberação de 15 ou 30 casais de *C. flavicincta* em relação ao controle. Além disso, o número de larvas na área sem gaiola foi menor ($P < 0,05$) que naquelas com 0 e 15 casais liberados e semelhante ao do tratamento com 30 casais (Tabela 1). A mortalidade de larvas de *S. frugiperda*, criadas em laboratório após a coleta nas gaiolas, não foi afetada pelos tratamentos. A produção de descendentes (machos e fêmeas) e de descendentes fêmeas foi semelhante ($P > 0,05$) nas densidades de 15 e 30 casais do parasitóide. A razão sexual de *C. flavicincta* também foi semelhante entre os tratamentos, mas a taxa de parasitismo foi maior com 30 casais liberados que com 15 e ambos apresentaram maior parasitismo que o tratamento sem gaiola ($P < 0,05$).

Os danos às plantas de milho aos sete dias após a infestação com *S. frugiperda* foram menores ($P < 0,05$) na área sem gaiola que nos outros tratamentos, que foram semelhantes entre si (Tabelas 2 e 3). Após 14 dias da infestação, os danos foram semelhantes com 0, 15 ou 30 casais, mas na área sem gaiola o dano foi menor que no controle ($P < 0,05$). Aos 21 dias, os danos foram menores com a maior densidade de casais de *C. flavicincta* que no controle, enquanto o dano na área sem gaiola foi menor ($P < 0,05$) que com 0 ou 15 casais de *C. flavicincta*. A análise de regressão não possibilitou ajuste de modelos, em função do tempo, para as notas de danos em nenhum dos tratamentos (entre 7 e 21 dias após a infestação com *S. frugiperda*) (0 casal- $F = 0,38$; $P = 0,5533$; $gl_{\text{erro}} = 10$; 15 casais- $F = 0,97$; $P = 0,3488$ $gl_{\text{erro}} = 10$; 30 casais- $F = 1,64$; $P = 0,2298$; $gl_{\text{erro}} = 10$; sem gaiola- $F = 1,48$; $P = 0,2513$; $gl_{\text{erro}} = 10$).

O stand final, a redução (%) no stand e a produtividade (kg/ha) de grãos de milho foram semelhantes entre os tratamentos (Tabela 4).

Discussão

Campoletis flavicincta reduziu o número de larvas de *S. frugiperda*, de 509,8 (controle) para 294,4 (15 casais liberados) e 263,8 (30 casais liberados) (Tabela 1), o que corresponde a decréscimos de 42,25% e 48,25% na população das larvas dessa praga, respectivamente. Isso concorda com Gross & Young (1984), Bernal *et al.* (1999), Joyce & Bellows (2000) e Levie *et al.* (2000), que relataram decréscimo na população do hospedeiro após liberação de parasitóides em gaiolas no campo. A redução observada no número de larvas pode ser devido ao canibalismo mais acentuado entre estas nas gaiolas com parasitóides, pois as parasitadas reduzem seu consumo de alimento (Cruz *et al.* 1997) e desenvolvimento. Por isso, podem ser menos ativas e terem menor capacidade de se defenderem de ataques de larvas não-parasitadas. Outras explicações são a morte de larvas devido a tentativas de oviposição das fêmeas de *C. flavicincta* ou queda de larvas parasitadas das folhas. No entanto, essa última possibilidade é improvável, pois não se observou larvas caídas no solo.

A mortalidade de larvas de *S. frugiperda*, recolhidas no campo e criadas em laboratório, foi semelhante nas diferentes densidades do parasitóide e na parcela sem gaiola (Tabela 1). Essa característica foi avaliada pois estudo anterior (não publicado) mostrou maior mortalidade indireta de larvas de *S. frugiperda* (mortalidade devido a outras causas que não a maturação e emergência do parasitóide de seu hospedeiro) com o aumento da densidade de *C. flavicincta* em gaiolas de criação em laboratório. Essa mortalidade poderia contribuir para a redução populacional de *S. frugiperda*, mas a densidade utilizada do parasitóide não foi, aparentemente, suficiente para causar significativa mortalidade indireta do hospedeiro.

A produção de progênie e de fêmeas foram semelhantes nas duas densidades de liberação de *C. flavicincta*. Cada fêmea desse parasitóide produziu 10,93 descendentes, sendo 1,57 fêmea (com 15 casais) e 9,08 descendentes, sendo 1,05 fêmea (com 30 casais) (Tabela 1) (no cálculo desses valores considerou-se o recolhimento de apenas 40% das larvas por gaiola - duas das cinco fileiras de milho). Tais valores são inferiores àqueles obtidos para este parasitóide em laboratório (dados não publicados). Isso pode ser explicado pelas

elevadas temperaturas (a média das máximas foi de 34,6 °C) e pela falta de alimento para as fêmeas de *C. flavicincta* no interior das gaiolas, que podem ter reduzido a longevidade desse inimigo natural e seu potencial reprodutivo (no terceiro dia após a liberação, eram raros os parasitóides vivos nas gaiolas). A disponibilidade de alimento nas gaiolas deve ser importante para *C. flavicincta*, pois a longevidade de *Campoletis sonorensis* (Cameron) (Hym.: Ichneumonidae) (Lingren & Lukefahr 1977) e a taxa de parasitismo de ovos de *Phthorimaea operculella* (Zeller) (Lep.: Gelechiidae) por *Copidosoma koehleri* Blanchard (Hym.: Encyrtidae) (Baggen & Gurr 1998) foram maiores em presença de alimento.

A razão sexual de *C. flavicincta* nas gaiolas foi semelhante nas diferentes densidades de casais desse parasitóide, com valores de 0,10 e 0,15 (Tabela 1), inferiores aos 0,5 e 0,6 relatados para *A. marmoratus* (Gross & Young 1984) e *Allorhogas pyralophagus* Marsh (Hym.: Braconidae) (Overholt & Smith 1990), respectivamente. A razão sexual de *C. flavicincta*, em condições naturais, está em torno de 0,5 (coletas realizadas por técnicos do CNPMS-EMBRAPA), mas no laboratório ela é muito baixa (Cruz *et al.* 1995), o que representa um sério entrave à produção massal desse parasitóide. A causa dessa baixa razão sexual em laboratório é ainda desconhecida e foi também relatada em outros himenópteros parasitóides (Fuester *et al.* 1987, Zaki *et al.* 1994). O efeito sobre a razão sexual dos parasitóides possivelmente ocorreu nos dias que antecederam à liberação destes, ainda no laboratório, pois a pesar de o parasitismo ter ocorrido em ambiente mais próximo ao natural (interior da gaiola de campo), a razão sexual de *C. flavicincta* foi muito baixa (Tabela 1).

A taxa de parasitismo de *C. flavicincta* aumentou com o aumento do número de parasitóides liberados (Tabela 1), o que concorda com resultados de Noble & Graham (1966) para *Campoletis perdistinctus* (Vierick) (*Campoletis sonorensis* (Cameron)) (Hym.: Ichneumonidae) e de Norton *et al.* (1992) para *Anaphes iole* (Girault) (Hym.: Mymaridae) e *Leiophron uniformis* (Gahan) (Hym.: Braconidae). As taxas de parasitismo, de 28,64% e 46,96%, poderiam ser maiores caso houvesse uma fonte de alimento nas gaiolas. Além disso, como as larvas parasitadas podem ser mais susceptíveis ao canibalismo, é possível que o parasitismo tenha sido subestimado. Apesar disso, a taxa de parasitismo de 46,96% pode ser considerada alta e possibilitar um controle razoável de *S. frugiperda*, se comparada aos cerca de 30% obtidos com 30 fêmeas por gaiola para três espécies de braconídeos em

gaiolas no campo (Overholt & Smith 1990) e aos 23% obtidos com *Encarsia formosa* Gahan (Hym.: Aphelinidae) em casa de vegetação (Hoddle *et al.* 1997).

A liberação de *C. flavicincta* não reduziu o dano pela lagarta-do-cartucho aos sete e 14 dias após a infestação (Tabelas 2 e 3) em relação ao controle. No entanto, esses danos foram menores com 30 casais por gaiola do que no controle aos 21 dias, o que pode ser explicado pelo menor número de larvas de *S. frugiperda* nas gaiolas com 30 casais de *C. flavicincta* (Tabela 1). O dano por *S. frugiperda* tendeu a ser menor com o tempo (Tabela 2), devido à emissão de folhas novas pelas plantas de milho e à conseqüente recuperação destas. No entanto, não se obteve ajuste de modelos de regressão para as notas de danos em função do tempo (aos sete, 14 e 21 dias após a infestação com *S. frugiperda*).

O stand final, a redução do stand (%) e a produtividade (kg/ha) das plantas de milho (Tabela 4) foram semelhantes entre os tratamentos, embora a redução no stand tenha sido apenas de 4,63% e 2,79%, com 15 e 30 casais liberados, contra 8,37% sem liberação do parasitóide; e a produtividade de milho tenha sido cerca de 1000 kg/ha maior com a liberação dos parasitóides.

O número de larvas coletadas de *S. frugiperda* (Tabela 1) e o dano às plantas de milho (Tabela 2) foram menores na parcela sem gaiola que no controle. Além disso, a redução no stand foi semelhante na parcela sem gaiola e naquelas com liberação de *C. flavicincta* (Tabela 4). Isso evidencia controle biológico natural eficiente, em decorrência da diversidade vegetal nas proximidades e do plantio contínuo de milho ao longo do ano nesta área (o que garante suprimento constante de hospedeiros e presas). Além disso, o tamanho reduzido da unidade experimental pode ter facilitado a colonização por inimigos naturais e contribuído para a eficiência do controle biológico, o que pode ser comprovado pela presença de *C. flavicincta*, com 4,45% de parasitismo de larvas da lagarta-do-cartucho nesta área (Tabela 1).

O potencial de parasitismo de *C. flavicincta* na lagarta-do-cartucho no milho foi evidenciado pela redução do número de larvas dessa praga e dos danos às plantas de milho, aos sete e 21 dias após a infestação com *S. frugiperda*, respectivamente, além de ter elevado a produtividade de grãos em pelo menos 1000 kg/ha, apesar de sua reduzida longevidade no interior das gaiolas. Em razão disso, recomenda-se o desenvolvimento de estudos que viabilizem o uso desse parasitóide no controle biológico de *S. frugiperda* na cultura do milho.

Agradecimentos

A Geraldo Fonseca, Mauro Paulinelli e Walkíria Barbosa pela assistência na coleta de dados, ao Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (CNPMS/EMBRAPA), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG) pelo apoio.

Literatura Citada

- Baggen, L.R. & G.M. Gurr. 1998.** The influence of food on *Copidosoma koehleri* (Hymenoptera: Encyrtidae), and the use of flowering plants as a habitat management tool to enhance biological control of potato moth, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Biol. Control* 11: 9-17.
- Bernal, J.S., R.F. Luck & J.G. Morse. 1999.** Augmentative release trials with *Metaphycus* spp. (Hymenoptera: Encyrtidae) against citricola scale (Homoptera: Coccidae) in California's San Joaquin Valley. *J. Econ. Entomol.* 92: 1099-1107.
- Carvalho, R.P.L. 1978.** Pragas do milho, p. 505-570. In E. Paterniani (ed.), *Melhoramento e produção de milho no Brasil*. Piracicaba, Fundação Cargill, 650p.
- Cruz, I. 2000.** Métodos de criação de agentes entomófagos de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), p. 111-135. In: V.H.P. Bueno (ed.), *Controle biológico de pragas: produção massal e controle de qualidade*. Lavras, Editora UFLA, 207p.
- Cruz, I. & F.T. Turpin. 1982.** Efeito da *Spodoptera frugiperda* em diferentes estádios de crescimento da cultura de milho. *Pesq. agropec. bras.* 17: 355-359.
- Cruz, I., D.A.N. Lima, M.L.C. Figueiredo & F.H. Valicente. 1995.** Aspectos biológicos do parasitóide *Campoletis flavicincta* (Ashmead) criado em lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith). *An. Soc. Entomol. Brasil* 24: 201-208.
- Cruz, I., M.L.C. Figueiredo, E.P. Gonçalves, D.A.N. Lima & E.E. Diniz. 1997.** Efeito da idade de lagartas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) no desempenho do parasitóide *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hymenoptera: Ichneumonidae) e consumo foliar por lagartas parasitadas e não-parasitadas. *An. Soc. Entomol. Brasil* 26: 229-234.
- De Barro, P.J., P.J. Hart & R. Morton. 2000.** The biology of two *Eretmocerus* spp. (Haldeman) and three *Encarsia* spp. Forster and their potential as biological control agents of *Bemisia tabaci* biotype B in Australia. *Entomol. Exp. Appl.* 94: 93-102.
- Duan, J.J., M. Ahmad, K. Joshi & R.H. Messing. 1997.** Evaluation of the impact of the fruit fly parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) on a nontarget tephritid, *Eutreta xanthochaeta* (Diptera: Tephritidae). *Biol. Control* 8: 58-64.
- Fernandes, O.A., R.J. Wright & Z.B. Mayo. 1998.** Parasitism of greenbugs (Homoptera: Aphididae) by *Lysiphlebus testaceipes* (Hymenoptera: Braconidae) in grain sorghum: implications for augmentative biological control. *J. Econ. Entomol.* 91: 1315-1319.
- Fuester, R.W., P.B. Taylor & J.C. Groce. 1987.** Reproductive response of *Glyptapanteles flavicoxis* (Hymenoptera: Braconidae) to various densities and instar of the gypsy moth, *Lymantria dispar* (Lepidoptera: Lymantriidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 80: 750-757.
- Gross, H.R. Jr. & O.P. Young. 1984.** *Archytas marmoratus* (Diptera: Tachinidae): screened-cage evaluations of selected densities of adults against larval populations of *Heliothis zea* and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) on whorl and tassel stage corn. *Environ. Entomol.* 13: 157-161.
- Hand, L. & A.J. Keaster. 1967.** The environment of an insect field cage. *J. Econ. Entomol.* 60: 910-915.

- Hoddle, M., R. Van Driesche & J. Sanderson. 1997.** Biological control of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on poinsettia with inundative releases of *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae): are higher release rates necessarily better? *Biol. Control* 10: 166-179.
- Hopper, K.R. & E.G. King. 1986.** Linear functional response of *Microplitis croceipes* (Hymenoptera: Braconidae) to variation in *Heliothis* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) density in the field. *Environ. Entomol.* 15: 476-480.
- Joyce, A.L. & T.S. Bellows. 2000.** Field evaluation of *Amitus bennetti* (Hymenoptera: Platygasteridae), a parasitoid of *Bemisia argentifolii* (Hemiptera: Aleyrodidae), in cotton and bean. *Biol. Control* 17: 258-266.
- Levie, A., P. Dogot & T. Hance. 2000.** Release of *Aphidius rhopalosiphii* (Hymenoptera: Aphidiinae) for cereal aphid control: field cage experiments. *Eur. J. Entomol.* 97: 527-531.
- Lingren, P.D. & M.J. Lukefahr. 1977.** Effects of nectariless cotton on caged populations of *Campoletis sonorensis*. *Environ. Entomol.* 6: 586-588.
- Littel, R.C., G.A. Milliken, W.W. Stroup & R.D. Wolfinger. 1996.** SAS system for mixed models. SAS Institute, Cary, NC, USA, 633p.
- Luck, R.F., B.M. Shepard & P.E. Kenmore. 1988.** Experimental methods for evaluating arthropod natural enemies. *Ann. Rev. Entomol.* 33: 367-391.
- Morales-Ramos, J.A. & J.R. Cate. 1992.** Functional response of *Catolaccus grandis* (Burks) (Hymenoptera: Pteromalidae) in field cages. *Biol. Control* 2: 193-202.
- Noble, L.W. & H.M. Graham. 1966.** Behavior of *Campoletis perdistinctus* (Vierick) as a parasite of the tobacco budworm. *J. Econ. Entomol.* 59: 1118-1120.
- Norton, A.P., S.C. Welter, J.L. Flexner, C.G. Jackson, J.W. Debolt & C. Pickel. 1992.** Parasitism of *Lygus hesperus* (Miridae) by *Anaphes iole* (Mymaridae) and *Leiophron uniformis* (Braconidae) in California strawberry. *Biol. Control* 2: 131-137.
- Overholt, W.A. & J.W. Smith Jr. 1990.** Comparative evaluation of three exotic insect parasites (Hymenoptera: Braconidae) against the Southwestern corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) in corn. *Environ. Entomol.* 19: 1155-1162.
- SAS Institute Inc. 1989.** SAS/STAT User's Guide, Version 6, Fourth Edition, Volume 2. Cary, NC, USA, SAS Institute, 1674p.
- Simmons, G.S. & O.P.J.M. Minkenberg. 1994.** Field-cage evaluation of augmentative biological control of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) in Southern California cotton with the parasitoid *Eretmocerus* nr. *californicus* (Hymenoptera: Aphelinidae). *Environ. Entomol.* 23: 1552-1557.
- Smith, H.S. & P. De Bach. 1942.** The measure of the effect of entomophagous insects on population densities of their hosts. *J. Econ. Entomol.* 4: 231-234.
- Tillman, P.G. 1996.** Functional response of *Microplitis croceipes* and *Cardiochiles nigriceps* (Hymenoptera: Braconidae) to variation in density of tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Environ. Entomol.* 25: 524-528.
- Van Driesche, R.G. & T.S. Bellows Jr. 1996.** Biological control. New York, Chapman & Hall, 539p.
- Van Lenteren, J.C. 1986.** Parasitoids in greenhouse: successes with seasonal inoculative release systems, p. 341-374. In J. Waage & D. Greathead (eds.), *Insect Parasitoids – 13th Symposium of the Royal Entomological Society of London*. London, Academic Press, 389p.

Zaki, F.N., G. Elsaadany, A. Gomaa & M. Saleh. 1994. Some biological factors affecting the production of the larval parasitoid *Bracon brevicornis* Wesm. (Hym., Braconidae). J. Appl. Ent. 118: 413-418.

Tabela 1. Número coletado e mortalidade (média \pm erro padrão) em laboratório de larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae), progênie total, progênie fêmea, razão sexual e taxa de parasitismo de *Campoletis flavicincta* (Hym.: Ichneumonidae) parasitando *S. frugiperda* em gaiolas no campo com liberação de 0, 15 ou 30 casais do parasitóide, ou em parcela sem gaiola e sem liberação do parasitóide.

Casais	Larvas Coletadas	PMH (%)	Progênie	Progênie Fêmea	Razão Sexual	Parasitismo (%)
0	509,80 \pm	11,49 \pm	-	-	-	-
Casal	56,08 a	3,45 a				
15	294,40 \pm	16,67 \pm	65,60 \pm	9,40 \pm	0,15 \pm	28,64 \pm
Casais	61,99 b	6,76 a	15,24 a	3,19 ab	0,05 a	3,82 b
30	263,80 \pm	16,86 \pm	109,00 \pm	12,60 \pm	0,10 \pm	46,96 \pm
Casais	45,05 bc	3,65 a	26,53 a	3,30 a	0,02 a	5,75 a
Sem	96,00 \pm	21,49 \pm	7,80 \pm	1,80 \pm	0,20 \pm	4,45 \pm
Gaiola	48,67 c	14,74 a	4,61 b	1,80 b	0,20 a	1,93 c

PMH- porcentagem de larvas mortas do hospedeiro. Pares de médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

Tabela 2. Notas de danos (médias ajustadas¹) por larvas de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae) em plantas de milho aos sete, 14 e 21 dias após infestação com ovos dessa praga, em gaiolas no campo com liberação de 0, 15 ou 30 casais do parasitóide *Campoletis flavicincta* (Hym.: Ichneumonidae), ou em parcela sem gaiola e sem liberação do parasitóide.

Casais	7 ^o Dia	14 ^o Dia	21 ^o Dia
0 Casal	4,17 a	3,91 a	3,81 a
15 Casais	4,05 a	3,77 ab	3,37 ab
30 Casais	3,85 a	3,64 ab	3,11 bc
Sem Gaiola	3,26 b	3,18 b	2,50 c

Pares de médias seguidas de mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste t ($P > 0,05$). Os erros-padrão estão indicados na Tabela 3.

¹Médias ajustadas obtidas com a opção LSMEANS do PROC MIXED (SAS Institute, 1989).

Tabela 3. Erro-padrão das notas de danos (médias ajustadas¹) aos sete, 14 e 21 dias após a infestação com *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae), em gaiolas no campo com liberação de 0, 15 ou 30 casais do parasitóide *Campoletis flavicincta* (Hym.: Ichneumonidae), ou em parcela sem gaiola e sem liberação do parasitóide.

Médias ajustadas ¹	Erro-padrão
Médias de tratamentos na avaliação do dia 7	0,5010
Médias de tratamentos nas avaliações dos dias 14 e 21	0,5133

¹Médias ajustadas obtidas com a opção LSMEANS do PROC MIXED (SAS Institute, 1989).

Tabela 4. Stand final, redução (%) no stand inicial e produtividade de grãos (kg/ha) (média \pm erro padrão) de plantas de milho infestadas com posturas de *Spodoptera frugiperda* (Lep.: Noctuidae), em gaiolas no campo com liberação de 0, 15 ou 30 casais do parasitóide *Campoletis flavicincta* (Hym.: Ichneumonidae), ou em parcela sem gaiola e sem liberação do parasitóide.

Casais	Stand Final	Redução no Stand (%)	Produtividade (kg/ha)
0 Casal	64,40 \pm 1,57	8,37 \pm 2,39	8267,08 \pm 861,43
15 Casais	67,60 \pm 1,44	4,63 \pm 1,86	9543,28 \pm 1164,41
30 Casais	68,40 \pm 0,87	2,79 \pm 1,58	9224,89 \pm 829,13
Sem Gaiola	67,20 \pm 2,27	5,96 \pm 2,13	8854,78 \pm 1367,92

Não houve diferenças significativas entre tratamentos pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

CONCLUSÕES GERAIS

A criação de *Campoletis flavicincta* (Ashmead) (Hym.: Ichneumonidae) em laboratório pode ser otimizada pelo início da oferta de larvas do hospedeiro *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lep.: Noctuidae) aos três ou quatro dias após a emergência das fêmeas do parasitóide.

C. flavicincta apresentou melhor produtividade, com cinco casais por gaiola de criação, quando esses casais receberam 50 larvas de *S. frugiperda* por dia.

O parasitóide mostrou bom potencial para o controle biológico de *S. frugiperda*, por ter apresentado interferência mútua, além de resposta funcional do tipo III e resposta numérica crescente em laboratório e em gaiolas com planta de milho.

O potencial de *C. flavicincta* foi confirmado, em gaiola no campo, pela redução do número de larvas de *S. frugiperda* e dos danos causados por essas larvas. Além disso, as parcelas com este parasitóide apresentaram aumento na produção de grãos de aproximadamente 1000 kg/ha, em relação às parcelas sem liberação de *C. flavicincta*.