

GABRIEL DE CASTRO JACQUES

**INTERAÇÃO TRÓFICA ENTRE *Podisus nigrispinus* E
Supputius cincticeps (HETEROPTERA: PENTATOMIDAE)**

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

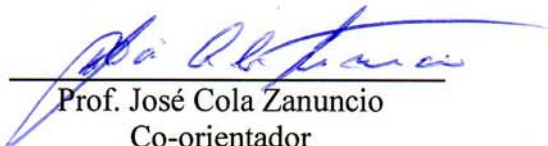
VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2011

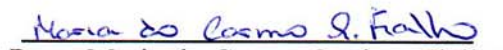
GABRIEL DE CASTRO JACQUES

**INTERAÇÃO TRÓFICA ENTRE *Podisus nigrispinus* E
Supputius cincticeps (HETEROPTERA: PENTATOMIDAE)**

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

APROVADA: 29 de julho de 2011


Prof. José Cola Zanuncio
Co-orientador


Pesq. Maria do Carmo Queiroz Fialho


Prof. José Eduardo Serrão
Orientador

***Aos meus pais, Lúcia e Carlos Sérgio, pelo amor incondicional.
Aos meus irmãos, Alexandre e Guilherme, pelo exemplo de vida.***

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa (UFV) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela oportunidade de realização desta pesquisa e pela concessão da bolsa de estudos.

Ao Professor José Eduardo Serrão, pela orientação e atenção prestadas a mim durante o curso, principalmente pela ajuda e incentivo à minha viagem para Portugal.

Ao Professor José Cola Zanuncio, pela paciência e valiosos ensinamentos; suas orientações e sugestões foram imprescindíveis.

Ao Professor José Alberto Pereira, do Instituto Politécnico de Bragança (IPB), pela orientação no período em que estive em Portugal.

À Teresinha Vinha Zanuncio, pela co-orientação e por todos os conselhos recebidos durante os últimos seis anos.

À Dr. Maria do Carmo Queiroz Fialho, por ter aceitado participar da minha banca examinadora.

A todos os professores do programa de Pós-Graduação em Entomologia, pelos ensinamentos.

Aos funcionários, Sr. Antônio e Sr. Moacir, pelos bons serviços prestados, facilitando a realização dos experimentos.

A Deus, pois sem ele nada disso seria possível.

Aos meus pais, Lúcia e Carlos Sérgio, pelo amor, carinho e confiança em todos os dias da minha vida. Aos meus irmãos, Alexandre e Guilherme, pelo companheirismo e exemplo de vida. Aos meus sobrinhos, Dudu e Fernandinho, que trouxeram mais felicidade ainda para nossa família. A toda minha família que sempre torceu por mim.

À minha namorada, Paula, pelo amor e carinho em todos esses anos. Com ela os momentos mais difíceis foram contornados com mais facilidade.

A todos os colegas do Laboratório de Controle Biológico de Insetos, pelo excelente convívio e ajuda em todos os momentos que precisei.

Aos moradores e ex-moradores da República Complexo da Malandragem, que foram minha família em Viçosa. À Dona Rita, nossa “mãezona”, por cuidar de todos nós com muito carinho.

Aos meus amigos da Biologia, os Biodesagradáveis, pela amizade sincera e por compartilhar comigo todos os momentos de felicidade e tristeza. Aos meus amigos, Ricardo Solar (Bob), pela ajuda na análise estatística dos experimentos, e Abel Mól, pela ajuda na escrita do *Abstract*.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para realização desta pesquisa.

BIOGRAFIA

GABRIEL DE CASTRO JACQUES, filho de Carlos Sérgio da Costa Jacques e Lúcia Maria de Castro Jacques, nasceu no dia 04 de março de 1986, na cidade de Belo Horizonte, Minas Gerais. Iniciou a graduação em Ciências Biológicas em 2005, na Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, finalizando-a em julho de 2009 quando obteve o título de Bacharel em Ciências Biológicas. Durante toda a graduação foi estagiário de Iniciação Científica no Laboratório de Controle Biológico de Insetos, onde trabalhou com controle biológico com predadores e parasitóides. Em agosto de 2009, iniciou o curso de Mestrado em Entomologia na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa, Minas Gerais, trabalhando com percevejos predadores da subfamília Asopinae, sob orientação do Professor José Eduardo Serrão. Durante o período de setembro de 2009 e fevereiro de 2010 realizou parte das disciplinas do Mestrado no Instituto Politécnico de Bragança, Portugal. Defendeu a dissertação em julho de 2011.

CONTEÚDO

RESUMO	viii
ABSTRACT	xx
INTRODUÇÃO GERAL	1
OBJETIVO GERAL	5
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
REFERÊNCIAS	6
CAPÍTULO I - Predação e consumo alimentar nas interações intra e interespecífica de adultos de <i>Podisus nigrispinus</i> e <i>Supputius cincticeps</i> (Heteroptera: Pentatomidae)	13
RESUMO	14
INTRODUÇÃO	15
MATERIAL E MÉTODOS	16
RESULTADOS	18
DISCUSSÃO	20
CONCLUSÃO	23
AGRADECIMENTOS	24
REFERÊNCIAS	24
TABELAS	31
FIGURAS	34
CAPÍTULO II - Interações intra e interespecífica no desenvolvimento e reprodução de <i>Podisus nigrispinus</i> e <i>Supputius cincticeps</i> (Heteroptera: Pentatomidae)	40
RESUMO	41
INTRODUÇÃO	42
MATERIAL E MÉTODOS	43
RESULTADOS	45
DISCUSSÃO	47
CONCLUSÃO	54
AGRADECIMENTOS	54
REFERÊNCIAS	54
TABELAS	62
FIGURAS	66
CONSIDERAÇÕES FINAIS	69

RESUMO

JACQUES, Gabriel de Castro, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2011.
Interação trófica entre *Podisus nigrispinus* e *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae). Orientador: José Eduardo Serrão. Co-orientadores: José Cola Zanuncio e Teresinha Vinha Zanuncio.

Presas podem ser mais ou menos consumidas por agentes de controle biológico e predadores apresentam três tipos de interações interespecíficas, (1) sinergismo, aumento da mortalidade da presa em relação a cada inimigo natural de forma independente, quando o comportamento de forrageamento de uma espécie facilita a captura da praga por outros inimigos naturais, (2) mortalidade total da praga por inimigos naturais em conjunto equivale à soma da mortalidade individual por cada um, ocorrem para inimigos naturais independentes, quando predam fases distintas da vida da praga ou em diferentes momentos temporais e (3) mortalidade total da praga por predadores em conjunto é menor que a soma da individual por predador. A diminuição na taxa de predação pode ocorrer devido à predação intraguilda e a competição interespecífica. *Podisus nigrispinus* (Dallas) e *Supputius cincticeps* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae), predadores generalistas da região Neotropical da América do Sul, consomem e compartilham alta variedade de presas, não sendo restritos ao nível trófico inferior, pois muitos podem se alimentar uns dos outros, na “predação intraguilda” e no canibalismo. O objetivo deste trabalho foi determinar se existe competição e predação intraguilda entre *P. nigrispinus* e *S. cincticeps*. Além disso, estudar o efeito desses fenômenos na biologia desses inimigos naturais e contribuir para a compreensão de interações entre predadores no controle biológico. No capítulo I, fêmeas adultas desses percevejos e pupas de *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae) foram mantidas durante nove dias para a análise das interações intra e interespecíficas no consumo alimentar e na taxa de predação e a ocorrência de canibalismo e predação intraguilda entre adultos. No capítulo II, ninfas de segundo estágio desses predadores foram alimentadas com pupas de *T. molitor ad libitum* e a cada quatro dias. No estágio adulto, casais foram formados e mantidos nos mesmos tratamentos. A sobrevivência, o ciclo de vida (segundo estágio à emergência dos adultos), peso, razão sexual, longevidade e aspectos reprodutivos dos adultos e a predação intraguilda e canibalismo entre suas ninfas foram avaliados. Ninfas e adultos de *P. nigrispinus* e *S. cincticeps* apresentaram predação intraguilda e canibalismo, que favorece a sobrevivência de algumas ninfas, até a localização da presa. Na fase adulta, a predação intraguilda e o canibalismo foram

mais frequentes para *S. cincticeps* e aumentaram a longevidade dessa espécie. A competição interespecífica não afetou o consumo alimentar, a taxa de predação, o desenvolvimento e a reprodução de *P. nigrispinus*. O desenvolvimento e a reprodução de *S. cincticeps* foram afetados, com desenvolvimento ninfal mais curto, produção de fêmeas maiores e menor viabilidade de ovos, mostrando ser essa espécie menos competitiva que *P. nigrispinus*. Em alta densidade de presa, esses predadores apresentaram sinergismo na taxa de predação, o que é benéfico ao controle biológico. É melhor utilizar, apenas, *P. nigrispinus* nos programas de controle biológico inundativo e inocultivo, pois essa espécie possui maior taxa de predação e reprodução. Além disso, o uso desse predador, com *S. cincticeps*, pode ser desfavorável, pois este é o predador intraguilda e pode diminuir a população de *P. nigrispinus* em baixa disponibilidade de presas, ou causar sua migração. A menor viabilidade de ovos de *S. cincticeps*, criado com *P. nigrispinus*, indica ser melhor investir os recursos financeiros na produção de *P. nigrispinus*. Porém, em programas de controle biológico conservativo, o uso de ambas as espécies é interessante por poderem coexistir no mesmo ambiente. Além disso, a viabilidade dos ovos de *S. cincticeps* apresenta queda constante com interação interespecífica com *P. nigrispinus*, o que diminuiria a predação intraguilda por esse predador.

ABSTRACT

JACQUES, Gabriel de Castro, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, July 2011. **Trophic interaction between *Podisus nigrispinus* and *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae).** Adviser: José Eduardo Serrão. Co-advisers: José Cola Zanuncio and Teresinha Vinha Zanuncio.

Prey may be more or less consumed by control biologic agents and presents three kinds of interspecific interactions, (1) synergism, increase of mortality of prey comparing to each natural enemy independently, when the foraging of one species facilitates the capture of pest by another natural enemies. (2) Total mortality of the pest to natural enemies equals to the sum of individual mortality by each natural enemy. This occurs on independent natural enemies, when they prey different phases of pest's life or in different temporal moments. (3) The total mortality of the pest by predator is lower than the individual sum for each predator. The decrease of predation tax may occur by different mechanisms, including the intraguild predation and the interespecific competition. *Podisus nigrispinus* (Dallas) and *Supputius cincticeps* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae), generalists predators of Neotropical region of South America, consume and share high variety of prey, not being restricted to inferior trophic level, because many may prey each other, on intraguild predation and on cannibalism. The aim of this work was determinate if there is competition and intraguild predation between *P. nigrispinus* and *S. cincticeps*. Besides that, study the effect of these phenomena on biology of the natural enemies and contribute to the understanding of interaction between predators on biologic control. On chapter I, the experiment was realized with adult females of this bugs and pupae of *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae) during nine days, when we analyzed the effect of intra and interespecific interactions on alimentary consume and on predation tax and the occurrence on cannibalism and intraguild predation among adults. On chapter II, we used second instar nymphs of the predators and pupae of *T. molitor ad libitum* were given once each four days. When they reach adult stage, couple were formed and we kept same treatment. The survival, cycle of life (second instar until hatch of adults), weigh, sexual ratio, longevity and reproductive aspects of bugs adults and intraguild predation and cannibalism between its nymphs were evaluated. Nymphs and adults of *P. nigrispinus* and *S. cincticeps* presented intraguild predation and cannibalism, which favors the survival of some nymphs until localization of the prey. On adult phase, bidirectional intraguild predation and the cannibalism were more frequently to *S. cincticeps* and

increased the longevity of this species. The interspecific competition did not affect the alimentary consume, the predation tax, the development nor the reproduction of *P.nigrispinus*. The development and reproduction of *S. cincticeps* were affected, with the nymphal development shorter, production of bigger females and less viability of eggs, showing that this species is less competitive than *P. nigrispinus*. On higher prey density, these predators presented synergism on predation tax, which is good when it comes to biologic control. It is better to use only *P. nigrispinus* on inundative and inoculative biologic control, since this species presents higher predation and reproduction taxes. Besides that, the use of this predator with *S. cincticeps* may be unfavorable, because this is an intraguild predator and may lower *P. nigrispinus* population on lower prey availability or causes its migration. The low egg viability of *S. cincticeps*, bred with *P. nigrispinus*, is an indicative that is better to invest financial resources on *P. nigrispinus* production. However, in conservative biologic control, the use of both species is interesting because they can coexist at the same environment. Besides that, the egg viability of *S. cincticeps* presents constant decrease with interspecific interaction with *P. nigrispinus*, which may lead to a decrease of intraguild predation by this predator.

INTRODUÇÃO GERAL

O uso do controle biológico

Insetos-pragas podem causar perdas na produção agrícola e florestal. O controle químico dessas espécies é eficiente, mas pode limitar populações de inimigos naturais, causar intoxicações, contaminação ambiental, aumentar custos e ocasionar o surgimento de insetos resistentes (Zanuncio *et al.*, 1994). Isto motiva a busca por métodos de controle para reduzir a densidade populacional de pragas, com destaque para o controle biológico, importante no manejo integrado de pragas (Zanuncio *et al.*, 1998a).

O controle biológico é o uso de organismos vivos para suprimir populações ou o impacto de pragas. Agentes de controle biológico são utilizados principalmente para: (1) controle biológico de invertebrados pragas com predadores, parasitóides e patógenos, (2) controle biológico de plantas daninhas com patógenos e herbívoros, e (3) controle biológico de patógenos de plantas com microrganismos antagônicos e indução de resistência das plantas (Eilenberg *et al.*, 2001).

Heterópteros predadores são utilizados para o controle de pragas. Na Europa, *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae) é utilizado, desde 1997, contra lagartas desfolhadoras de hortaliças e plantas ornamentais em casas de vegetação, como *Spodoptera exigua* (Hübner) e *Chrysodeixis chalcites* (Esper) (Lepidoptera: Noctuidae) (De Clercq *et al.*, 1998). Nos Estados Unidos, *Geocoris punctipes* (Say) (Heteroptera: Lygaeidae) e *Orius tristicolor* (Say) (Heteroptera: Anthocoridae) apresentaram alta capacidade de predação sobre adultos da mosca branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Hemiptera: Aleyrodidae) (Hagler *et al.*, 2004). No Brasil, *Podisus nigrispinus* (Dallas), *Podisus distinctus* (Stål), *Brontocoris tabidus* (Signoret) e *Supputius cincticeps* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae) são usados no manejo integrado de pragas em plantios de eucalipto (Zanuncio *et al.*, 1994).

Podisus nigrispinus é um predador generalista e Neotropical (Lemos *et al.*, 2005). No Brasil, esta espécie é importante no controle biológico (Pereira *et al.*, 2008; Ramalho *et al.*, 2008) de lagartas desfolhadoras (Zanuncio *et al.*, 1994). Empresas florestais no Estado de Minas Gerais, Brasil, têm estudado e utilizado *P. nigrispinus* para proteger plantios de eucalipto contra *Thyrintina arnobia* (Stoll) (Geometridae), *Psorocampa denticulata* (Schaus) (Notodontidae), *Eupseudosoma aberrans* Schaus (Arctiidae), *Sarsina violascens* (Herrich-Schaeffer) (Lymantriidae) e outros lepidópteros desfolhadores. Mais de cinco milhões desses predadores foram liberados, com reduções significativas de inseticidas (Neves *et al.*, 2009). Além disso, essa espécie tem potencial para programas de controle biológico de *Anticarsia gemmatilis* Hübner (Noctuidae), em

plantios de soja (Ferreira *et al.*, 2008) e *Alabama argillacea* (Hübner) (Noctuidae), em plantios de algodão (Pereira *et al.*, 2009) no Brasil.

Supputius cincticeps é, também, generalista da região Neotropical e relatado como predador de pragas agrícolas e florestais, principalmente na América do Sul e com potencial para o controle biológico de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura de milho (Zanuncio *et al.*, 1998b); *T. arnobia* em eucalipto (Zanuncio *et al.*, 2001a) e *A. gemmatilis* em soja (Corso *et al.*, 1999).

Podisus nigrispinus e *S. cincticeps* podem ser afetados por outros inimigos naturais, que podem comprometer sua eficiência no controle biológico.

Aumento da diversidade de inimigos naturais

Interações entre inimigos naturais e a influência desses organismos na estrutura da comunidade e a eficácia do controle biológico precisam ser estudados. A utilização de uma maior diversidade de inimigos naturais é benéfica no controle de pragas, pois pode aumentar a redução de populações de herbívoros e quanto mais diversa, maior o tempo sem perturbação dos ecossistemas (Aquilino *et al.*, 2005; Byrnes *et al.*, 2005; Wilby *et al.*, 2005; Snyder *et al.*, 2006, 2008; Herrick *et al.*, 2008; Letourneau *et al.*, 2009; Northfield *et al.*, 2010). Porém, em alguns casos, a adição de mais de um inimigo natural pode reduzir a eficiência do controle biológico (Snyder and Wise, 2001; Finke and Denno, 2004, 2005; Bruno and O'Connor, 2005).

Presas podem ser mais ou menos consumidas por agentes de controle biológico (Casula *et al.* 2006; Janssen *et al.*, 2007) e apresentam três tipos de interações interespecíficas, (1) sinergismo, com aumento da mortalidade da presa em relação a cada inimigo natural de forma independente, quando o comportamento de forrageamento de uma espécie facilita a captura da praga por outros inimigos naturais. *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae), *Nabis* sp. (Latreille) (Hemiptera: Nabidae) e *Aphidius ervi* (Haliday) (Hymenoptera: Braconidae) suprimiram populações de *Acyrtosiphon pisum* (Harris) (Homoptera: Aphididae) além do previsto para cada inimigo natural (Cardinale *et al.*, 2003). O uso combinado de inimigos naturais pode proporcionar melhor controle da praga (Björkman and Liman, 2005). (2) A mortalidade total da praga por inimigos naturais em conjunto equivale à soma da mortalidade individual por cada um. Isso ocorre para inimigos naturais independentes, quando predam fases distintas da vida da praga ou em diferentes momentos temporais. *Dicyphus tamaninii* Wagner e *Macrolophus caliginosus* (Wagner) (Heteroptera: Miridae) não apresentaram interações negativas no controle biológico da mosca branca

Bemisia tabaci Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae), mas sem aumento da taxa de predação (Lucas and Alomar, 2002). Mesmo sem sinergia, esses predadores são recomendados em conjunto. (3) A mortalidade total da praga por predadores em conjunto é menor que a soma da individual por predador. A diminuição na taxa de predação pode ocorrer por diferentes mecanismos, incluindo a predação intraguilda e a competição interespecífica (Huxel, 2007). *Zelus renardii* Kolenati (Heteroptera: Reduviidae) e *Nabis* sp. (Latreille) (Heteroptera: Nabidae) aumentaram a mortalidade de larvas de *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae), predador de *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) (Rosenheim *et al.*, 1993), o que reduziu a eficiência do controle biológico.

Predação intraguilda e competição

A predação intraguilda ocorre quando uma espécie compete pela presa, e também, consome seu competidor (Pell *et al.*, 2008). A abundância de presas extraguildas e a especificidade de alimentação de cada espécie afeta a probabilidade de ocorrência de predação intraguilda, enquanto essa interação é, muitas vezes, determinado pela mobilidade, tamanho e/ou estágio de desenvolvimento dos predadores e da presa (Phoofolo and Obrycki, 1998; Lucas, 2005). A diminuição no número de presas extraguilda aumenta a predação intraguilda (Sato *et al.*, 2009). A predação intraguilda pela joaninha asiática, *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae), pode reduzir populações de outros coccinelídeos pela predação intraguilda (Koch, 2003; Cottrell, 2005; Koch *et al.*, 2006).

A importância da predação intraguilda no controle biológico não está ainda clara, com divergências se a adição de um predador intraguilda aumenta ou diminui a supressão da praga (Vance-Chalcraft *et al.*, 2007). Por um lado, a predação intraguilda pode excluir a presa intraguilda e/ou reduzir o tempo e esforços na predação da praga-alvo (Rosenheim *et al.*, 1995; Snyder *et al.*, 2008). Esse comportamento pode reduzir efeitos “top-down” em herbívoros, enfraquecer cascatas tróficas e prejudicar o controle biológico (Denno *et al.*, 2004; Finke and Denno, 2004, 2005). Por outro lado, a predação intraguilda pode ajudar a manter populações de predadores, quando as presas extraguildas estão escassas, sendo, por isto, benéfico ao controle biológico (Ruberson *et al.*, 1986). Além disso, o comportamento da presa em evitar mais de um predador leva a consequências subletais a esta, como a redução do tempo de alimentação e reprodução, que pode levar a um menor crescimento populacional (Nelson, 2007).

Adaptações comportamentais que reduzam a probabilidade de encontros ou a defesa química ou física de cada predador diminuem a predação intraguilda (Sato and Dixon, 2004; Urbani and Ramos-Jiliberto, 2010). A presa intraguilda pode selecionar um habitat preferencial para evitar interações com o predador intraguilda, embora isto possa envolver um trade-off de acesso a recursos de alta qualidade (Heithaus, 2001). Essa seleção pode ser feita por pistas liberadas pelo predador intraguilda, como fezes (Agarwala *et al.*, 2003), semioquímicos e trilhas (Persons and Rypstra, 2001; Nakashima *et al.*, 2006). Porém, quando os recursos para a presa intraguilda ficam escassos, essas podem deixar seu habitat seguro a procura de novos recursos, aumentando as chances de encontrar o predador intraguilda (Creswell *et al.*, 2010; Wilson *et al.*, 2010). Recursos alternativos para a presa intraguilda, também, diminuem a predação intraguilda (Holt and Huxel, 2007; Okuyama, 2009). Esses recursos alternativos podem ser presas co-específicas (Rudolf and Armstrong, 2008). A interação é reduzida quando as espécies forrageiam no mesmo ambiente em horas (Snyder *et al.*, 2008), épocas (Sato and Dixon, 2004) ou microhabitats diferentes (Janssen *et al.*, 2007). *Coccinella septempunctata brucki* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) pode ser predada por *H. axyridis*, mas deposita seus ovos mais cedo na primavera, ou seja, *H. axyridis* raramente encontra ovos e larvas jovens de *C. septempunctata* (Sato and Dixon, 2004).

Presas intraguildas têm menor rentabilidade para muitos predadores, que é definido como conteúdo de energia absorvido dividido pelo tempo de manipulação da presa, comparado com presas extraguildas (Walzer and Schausberger, 2011). Isso ocorre, pois as presas intraguildas são, também, predadores e podem contra-atacar o predador intraguilda e, com isso, o custo energético da predação intraguilda pode superar os benefícios (Lawson-Balagbo *et al.*, 2008). Além disso, as presas intraguildas são, geralmente, menos abundantes que as extraguildas, reduzindo a probabilidade da predação intraguilda (Sato *et al.*, 2009).

Diferentes espécies de inimigos naturais atraídas para plantas podem interagir pela competição. A competição interespecífica ocorre quando espécies de uma mesma guilda competem por recursos limitados, podendo resultar na sobrevivência daquelas melhor adaptadas e diminuindo a população do competidor inferior (Ware *et al.*, 2009). A magnitude dessa competição pode variar pela complexidade do ambiente e os efeitos de prioridade, que se refere a sequência no qual os competidores chegam em um ambiente (Bonin *et al.*, 2009; Geange and Stier, 2010). Habitats mais complexos, geralmente, contêm maior diversidade de recursos alimentares e refúgios para predadores, reduzindo a intensidade da competição e predação intraguilda (Finke and

Denno, 2002; Juliano, 2009). A chegada em primeiro lugar em um ambiente pode conferir vantagens, devido a maior adaptação ao ambiente local, o que facilita a capacidade de adquirir recursos e fugir de predadores (Geange and Stier, 2009).

A coexistência de competidores acontece a partir da ocorrência conjunta de: (1) heterogeneidade espacial e/ou temporal do recurso (Schmidt *et al.*, 2000) ou a disponibilidade de diferentes fases da vida da presa (Wilby and Thomas, 2002; Gonçalves *et al.*, 2006) e (2) diferentes histórias de vida ou adaptações de forrageamento dos competidores em relação à disponibilidade de recursos (Schmidt *et al.*, 2000; Moser and Obrycki, 2009). Os predadores, *Typhlodromalus aripo* De Leon e *Typhlodromalus manihoti* (Moraes) (Acari: Phytoseiidae) predam o ácaro da mandioca *Mononychellus tanajoa* (Bondar) (Acari: Tetranychidae) em diferentes partes da planta, sendo *T. aripo* no ápice e *T. manihoti* nas folhas. Além disso, em baixas densidades de presa, *T. aripo* supera *T. manihoti*; e em altas densidades ocorre o inverso (Magalhães *et al.*, 2003). Cada espécie predadora tem sua história de vida, com características que permitem explorar com sucesso as densidades de presas necessárias em seus microhabitats.

Podisus nigrispinus e *S. cincticeps* são utilizados no controle biológico e encontrados no mesmo habitat, mas os efeitos da competição e possível predação intraguilda entre esses predadores não foram estudados. Características biológicas adequadas para o controle de pragas, como alta capacidade de predação e reprodução, fácil criação e baixo custo (Zanuncio *et al.*, 1994) tornam possível o uso desses inimigos naturais simultaneamente, no entanto, ambos atacam presas em comum e isto faz-se necessário estudar as interações entre os mesmos em programas de controle biológico.

OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi determinar se existe competição e predação intraguilda entre *P. nigrispinus* e *S. cincticeps*. Além disso, estudar o efeito desses fenômenos na biologia desses inimigos naturais e contribuir para a compreensão de interações entre predadores no controle biológico.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Avaliar interação trófica entre os predadores *P. nigrispinus* e *S. cincticeps* pela taxa de predação e consumo alimentar.

Determinar a duração do segundo estágio a adulto, sobrevivência, desenvolvimento, longevidade, razão sexual, peso e aspectos reprodutivos de cada predador criado em conjunto com diferentes densidades de presa.

Avaliar a ocorrência de predação intraguilda e canibalismo e o efeito na biologia desses predadores.

Analisar se é melhor utilizar uma ou mais desses percevejos predadores no controle biológico.

A alta demanda de alimento para predadores, por períodos prolongados, inviabilizou o uso de presas naturais, de difícil manutenção e custo elevado. Assim, pupas do hospedeiro alternativo *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae) foram utilizadas, devido a sua facilidade de criação e baixo custo (Zanuncio *et al.*, 2008; Neves *et al.*, 2010) e por *P. nigrispinus* e *S. cincticeps* apresentarem ótimo desenvolvimento com essa presa alternativa (Zanuncio *et al.*, 2001b; Zanuncio *et al.*, 2005)

REFERÊNCIAS

Agarwala, B.K., Yasuda, H. and Kajita, Y. 2003. Effect of conspecific and heterospecific feces on foraging and oviposition of two predatory ladybirds: role of fecal cues in predator avoidance. *Journal of Chemical Ecology* 29, 357-376.

Aquilino, K.M., Cardinale, B.J., Ives, A.R. 2005. Reciprocal effects of host plant and natural enemy diversity on herbivore suppression: an empirical study of a model tritrophic system. *Oikos* 108, 275-282.

Björkman, C. and Liman, A.S. 2005. Foraging behaviour influences the outcome of predator–predator interactions. *Ecological Entomology* 30, 164-169.

Bonin, M.C., Srinivasan, M., Almany, G.R. and Jones, G.P. 2009. Interactive effects of interspecific competition and microhabitat on early postsettlement survival in a coral reef fish. *Coral Reefs* 28, 265-274.

Bruno, J.F. and O'Connor, M.I. 2005. Cascading effects of predator diversity and omnivory in a marine food web. *Ecology Letters* 8, 1048-1056.

Byrnes, J., Stachowicz, J.J., Hultgren, K.M., Hughes, A.R., Olyarnik, S.V. and Thornbert, C.S. 2005. Predator diversity strengthens trophic cascades in kelp forests by modifying herbivore behaviour. *Ecology Letters* 9, 61-71.

Cardinale, B.J., Harvey, C.T., Gross, K. and Ives, A.R. 2003. Biodiversity and biocontrol: emergent impacts of a multiple-enemy assemblage on pest suppression and crop yield in an agroecosystem. *Ecology Letters* 6, 857-865.

Casula, P., Wilby A. and Thomas M.B. 2006. Understanding biodiversity effects on prey in multi-enemy systems. *Ecology Letters* 9, 995-1004.

Cottrell, T.E. 2005. Predation and cannibalism of lady beetle eggs by adult lady beetles. *Biological Control* 34, 159-164.

Corso, I.C., Gazzoni, D.L., Nery, M.E. 1999. Efeito de doses e de refúgio sobre a seletividade de inseticidas a predadores e parasitóides de pragas de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34, 1529-1538.

Creswell, W., Lind, J. and Quinn, J.L. 2010. Predator-hunting success and prey vulnerability: quantifying the spatial scale over which lethal and non-lethal effects of predation occur. *Journal of Animal Ecology* 79, 556-562.

De Clercq, P., Merlevede, F., Mestdagh, I., Vandendurpel, K., Mohaghegh J. and Degheele, D. 1998. Predation on the tomato looper *Chrysodeixis chalcites* (Esper) (Lep., Noctuidae) by *Podisus maculiventris* (Say) and *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Het., Pentatomidae). *Journal of Applied Ecology* 122, 93-98.

Denno, R.F., Mitter, M.S., Langellotto, G.A., Gratton, C. and Finke, D.L. 2004. Interactions between a hunting spider and a web-builder: consequences of intraguild predation and cannibalism for prey suppression. *Ecological Entomology* 29, 566-577.

Eilenberg, J., Hajek, A. and Lomer, C. 2001. Suggestions for unifying the terminology in biological control. *BioControl* 46, 387-400.

Ferreira, J.A.M., Zanuncio, J.C., Torres, J.B., Molina-Rugama, A.J. 2008. Predatory behaviour of *Podisus nigrispinus* (Heteroptera : Pentatomidae) on different densities of *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera : Noctuidae) larvae. *Biocontrol Science and Technology* 18(7), 711-719.

Finke, D.L. and Denno, R.F. 2002. Intraguild predation diminished in complex-structured vegetation: implications for prey suppression. *Ecology* 83, 643-652.

Finke, D.L. and Denno, R.F. 2004. Predator diversity dampens trophic cascades. *Nature* 429, 407-410.

Finke, D.L. and Denno, R.F. 2005. Predator diversity and the functioning of ecosystems: the role of intraguild predation in dampening trophic cascades. *Ecology Letters* 8, 1299-1306.

Geange, S.W. and Stier, A.C. 2010. Priority effects and habitat complexity affect the strength of competition. *Oecologia* 163, 111-118.

Geange, S.W. and Stier, A.C. 2009. Order of arrival affects competition in two reef fishes. *Ecology* 90, 2868-2878.

Gonçalves, J.R., Faroni L.R.D., Guedes R.N.C., Oliveira, C.R.F. and Garcia, F.M. 2006. Interaction between *Acarophenax lacunatus* (Cross & Krantz) (Prostigmata: Acarophenacidae) and *Anisopteromalus calandrae* (Howard) (Hymenoptera: Pteromalidae) on *Rhyzopertha dominica* (Fabricius) (Coleoptera: Bostrichidae). *Neotropical Entomology* 35, 823-82.

Hagler, J.R., Jackson, C.G., Isaacs, R. and Machtley, S.A. 2004. Foraging behavior and prey interactions by a guild of predators on various lifestages of *Bemisa tabaci*. *Journal of Insect Science* 4, 1-13.

Heithaus, M.R. 2001. Habitat selection by predators and prey in communities with asymmetrical intraguild predation. *Oikos* 92, 542-554.

Herrick, N.J., Reitz, S.R., Carpenter, J.E. and O'Brien, C.W. 2008. Predation by *Podisus maculiventris* (Hemiptera: Pentatomidae) on *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) larvae parasitized by *Cotesia plutellae* (Hymenoptera: Braconidae) and its impact on cabbage. *Biological Control* 45, 386-395.

Holt, R.D. and Huxel, G.R. 2007. Alternative prey and the dynamics of intraguild predation: theoretical perspectives. *Ecology* 88, 2706-2712.

Huxel, G.R. 2007. Antagonistic and synergistic interactions among predators. *Bulletin of Mathematical Biology* 69, 2093-2104.

Janssen, A., Sabelis M.W., Magalhães S., Montserrat M. and van der Hammen T. 2007. Habitat structure affects intraguild predation. *Ecology* 88, 2713-2719.

Juliano, S.A. 2009. Species interactions among larval mosquitoes: context dependence across habitat gradients. *Annual Review of Entomology* 54, 37-56.

Koch, R.L. 2003. The multicolored Asian lady beetle, *Harmonia axyridis*: a review of its biology, uses in biological control, and non target impacts. *Journal of Insect Science* 3, 1-16.

Koch, R.L., Venette, R.C. and Hutchison, W.D. 2006. Invasions by *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) in the Western Hemisphere: implications for South America. *Neotropical Entomology* 35, 421-434.

Lawson-Balagbo, L.M., Gondim, M.G.C.Jr., de Moraes, G.J., Hanna, R. and Schausberger, P. 2008. Compatibility of *Neoseiulus paspalivorus* and *Proctolaelaps bickleyi*, candidate biocontrol agents of the coconut mite *Aceria guerreronis*: spatial niche use and intraguild predation. *Experimental and Applied Acarology* 45, 1-13.

Lemos, W.P., Ramalho, F.S., Serrão, J.E. and Zanuncio, J.C. 2005. Morphology of female reproductive tract of the predator *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) fed on different diets. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 48, 129-138.

Letourneau, D.K., Jedlicka J.A., Bothwell S.G. and Moreno, C.R. 2009. Effects of natural enemy biodiversity on the suppression of arthropod herbivores in terrestrial ecosystems. *The Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 40, 573-92.

Lucas, E. 2005. Intraguild predation among aphidophagous predators. *European Journal of Entomology* 102, 351-364.

Lucas, E. and Alomar, O. 2002. Impact of the presence of *Dicyphus tamaninii* Wagner (Heteroptera: Miridae) on whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) predation by *Macrolophus caliginosus* (Wagner) (Heteroptera: Miridae). *Biological Control* 25, 123-128.

Magalhães, S., Brommer, J.E., Silva, E.S., Bakker, F.M. and Sabelis, M.W. 2003. Life-history trade off in two predator species sharing the same prey: a study on cassava-inhabiting mites. *Oikos* 102, 533-542.

Moser, S.E. and Obrycki, J.J. 2009. Competition and intraguild predation among three species of coccinellids (Coleoptera: Coccinellidae). *Annals of the Entomological Society of America* 102, 419-425.

Nakashima, Y., Birkett, M.A., Pye, B.J. and Powell, W. 2006. Chemically mediated intraguild predator avoidance by aphid parasitoids: interspecific variability in sensitivity to semiochemical trails of ladybird predators. *Journal of Chemical Ecology* 32, 1989-1998.

Nelson, E.H. 2007. Predator avoidance behaviour in the pea aphid: costs, frequency, and population consequences. *Oecologia* 151, 22-32.

Neves, R.C.S., Torres, J.B and Vivan, L.M. 2009. Reproduction and dispersal of wing-clipped predatory stinkbugs, *Podisus nigrispinus* in cotton fields. *BioControl* 54, 9-17.

Neves, R.C.S., Torres, J.B and Zanuncio, J.C. 2010. Production and storage of mealworm beetle as prey for predatory stinkbug. *Biocontrol Science and Technology* 20, 1013-1025.

Northfield, T.D., Snyder, G.B., Ives, A.R. and Snyder, W.E. 2010. Niche saturation reveals resource partitioning among consumers. *Ecology Letters* 13, 338-348.

Pell, J.K., Baverstock, J., Roy, H.E., Ware, R.L. and Majerus, M.E.N. 2008. Intraguild predation involving *Harmonia axyridis*: a review of current knowledge and future perspectives. *BioControl* 53, 147-168.

Pereira, A.I.A., Ramalho, F.S., Bandeira, C.M., Malaquias, J.B. and Zanuncio, J.C. 2009. Age-dependent fecundity of *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) with sublethal doses of gamma-cyhalothrin. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 52, 1157-1166.

Pereira, A.I.A., Ramalho, F.S., Malaquias, J.B., Bandeira, C.M., Silva, J.P.S. and Zanuncio, J.C. 2008. Density of *Alabama argillacea* larvae affects food extraction by females of *Podisus nigrispinus*. *Phytoparasitica* 36, 84-94.

Persons, M.H. and Rypstra, A.L. 2001. Wolf spiders show graded antipredator behavior in the presence of chemical cues from different sized predators. *Journal of Chemical Ecology* 27, 2493-2504.

Phoofolo, M.W. and Obrycki, J.J. 1998. Potential for intraguild predation and competition among predatory Coccinellidae and Chrysopidae. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 89, 47-55.

Okuyama, T. 2009. Intraguild predation in biological control: consideration of multiple resource species. *Biocontrol* 54, 3-7.

Ramalho, F.S., Mezzomo, J., Lemos, W.P., Bandeira, C.M., Malaquias, J.B., Silva, J.P.S., Leite, G.L.D. and Zanuncio, J.C. 2008. Reproductive strategy of *Podisus nigrispinus* females under different feeding intervals. *Phytoparasitica* 36, 30-37.

Rosenheim, J.A., Wilhoit, L.R. and Armer, C.A. 1993. Non-additive effects of multiple natural enemies on aphid populations. *Oecologia* 108, 375-379.

Rosenheim, J.A., Kaya, H.K., Ehler, L.E., Marois, J.J. and Jaffee, B.A. 1995. Intraguild predation among biological control agents: theory and evidence. *Biological Control* 5, 303-335.

Ruberson, J.R., Tauber, M.J. and Tauber, C.A. 1986. Plant feeding by *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae): effect on survival, development, and preoviposition period. *Environmental Entomology* 15, 894-897

Rudolf, V.H.W. and Armstrong, J. 2008. Emergent impacts of cannibalism and size refuges in prey on intraguild predation systems. *Oecologia* 157, 675-686.

Sato, S., Shinya, K., Yasuda, H., Kindlmann, P. and Dixon, A.F.G. 2009. Effects of intra and interspecific interactions on the survival of two predatory ladybirds (Coleoptera: Coccinellidae) in relation to prey abundance. *Applied Entomology and Zoology* 44, 215-221.

Sato, S. and Dixon, A.F.G. 2004. Effect of intraguild predation on the survival and development of three species of aphidophagous ladybirds: consequences for invasive species. *Agricultural and Forest Entomology* 6, 21-24.

Schmidt, K.A., Earnhardt, J.M., Brown, J.S. and Holt, R.D. 2000. Habitat selection under temporal heterogeneity: exorcizing the ghost of competition past. *Ecology* 81, 2622-2630.

Snyder, W.E. and Wise, D.H. 2001. Contrasting trophic cascades generated by a community of generalist predators. *Ecology* 82, 1571-1583.

Snyder, G.B., Finke, D.L. and Snyder, W.E. 2008. Predator biodiversity strengthens aphid suppression across single- and multiple-species prey communities. *Biological Control* 44, 52-60.

Snyder, W.E., Snyder, G.B., Finke, D.L. and Straub, C.S. 2006. Predator biodiversity strengthens herbivore suppression. *Ecology Letters* 9, 789-796.

Urbani, P. and Ramos-Jiliberto, R. 2010. Adaptive prey behavior and the dynamics of intraguild predation systems. *Ecological Modelling* 221, 2628-2633.

Vance-Chalcraft, H.D., Rosenheim, J.A., Vonesh, J.R., Osenberg, C.W. and Sih, A. 2007. The influence of intraguild predation on prey suppression and prey release: a meta-analysis. *Ecology* 88, 2689-2696.

Walzer, A. and Schausberger, P. 2011. Threat-sensitive anti-intraguild predation behaviour: maternal strategies to reduce offspring predation risk in mites. *Animal Behaviour* 81, 177-184.

Ware, E.R., Yguel, B. and Majerus, M. 2009. Effects of competition, cannibalism and intra-guild predation on larval development of the European coccinellid *Adalia bipunctata* and the invasive species *Harmonia axyridis*. *Ecological Entomology* 34, 12-19.

Wilby, A. and Thomas, M. 2002. Natural enemy diversity and pest control: patterns of pest emergence with agricultural intensification. *Ecology Letters* 5, 353-360.

Wilby, A., Villareal, S.C., Lan, L.P., Heong, K.L. and Thomas, M.B. 2005. Functional benefits of predator species diversity depend on prey identity. *Ecological Entomology* 30, 497-501.

Wilson, R.R, Blankenship, T.L., Hooten, M.B. and Shivik, J.A. 2010. Prey-mediated avoidance of an intraguild predator by its intraguild prey. *Oecologia* 164, 921-929.

Zanuncio, J.C., Alves, J.B., Zanuncio, T.V. and Garcia, J.F. 1994. Hemipterous predators of eucalypt defoliator caterpillars. *Forest Ecology and Management* 65, 65-73.

Zanuncio, J.C., Mezzono, J.A., Guedes, R.N.C. and Oliveira, A.C. 1998a. Influence of strips of native vegetation on Lepidoptera associated with *Eucalyptus cloeziana* in Brazil. *Forest Ecology and Management* 108, 85-90.

Zanuncio, J.C., Batalha, V.C., Guedes, R.N.C. and Picanço, M.C. 1998b. Insecticide selectivity to *Supputius cincticeps* (Stal) (Het.: Pentatomidae) and its prey *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lep.: Noctuidae). *Journal of Applied Entomology* 122, 457-460.

Zanuncio, J.C., Guedes, R.N.C., Zanuncio, T.V. and Fabres, A.S. 2001a. Species richness and abundance of defoliating Lepidoptera associated with *Eucalyptus grandis* in Brazil and their response to plant age. *Austral Ecology* 26, 582-589.

Zanuncio, J.C., Molina-Rugama, A.J., Serrão, J.E. and Pratissoli, D. 2001b. Nymphal development and reproduction of *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) fed with combinations of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) pupae and *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) larvae. *Biocontrol Science and Technology* 11, 331-337.

Zanuncio, J.C., Pereira, F.F., Jacques, G.C., Tavares, M.T. and Serrão, J.E. 2008. *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae), a new alternative host to rear the pupae parasitoid *Palmistichus elaeisis* Delvare & Lasalle (Hymenoptera: Eulophidae). *The Coleopterists Bulletin* 62, 64-66.

Zanuncio, J.C., Beserra, E.B., Molina-Rugama, A.J., Zanuncio, T.V., Pinon, T.B.M. and Maffia, V.P. 2005. Reproduction and longevity of *Supputius cincticeps* (Het.: Pentatomidae) fed with larvae of *Zophobas confusa*, *Tenebrio molitor* (Col.: Tenebrionidae) or *Musca domestica* (Dip.: Muscidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 48, 771-777.

CAPÍTULO I



**Predação e consumo alimentar nas interações intra e interespecífica de adultos de
Podisus nigrispinus e *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae)**

Predação e consumo alimentar nas interações intra e interespecífica de adultos de *Podisus nigrispinus* e *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae)

RESUMO

Podisus nigrispinus (Dallas) e *Supputius cincticeps* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae), predadores generalistas da região Neotropical da América do Sul, consomem e compartilham uma alta variedade de presas. A interação com outros predadores afeta a resposta comportamental de predadores. Por isto, a identificação dos mecanismos que promovem essas interações, sinérgicas ou antagônicas, entre inimigos naturais, são vitais para se compreender o controle de pragas em determinado sistema como mais de um inimigo natural. Dois desses mecanismos são a taxa de predação e o consumo alimentar por predador. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da interação trófica entre os predadores *P. nigrispinus* e *S. cincticeps*, através da taxa de predação e consumo alimentar e observar a ocorrência de canibalismo e predação intraguilda e seus efeitos na sobrevivência e longevidade desses predadores. O experimento foi realizado com fêmeas adultas dos percevejos e pupas de *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae) durante nove dias, quando se analisou o efeito das interações intra e interespecíficas no consumo alimentar e na taxa de predação e a ocorrência de canibalismo e predação intraguilda. Interações intra e interespecíficas não afetaram fêmeas de *P. nigrispinus*, com alta densidade de presa. Na ausência de alimentação, são pouco afetadas por essas interações devido à baixa ocorrência de canibalismo, porém podem ser predadas por fêmeas de *S. cincticeps*. Fêmeas de *S. cincticeps*, com alta densidade de presa, também, não foram afetadas pelas interações intra e interespecíficas. Na ausência de alimento, fêmeas desse predador são beneficiadas por essas interações, pois são pouco predadas por *P. nigrispinus* e possuem alta ocorrência de canibalismo e predação intraguilda, o que aumenta sua longevidade. A taxa de predação entre esses predadores apresentou sinergismo em alta densidade de presa, o que é benéfico ao controle biológico. *Podisus nigrispinus* e *S. cincticeps* podem coexistir no mesmo ambiente.

Palavras chave: Canibalismo, consumo alimentar, predação intraguilda, sinergismo

INTRODUÇÃO

Heterópteros predadores são, comumente, encontrados em diversas culturas se alimentando de larvas de insetos e com alto potencial para o controle biológico (Medeiros *et al.*, 2003). *Podisus nigrispinus* (Dallas) e *Supputius cincticeps* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae) são predadores generalistas da região Neotropical da América do Sul e consomem uma alta gama de presas, principalmente insetos das ordens Lepidoptera, Coleoptera, Diptera e Hemiptera (Lemos *et al.*, 2003). Esses inimigos naturais são generalistas e compartilham presas comuns, podendo predar herbívoros, saprófagos ou carnívoros (Lemos *et al.*, 2003).

Predadores localizam herbívoros por vibrações produzidas pela praga durante a alimentação, por resíduos fecais e odores liberados pela praga ou pistas químicas de plantas danificadas (Pfannenstiel *et al.*, 1995; Sabelis *et al.*, 2001). O comportamento de procura de *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae) é orientado por vibrações produzidas pelas presas quando se alimentam das folhas, mas ao chegar ao microhabitat com esses herbívoros, esse predador pode encontrar outros predadores (Pfannenstiel *et al.*, 1995). A ocorrência da predação intraguilddá unidirecional ou bidirecional entre predadores é comum e pode levar a prejuízos ou benefícios ao controle biológico, sendo determinada pela mobilidade, tamanho e/ou estágio de desenvolvimento dos predadores (Lucas, 2005).

A interação com outros predadores influencia a resposta comportamental de predadores (Lester and Harmsen, 2002). Por isto, a identificação dos mecanismos que promovem essas interações, sinérgicas ou antagônicas, entre inimigos naturais são vitais para se compreender como a diversidade de inimigos naturais afeta o controle de pragas em determinado sistema (Meisner *et al.*, 2010). Dois desses mecanismos são a taxa de predação e o consumo alimentar por predador (Björkman and Liman, 2005; Wilby *et al.*, 2005).

Predadores Asopinae apresentam mecanismo de ataque que consiste na inserção do estilete no corpo da presa, causando paralisia progressiva e permitindo a alimentação. A paralisia da presa é parte do mecanismo de alimentação denominado digestão extra-oral (Azevedo *et al.*, 2007). As vantagens dessa digestão são expressas ecologicamente pela diminuição do tempo de manipulação da presa e aumento de nutrientes ingeridos pelo predador (Cohen, 1995). Essa estratégia é utilizada por predadores para consumirem presas, relativamente, grandes em relação ao seu tamanho (Cohen, 1995). Estratégias de forrageamento e alimentação diferem entre inimigos naturais, para balancear os riscos e benefícios da escolha de uma presa de acordo com

sua biologia e o ambiente de forrageamento (Bennett *et al.*, 2009). Variações no padrão de alimentação de um predador podem se relacionar com a distribuição dos recursos e a competição (Amaresekare, 2003; Choh *et al.*, 2010) ou com mecanismos de defesa da presa (Soares *et al.*, 2009ab; Nakazawa *et al.*, 2010). Interações antagônicas podem aparecer com baixa densidade de presa, enquanto o sinergismo ocorre, frequentemente, em altas densidades de presas (Grez *et al.*, 2011)

A quantidade de alimento consumida é essencial para necessidades básicas como crescimento, desenvolvimento e reprodução (Pereira *et al.*, 2010). O consumo está relacionado com a preparação da presa e a fome dos predadores (Pereira *et al.*, 2010). A preparação da presa envolve o ataque, injeção de toxinas e enzimas para digestão dos tecidos e ingestão do conteúdo liquefeito (Azevedo *et al.*, 2007). Além disso, a quantidade de alimento consumido depende do peso do predador e pode ser afetada pela competição (Pereira *et al.*, 2008).

A taxa de predação depende do sucesso dos ataques, do tempo de exposição da presa ao predador e o de manipulação. Essa manipulação, ou seja, o tempo gasto para a captura, para ingerir o conteúdo e da digestão, afeta a eficiência do predador para extrair o alimento (Pereira *et al.*, 2008). Essas competências refletem diferenças na resposta de predadores e suas presas, e cada predador pode ter tipos diferentes de comportamento em relação à densidade de presas e interações com outros predadores (Lane *et al.*, 2006). Predadores eficientes devem se adaptar às mudanças drásticas na densidade de presas para sobreviver durante períodos de escassez (Molina-Rugama *et al.*, 1998). *Podisus nigrispinus* e *S. cincticeps* são estudados, mas há poucas informações sobre o comportamento alimentar em conjunto desses predadores.

O objetivo deste trabalho foi avaliar efeitos da interação trófica entre os predadores *P. nigrispinus* e *S. cincticeps*, através da taxa de predação e consumo alimentar e observar a ocorrência de canibalismo e predação intraguilda e seus efeitos na sobrevivência e longevidade desses predadores.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Controle Biológico de Insetos do Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária (BIOAGRO) da Universidade Federal de Viçosa em Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Criação de *Podisus nigrispinus* e *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae)

Os percevejos predadores foram obtidos da criação massal do Laboratório de Controle Biológico de Insetos do Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária (BIOAGRO) da Universidade Federal de Viçosa em Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Adultos de *P. nigrispinus* e *S. cincticeps* foram acondicionados em gaiolas de madeira (30 x 30 x 30 cm), com as laterais teladas e tampa de vidro, alimentados com pupas de *Tenebrio molitor* L. (Coleptera: Tenebrionidae) e algodão umedecido como fonte de água. As posturas desse percevejo foram coletadas a cada dois dias e colocadas em placas de Petri (9,0 x 1,5 cm). Ninfas desses predadores foram criadas nessas placas de Petri até o quarto estágio com pupas de *T. molitor* e algodão umedecido como fonte de água. Após atingirem o quarto estágio, essas ninfas foram acondicionadas em gaiolas de madeira (30 x 30 x 30 cm) com as laterais teladas e tampa de vidro, e pupas de *T. molitor* e algodão umedecido como fonte de água. Os adultos recém emergidos foram transferidos para as gaiolas. A criação foi feita em sala climatizada a $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas (Zanuncio *et al.*, 2001).

Montagem do experimento

O experimento foi realizado no Laboratório de Controle Biológico de Insetos em potes de plástico de 500 mL com um orifício na tampa vedado com organza para aumentar a aeração e um tubo de plástico com 2,5 ml de água destilada, vedado com algodão, para fornecimento de água e umidade (Lemos *et al.*, 2003). Os potes foram mantidos a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas em delineamento fatorial em blocos casualizados com dois fatores em esquema 5 x 2 e quinze repetições.

Um fator foi a espécie e número de fêmeas de percevejos com cinco níveis: T1– uma fêmea de *P. nigrispinus*; T2– duas fêmeas de *P. nigrispinus*; T3– uma fêmea de *S. cincticeps*; T4– duas fêmeas de *S. cincticeps*; T5– uma fêmea de *P. nigrispinus* e outra de *S. cincticeps*. Os predadores ficaram por 24h sem alimento e foram pesados em balança analítica de precisão ($\pm 0,1$ mg) antes do início do experimento (Pereira *et al.*, 2008). Fêmeas recém emergidas de *S. cincticeps* com peso entre 40,0 e 50,0 mg e de *P. nigrispinus* entre 55,0 e 65,0 mg foram selecionadas para se reduzir a influência do peso.

O outro fator foi o tipo de alimento com dois níveis: D1- sem alimentação; D2- uma pupa de *T. molitor* (peso de 105 ± 5 mg) por predador. O nível D1 foi realizado

para se observar a ocorrência ou não de canibalismo e predação intraguilda e sua influência na sobrevivência e longevidade dos predadores, até a morte dos predadores.

As pupas de *T. molitor* foram pesadas e oferecidas aos predadores a cada 24 horas. O peso dos percevejos e das pupas e a quantidade de alimento consumido foram registrados a cada 24 h, durante nove dias (Pereira *et al.*, 2008). As pupas retiradas de cada dia foram armazenadas em placas de Petri para confirmar ou não sua morte. O consumo foi calculado subtraindo-se o peso das pupas antes de oferecidas aos predadores do peso após 24 horas de exposição aos predadores. Quinze pupas por tratamento foram pesadas e mantidas sem predação por 24 horas, para nova pesagem. Essas pupas serviram como testemunha e o cálculo de sua biomassa permitiu se descontar a perda natural de peso.

Análises estatísticas

A taxa de predação, o consumo alimentar total e após 24 horas, o ganho de peso total e após 24 horas dos predadores, a ocorrência de predação intraguilda e o canibalismo e seus efeitos na longevidade dos predadores foram avaliados. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a nível de 5% de significância, quando aplicável, com o programa estatístico “R” (R Development Core Team, 2010).

RESULTADOS

A sobrevivência das pupas de *T. molitor* foi de 100% na ausência dos predadores, não sendo necessária a correção dos dados de mortalidade dessa presa. A perda natural de peso das pupas após 24 horas foi descontada para o cálculo do consumo alimentar.

Interações intraespecíficas

O consumo alimentar, por indivíduo, de pupas de *T. molitor*, após 24h de exposição, não diferiu entre tratamentos com uma ou duas fêmeas de *P. nigrispinus* ($F= 0,2585$; $P= 0,6156$). Não houve diferença, também, entre o consumo alimentar ao final dos nove dias nesses tratamentos ($F= 1,0232$; $P= 0,3223$). A taxa de predação, também, foi semelhante entre tratamentos ($F= 0,2314$; $P= 0,6347$) (Tabela 1).

O consumo alimentar, por indivíduo, de pupas de *T. molitor*, após 24h de exposição, diferiu entre tratamentos com uma ou duas fêmeas de *S. cincticeps*. O consumo foi menor com duas fêmeas dessa espécie ($F= 10,148$; $P= 3,532 \times 10^{-3}$), mas

ao final de nove dias não diferiu nesses tratamentos ($F= 0,4847$; $P= 0,4922$). A taxa de predação, também, foi semelhante entre tratamentos ($F= 0,009$; $P= 0,925$) (Tabela 2).

Interações interespecíficas

O consumo alimentar, por indivíduo, de pupas de *T. molitor*, após 24h de exposição, não diferiu entre tratamentos com uma fêmea de *P. nigrispinus* e uma de *S. cincticeps* predando juntas ou separadamente ($F= 0,906$; $P= 0,7645$). O consumo alimentar ao final dos nove dias foi, também, semelhante nesses tratamentos ($F= 0,898$; $P= 0,3481$). A taxa de predação foi maior com uma fêmea de *P. nigrispinus* e outra de *S. cincticeps* predando juntas ($F= 9,7175$; $P= 3,272 \times 10^{-5}$) (Tabela 3).

A taxa de predação de uma fêmea de *P. nigrispinus* e uma de *S. cincticeps* predando juntas foi semelhante à de duas fêmeas de *P. nigrispinus* ($F= 0,3537$; $P= 0,5545$), e maior que por duas fêmeas de *S. cincticeps* predando juntas ($F= 9,7175$; $P= 3,27 \times 10^{-5}$) (Figura 1).

Ganho de peso

O ganho de peso por fêmea de *P. nigrispinus*, após exposição por 24 horas a pupas de *T. molitor*, não diferiu entre tratamentos com uma fêmea *P. nigrispinus*, duas fêmeas de *P. nigrispinus* ou uma fêmea de *P. nigrispinus* e uma de *S. cincticeps* predando juntas ($F= 0,6647$; $P= 0,5188$). Não houve também diferença no ganho de peso ao final de nove dias nesses tratamentos ($F= 0,7171$; $P= 0,4937$) (Tabela 4). Posturas de *P. nigrispinus*, foram observadas em todos os tratamentos

O ganho de peso por fêmea de *S. cincticeps* foi maior no tratamento com uma fêmea de *S. cincticeps* e o menor com duas ($F= 4,4577$; $P= 0,03914$). Porém, o ganho de peso por fêmea de *S. cincticeps*, ao final de nove dias foi semelhante entre esses tratamentos (Tabela 5).

Canibalismo e predação intraguilda

Canibalismo e predação intraguilda foram observados, apenas nos tratamentos sem alimento. A predação intraguilda foi bidirecional, ou seja, fêmeas de *P. nigrispinus* predaram fêmeas de *S. cincticeps* e vice-versa (Figura 2). Porém o canibalismo, e a predação intraguilda, foram maiores por fêmeas de *S. cincticeps* (Figuras 3 e 4).

A longevidade de fêmeas de *P. nigrispinus* não diferiu entre tratamentos sem alimento, com canibalismo e predação intraguilda ($F= 0,4066$; $P= 0,6719$) (Figura 5).

Porém, a longevidade de fêmeas de *S. cincticeps* com canibalismo ou predação intraguildd foi maior que sem alimentação ($F= 3,4023$; $P= 0,04615$) (Figura 6).

DISCUSSÃO

Interações intraespecíficas

As interações intraespecíficas entre fêmeas de *P. nigrispinus* não foram suficientes para afetar o consumo alimentar e a taxa de predação desse predador. Isso se deve à alta disponibilidade de alimento diminuir o canibalismo e a competição (Sato *et al.*, 2009; Ware *et al.*, 2009). Uma pupa de *T. molitor* (105 ± 5 mg) saciou uma fêmea desse predador, como observado por sua alimentação com cinco lagartas de *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) (71,37 mg) (Pereira *et al.*, 2008).

Interações intraespecíficas entre fêmeas de *S. cincticeps* não deveriam ter afetado o consumo alimentar e a taxa de predação desse predador, pois uma pupa de *T. molitor* pode saciar esse predador, e a quantidade de alimento consumida depende do peso do predador (Pereira *et al.*, 2008) e fêmeas de *P. nigrispinus* são maiores que as de *S. cincticeps*. A competição intraespecífica afetou o consumo alimentar após 24 horas, quando o predador estava com fome (24 horas sem alimentação). A competição intraespecífica, também, afetou o consumo alimentar de *Stegodyphus dumicola* Pocock (Araneae: Eresidae) (Amir *et al.*, 2000). Além da competição, uma alta taxa de canibalismo entre adultos dessa espécie pode levar a um comportamento de anti-predação, reduzindo seu consumo alimentar (Werner and Anholt, 1996). Essa redução é uma resposta comum, pois diminui o risco da predação (Relyea, 2004; Jara and Perotti, 2010). O canibalismo só foi observado em situação de fome e não ocorreu durante todo o experimento, e, com isso, o consumo alimentar ao final dos nove dias e a taxa de predação não foram afetados.

Interações interespecíficas

Interações interespecíficas entre fêmeas de *P. nigrispinus* e *S. cincticeps* não foram suficientes para afetar o consumo alimentar desses predadores, devido à alta disponibilidade de alimento, o que diminui a predação intraguildd e a competição (Ware *et al.*, 2009; Chacón and Heimpel, 2010). Essa alta disponibilidade de alimento leva, frequentemente, a efeitos sinérgicos sobre a taxa de predação (Grez *et al.*, 2011), como observado entre *P. nigrispinus* e *S. cincticeps*. *Orthotylus marginalis* Reuter (Heteroptera: Miridae) e *Anthocoris nemorum* (L.) (Heteroptera: Anthocoridae) predando *Phratora vulgatissima* L. (Coleoptera: Chrysomelidae) apresentaram resposta

positiva na interação interespecífica, explicada, em parte, pela preferência por diferentes fases do desenvolvimento da presa (Björkman and Liman, 2005). O efeito da interação entre *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae) e *Coleomegilla maculata* Lengi (Coleoptera: Coccinellidae) predando *Leptinotarsa decemlineata* Say (Coleoptera: Chrysomelidae) foi antagônico, devido principalmente, a predação intraguilda (Mallampalli *et al.*, 2002). A taxa de predação aumentou, pois *P. nigrispinus*, com *S. cincticeps*, predou mais de uma pupa de *T. molitor* por dia. Mesmo saciado, esse predador pode atacar presas com alta abundância (Vivian *et al.*, 2002), como mostrado para *P. maculiventris* e *Podisus sagitta* (Fabricius) (Heteroptera: Pentatomidae) que predaram maior número de presas que o necessário para saciar sua fome (De Clercq and Degheele, 1994). Além disso, o comportamento de predação pode tornar a presa mais suscetível ao outro predador, fenômeno chamado facilitação do predador (Charnov *et al.*, 1976; Losey and Denno, 1998).

A taxa semelhante de predação de *P. nigrispinus* mais *S. cincticeps* e de duas fêmeas do primeiro predador, mostra que pode-se obter mais eficiência no controle biológico a utilização de apenas uma espécie que o conjunto de predadores (Straub and Snyder, 2006).

O peso de pupas de *T. molitor* mostra que cada uma pode saciar uma fêmea de *P. nigrispinus* ou *S. cincticeps* e impossibilitou-se realizar o experimento com baixas densidades de presa. Interações antagônicas aparecem nessas condições, enquanto o sinergismo ocorre, frequentemente, em altas densidades de presas (Grez *et al.*, 2011). Além disso, o experimento foi de curto prazo, e os mecanismos dos efeitos negativos da diversidade, como a predação intraguilda, ocorrem ao nível da população e, geralmente, envolvem mudanças na abundância das presas, o que pode levar algum tempo para se manifestar (Rosenheim, 2001).

Ganho de peso

O maior ganho de peso de *P. nigrispinus*, após 24 horas e ao final dos nove dias, em todos os tratamentos, é importante pela massa corpórea maior que 60 mg, que é a faixa de peso para fecundidade adequada desse predador (Zanuncio *et al.* 2002). Fêmeas apresentaram um ganho de peso semelhante após 24 horas e ao final de nove dias, indicando não ter havido efeito da competição interespecífica e da intraespecífica. Ganho de peso similar, após 24 horas, foi observado para *P. nigrispinus* predando *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) (Oliveira *et al.*, 2001). No entanto, em outro experimento, o ganho de peso de *P. nigrispinus* predando *A.*

argillacea foi menor, após 24 horas (Pereira *et al.*, 2008). Isto se deve ao uso de fêmeas do predador e presas com menor peso, pois aquelas menores consomem menos alimento e por predarem presas menores, necessitam preda mais presas, gastando mais energia na busca das mesmas. A presença de posturas em todos os tratamentos mostra que as fêmeas estavam saciadas, pois predadores do gênero *Podisus*, saciados, podem produzir ovos inférteis, mesmo quando não acasalados (De Clercq and Degheele, 1990).

O ganho de peso semelhante entre tratamentos com *S. cincticeps* ao final de nove dias mostra não ter havido efeito da competição interespecífica e da intraespecífica. A competição intraespecífica, após 24 horas, reduziu o ganho de peso desse predador, devido à diminuição no consumo. O risco de ser predado, devido à alta taxa de canibalismo entre adultos dessa espécie, pode levar um predador a evitar o outro, gastando mais energia. Esse comportamento é comum e diminui o risco da predação (Relyea, 2004; Jara and Perotti, 2010). O canibalismo só foi observado em situação de fome e, por isto, o consumo alimentar ao final dos nove dias não foi afetado.

Canibalismo e predação intraguilda

O canibalismo e a predação intraguilda em condições de falta de alimento, deve-se ao fato de percevejos predadores poderem selecionar presas com menor potencial de defesa em condições de abundância, reduzindo gastos desnecessários de energia (Zanuncio *et al.*, 2008). Adultos de *P. maculiventris* predam adultos de *Coccinella septempunctata* Linnaeus (Coleoptera: Coccinellidae), apenas, na ausência de alimento (Moreno *et al.*, 2010). A predação intraguilda bidirecional ocorreu, porém a predação intraguilda por parte de fêmeas de *S. cincticeps* foi maior, mesmo essa espécie sendo menor que *P. nigrispinus*. O tamanho relativo dos predadores afeta o resultado da predação (Felix and Soares, 2004; Straub *et al.*, 2008) e espécies maiores, geralmente, predam as menores. A maior taxa de predação e canibalismo por fêmeas de *S. cincticeps*, sem alimentação, deve-se a sua menor longevidade que as de *P. nigrispinus*, necessitando alimentar-se mais cedo para sobreviver. Larvas de *H. axyridis* foram mais agressivas com o aumento da fome (Burgio *et al.*, 2002; Moser and Obrycki, 2009; Moser *et al.*, 2010).

O consumo de *S. cincticeps* não apresentou ganho energético por *P. nigrispinus*, pois, apesar de consumir nutrientes, o custo energético de capturar e matar a presa intraguilda é dispendioso, pois este pode contra-atacar e o mesmo ocorre para o canibalismo. Isso explica o baixo índice dessas formas de alimentação para *P. nigrispinus*. Larvas maiores de *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae)

contra-atacam *P. maculiventris* como forma de defesa (De Clercq *et al.*, 2003). A predação intraguilda e o canibalismo aumentaram a longevidade de *S. cincticeps*. Essas formas de alimentação aumentam a capacidade de predadores de persistir no ambiente com baixo recurso alimentar (Ruberson *et al.*, 1986; Rudolf and Armstrong, 2008; Culler and Lamp, 2009). No campo, as taxas de canibalismo e predação intraguilda não devem atingir o patamar semelhante ao do laboratório, devido à possibilidade de dispersão dos insetos e a presença de presas alternativas. Habitats mais complexos, geralmente, contêm maior diversidade de recursos alimentares e refúgios para predadores, reduzindo a intensidade da competição, canibalismo e predação intraguilda (Abad-Moyano *et al.*, 2010; Frank *et al.*, 2010; Korenko and Pekár, 2010).

Predadores podem coexistir em um mesmo ambiente quando a presa intraguilda é mais eficiente na competição pelo recurso compartilhado, enquanto o predador intraguilda compensa essa falta de competitividade consumindo a presa intraguilda (Holt and Polis, 1997; Borer *et al.*, 2003), com isso podemos concluir que *P. nigrispinus* e *S. cincticeps* podem coexistir no mesmo ambiente, pois *P. nigrispinus* é a presa intraguilda e melhor competidor e *S. cincticeps* é o predador intraguilda. Isto pode reduzir a predação da presa alvo, devido a predação intraguilda (Polis *et al.*, 1989) e ao comportamento de anti-predação, que pode levar a presa intraguilda a evitar áreas com o predador (Magalhães *et al.*, 2004; Çakmak *et al.*, 2006). O aumento da densidade da presa alvo depende do grau em que o predador intraguilda se alimenta dela, o que pode reduzir efeitos “top-down” em herbívoros, enfraquecer cascatas tróficas, e prejudicar o controle biológico (Rosenheim *et al.*, 1995; Denno *et al.*, 2004).

CONCLUSÃO

Interações intra e interespecíficas não afetaram fêmeas de *P. nigrispinus*, com alta densidade de presa. Mesmo na ausência de alimento, são pouco afetadas por essas interações, por terem baixo canibalismo, porém podem ser predadas por fêmeas de *S. cincticeps*.

Fêmeas de *S. cincticeps*, com alta densidade de presa, também, não foram afetadas pelas interações intra e interespecíficas. Na ausência de alimento, são beneficiadas por essas interações, pois são pouco predadas por *P. nigrispinus* e possuem alta ocorrência de canibalismo e predação intraguilda, o que aumenta sua longevidade.

Em alta densidade de presa, houve sinergismo da taxa de predação entre esses predadores, o que é benéfico ao controle biológico. A coexistência de *P. nigrispinus* e *S. cincticeps* é possível no mesmo ambiente.

A conservação de ambos os predadores é interessante em programas de controle biológico conservativo, pois a coexistência entre os mesmos é possível e são sinérgicos em alta densidade de presa. No entanto, é melhor utilizar, apenas, *P. nigrispinus* em programas de controle biológico inundativo, pois esse predador possui maior taxa de predação, baixa taxa de canibalismo e maior longevidade em escassez de presa. Além disso, o uso combinado com *S. cincticeps*, predador intraguilda, poderia aumentar a mortalidade de *P. nigrispinus* ou causar sua migração, prejudicando o controle biológico. Por isto, é melhor investir os recursos financeiros na produção de maior número de indivíduos de *P. nigrispinus*.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

Abad-Moyano, R., Urbaneja, A. and Schausberger, P. 2010. Intraguild interactions between *Euseius stipulatus* and the candidate biocontrol agents of *Tetranychus urticae* in Spanish clementine orchards: *Phytoseiulus persimilis* and *Neoseiulus californicus*. *Experimental & Applied Acarology* 50, 23-34.

Amarasekare, P. 2003. Competitive coexistence in spatially structured environments: a synthesis. *Ecology Letters* 6, 1109-1122.

Amir, N., Whitehouse, M.E.A. and Lubin, Y. 2000. Food consumption rates and competition in a communally feeding social spider, *Stegodyphus dumicola* (Eresidae). *Journal of Arachnology* 28, 195-200.

Azevedo, D.O., Zanuncio, J.C., Zanuncio-Júnior, J.S., Martins, G.F., Marques-Silva, S., Sossai, M.F. and Serrão, J.E. 2007. Biochemical and morphological aspects of the predator *Brontocoris tabidus* (Heteroptera: Pentatomidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 50, 469-477.

Bennett, J.A., Gillespie, D.R., Shipp, J.L. and Vanlaerhoven, S.L. 2009. Foraging strategies and patch distributions: intraguild interactions between *Dicyphus hesperus* and *Encarsia formosa*. *Ecological Entomology* 34, 58-65.

- Björkman, C. and Liman, A.S.** 2005. Foraging behaviour influences the outcome of predator–predator interactions. *Ecological Entomology* 30, 164-169.
- Borer, E.T., Briggs, C.J., Murdoch, W.W. and Swarbrick, S.L.** 2003. Testing intraguild predation theory in a field system: does numerical dominance shift along a gradient of productivity? *Ecology Letters* 6, 929-935.
- Burgio, G., Santi, F. and Maini, S.** 2002. On intra-guild predation and cannibalism in *Harmonia axyridis* (Pallas) and *Adalia bipunctata* L. (Coleoptera: Coccinellidae). *Biological Control* 24, 110-116.
- Çakmak, I., Janssen, A. and Sabelis, M.W.** 2006. Intraguild interactions between the predatory mites *Neoseiulus californicus* and *Phytoseiulus persimilis*. *Experimental and Applied Acarology* 38, 33-46.
- Casula, P., Wilby A. and Thomas M.B.** 2006. Understanding biodiversity effects on prey in multi-enemy systems. *Ecology Letters* 9, 995-1004.
- Chacón, J.M. and Heimpel, G.E.** 2010. Density-dependent intraguild predation of an aphid parasitoid. *Oecologia* 164, 213-220.
- Charnov, E.L., Orians, G.H. and Hyatt, K.** 1976. Ecological implications of resource depression. *American Naturalist* 110, 247-259.
- Choh, Y., van der Hammen, T., Sabelis, M.W. and Janssen, A.** 2010. Cues of intraguild predators affect the distribution of intraguild prey. *Oecologia* 163, 335-340.
- Cohen, A.C.** 1995. Extra-oral digestion in predaceous terrestrial Arthropoda. *Annual Review of Entomology* 40, 85-103.
- Culler, L.E. and Lamp, W.O.** 2009. Selective predation by larval *Agabus* (Coleoptera: Dytiscidae) on mosquitoes: support for conservation-based mosquito suppression in constructed wetlands. *Freshwater Biology* 54, 2003-2014.
- De Clercq, P. and Degheele, D.** 1990. Description and life history of the predatory bug *Podisus sagitta* (Heteroptera: Pentatomidae). *Canadian Entomologist* 122, 1149-1156.
- De Clercq, P. and Degheele, D.** 1994. Laboratory measurement of predation by *Podisus maculiventris* and *Podisus sagitta* (Heteroptera: Pentatomidae) on beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology* 87, 76-83.
- Denno, R.F., Mitter, M.S., Langellotto, G.A., Gratton, C. and Finke, D.L.** 2004. Interactions between a hunting spider and a web-builder: consequences of intraguild predation and cannibalism for prey suppression. *Ecological Entomology* 29, 566-577.

Felix, S. and Soares, A.O. 2004. Intraguild predation between the aphidophagous ladybird beetles *Harmonia axyridis* and *Coccinella undecimpunctata* (Coleoptera: Coccinellidae): the role of body weight. *European Journal of Entomology* 101, 237-242.

Frank, S.D., Shrewsbury, P.M. and Denno, R.F. 2010. Effects of alternative food on cannibalism and herbivore suppression by carabid larvae. *Ecological Entomology* 35, 61-68.

Greß, A.A., Zaviezo, T. and Mancilla, A. 2011. Effect of prey density on intraguild interactions among foliar- and ground-foraging predators of aphids associated with alfalfa crops in Chile: a laboratory assessment. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 139, 1-7.

Hol, R.D. and Polis, G.A. 1997. A theoretical framework for intraguild predation. *The American Naturalist* 149, 745-764.

Janssen, A., Sabelis, M.W., Magalhães, S., Montserrat, M. and van der Hammen, T. 2007. Habitat structure affects intraguild predation. *Ecology* 88, 2713-2719.

Jara, F.G. and Perotti, M.G. 2010. Risk of predation and behavioural response in three anuran species: influence of tadpole size and predator type. *Hydrobiologia* 644, 313-324.

Lane, S.D., St Mary, C.M. and Getz, W.M. 2006. Coexistence of attack-limited parasitoids sequentially exploiting the same resource and its implications for biological control. *Annales Zoologici Fennici* 43, 17-34.

Lemos, W.P., Ramalho, F.S., Serrão, J.E. and Zanuncio, J.C. 2003. Effects of diet on development of *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Het., Pentatomidae), a predator of the cotton leafworm. *Journal of Applied Entomology* 127, 389-395.

Lester, P.J. and Harmsen, R. 2002. Functional and numerical responses do not always indicate the most effective predator for biological control: an analysis of two predators in a two-prey system. *Journal of Applied Ecology* 39, 455-468.

Losey, J.E. and Denno, R.F. 1998. Positive predator–predator interactions: enhanced predation rates and synergistic suppression of aphid populations. *Ecology* 79, 2143-2152.

Lucas, E. 2005. Intraguild predation among aphidophagous predators. *European Journal of Entomology* 102, 351-364.

Magalhães, S., Tudorache, C., Montserrat, M., van Maanen, R., Sabelis, M.W. and Janssen, A. 2004. Diet of intraguild predators affects antipredator behavior in intraguild prey. *Behavioral Ecology* 16, 364-370.

Mallampalli, N., Castellanos, I. and Barbosa, P. 2002. Evidence for intraguild predation by *Podisus maculiventris* on a ladybeetle, *Coleomegilla maculata*: implications for biological control of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. *BioControl* 47, 387-398.

Medeiros, R.S., Ramalho, F.S., Zanuncio, J.C. and Serrão, J.E. 2003. Effect of temperature on life table parameters of *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) fed with *Alabama argillacea* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Journal of Applied Entomology* 127, 209-213.

Meisner, M., Harmon, J.P., Harvey, C.T. and Ives, A.R. 2010. Intraguild predation on the parasitoid *Aphidius ervi* by the generalist predator *Harmonia axyridis*: the threat and its avoidance. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 138,193-201.

Molina-Rugama, A.J., Zanuncio, J.C., Zanuncio, T.V. and De Oliveira, M.L.R. 1998. Reproductive strategy of *Podiscus rostralis* (Stal) (Heteroptera: Pentatomidae) females under different feeding intervals. *Biocontrol Science and Technology* 8, 583-588.

Moreno, C.R., Lewins, S.A. and Barbosa, P. 2010. Influence of relative abundance and taxonomic identity on the effectiveness of generalist predators as biological control agents. *Biological Control* 52, 96-103.

Moser, S.E. and Obrycki, J.J. 2009. Competition and intraguild predation among three species of coccinellids (Coleoptera: Coccinellidae). *Annals of the Entomological Society of America* 102, 419-425.

Moser, S.E., Haynes, K.F. and Obrycki, J.J. 2010. Behavioral response to larval tracks and the influence of tracks on intraguild scavenging by coccinellid larvae. *Journal of Insect Behavior* 23, 45-58.

Nakazawa, T., Miki, T. and Namba, T. 2010. Influence of predator-specific defense adaptation on intraguild predation. *Oikos* 119, 418-427.

Oliveira, J.E.M., Torres, J.B., Moreira, A.F.C. and Zanuncio, J.C. 2001. Effect of prey density and mating status on predation rate of females of *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae) in laboratory and field conditions. *Neotropical Entomology* 30, 647-654.

Korenko, S. and Pekár, S. 2010. Is there intraguild predation between winter-active spiders (Araneae) on apple tree bark? *Biological Control* 54, 206-212.

Pereira, A.I.A., Ramalho, F.S., Malaquias, J.B., Bandeira, C.M., Silva, J.P.S. and Zanuncio, J.C. 2008. Density of *Alabama argillacea* larvae affects food extraction by females of *Podisus nigrispinus*. *Phytoparasitica* 36, 84-94.

Pereira, A.I.A., Ramalho, F.S., Rodrigues, K.C.V., Malaquias, J.B., Souza, J.V.S and Zanuncio, J.C. 2010. Food extraction by the males of *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae) from cotton leafworm larvae. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 53, 1027-1035.

Pfannenstiel, R.S., Hunt, R.E. and Yeargan, K.V. 1995. Orientation of a hemipteran predator by feeding caterpillars. *Journal of Insect Behavior* 8, 1-9.

Polis, G.A., Myers, C.A. and Holt, R.D. 1989. The ecology and evolution of intraguild predation: potential competitors that eat each other. *Annual Review of Entomology* 20, 297-330.

R Development Core Team. 2010. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.

Relyea, R. A. 2004. Fine-tuned phenotypes: tadpole plasticity under 16 combinations of predators and competitors. *Ecology* 85, 172-179.

Rosenheim, J. A. 2001. Source–sink dynamics for a generalist insect predator in habitats with strong higher-order predation. *Ecological Monographs* 71, 93-116.

Rosenheim, J.A., Kaya, H.K., Ehler, L.E., Marois, J.J. and Jaffee, B.A. 1995. Intraguild predation among biological control agents: theory and evidence. *Biological Control* 5, 303-335.

Ruberson, J.R., Tauber, M.J. and Tauber, C.A. 1986. Plant feeding by *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae): effect on survival, development, and preoviposition period. *Environmental Entomology* 15, 894-897

Rudolf, V.H.W. and Armstrong, J. 2008. Emergent impacts of cannibalism and size refuges in prey on intraguild predation systems. *Oecologia* 157, 675-686.

Sabelis, M.W., Janssen, A. and Kant, M.R. 2001. The enemy of my enemy is my ally. *Science* 291, 2104-2105.

Sato, S., Shinya, K., Yasuda, H., Kindlmann, P. and Dixon, A.F.G. 2009. Effects of intra and interspecific interactions on the survival of two predatory ladybirds (Coleoptera: Coccinellidae) in relation to prey abundance. *Applied Entomology and Zoology* 44, 215-221.

Soares, M.A., Zanuncio, J.C., Leite, G.L.D., Wermelinger, E.D. and Serrão, J.E. 2009a. Does *Thyriniteina arnobia* (Lepidoptera: Geometridae) use different defense behaviours against predators? Journal of Plant Diseases and Protection 116, 30-33.

Soares, M.A., Torres-Gutierrez, C., Zanuncio, J.C., Pedrosa, A.R.P. and Lorenzon, A.S. 2009b. Superparasitismo de *Palmistichus elaeisis* (Hymenoptera: Eulophidae) y comportamiento de defensa de dos hospederos. Revista Colombiana de Entomología 35, 62-65.

Straub, C.S., Finke, D.L. and Snyder, W.E. 2008. Are the conservation of natural enemy biodiversity and biological control compatible goals? Biological Control 45, 225-237.

Straub, C.S. and Snyder, W.E. 2006. Species identity dominates the relationship between predator biodiversity and herbivore suppression. Ecology 87, 277-282.

Vivian, L.M., Torres, J.B., Veiga, A.F.S.L. and Zanuncio, J.C. 2002. Comportamento de predação e conversão alimentar de *Podisus nigrispinus* sobre a traça-do-tomateiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira 37, 581-587.

Ware, E.R., Yguel, B. and Majerus, M. 2009. Effects of competition, cannibalism and intra-guild predation on larval development of the European coccinellid *Adalia bipunctata* and the invasive species *Harmonia axyridis*. Ecological Entomology 34, 12-19.

Werner, E.E. and Anholt, B.R. 1996. Predator-induced behavioral indirect effects: consequences to competitive interactions in anuran larvae. Ecology 77, 157-169.

Wilby, A., Villareal, S.C., Lan, L.P., Heong, K.L. and Thomas, M.B. 2005. Functional benefits of predator species diversity depend on prey identity. Ecological Entomology 30, 497-501.

Zanuncio, J.C., Molina-Rugama, A.J., Serrão, J.E. and Pratissoli, D. 2001. Nymphal development and reproduction of *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) fed with combinations of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebridae) pupae and *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) larvae. Biocontrol Science and Technology 11, 331-337.

Zanuncio, J.C., Molina-Rugama, A.J., Santos, G.P. and Ramalho, F.S. 2002. Effect of body weight on fecundity and longevity of the stinkbug predator *Podisus rostralis*. Pesquisa Agropecuária Brasileira 37, 1225-1230.

Zanuncio, J.C., Silva, C.A.D., Lima, E.R., Pereira, F.F., Ramalho, F.S. and Serrão, J.E. 2008. Predation rate of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae with and without defense by *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). Brazilian Archives of Biology and Technology 51, 121-125.

Tabela 1 – Médias $\pm$ erro-padrão¹ do consumo alimentar, por indivíduo, após 24h e total durante nove dias (mg) e da taxa de predação total (%) de adultos fêmeas de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) alimentando-se de pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas. Tratamentos: 2PN X 2TM= duas fêmeas de *P. nigrispinus* X duas pupas de *T. molitor*; PN X TM= uma fêmea de *P. nigrispinus* X uma pupa de *T. molitor*.

Tratamento	Consumo (24h)	Consumo total	Taxa de predação (%)
2PN X 2TM	39,06 $\pm$ 6,19a	112,03 $\pm$ 9,65a	76,04 $\pm$ 4,54a
PN X TM	42,50 $\pm$ 3,49a	101,31 $\pm$ 5,82a	72,50 $\pm$ 5,48a

(1) Médias seguidas de mesma letra minúscula por coluna não diferem pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

Tabela 2 – Médias $\pm$ erro-padrão¹ do consumo alimentar, por indivíduo, após 24h e total durante nove dias (mg), e da taxa de predação total (%) de adultos fêmeas de *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) alimentando-se de pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas. Tratamentos: 2SC X 2TM= duas fêmeas de *S. cincticeps* X duas pupas de *T. molitor*; SC X TM= uma fêmea de *S. cincticeps* X uma pupa de *T. molitor*.

Tratamento	Consumo (24h)	Consumo total	Taxa de predação (%)
2SC X 2TM	14,45 $\pm$ 2,42b	48,99 $\pm$ 4,62a	50,00 $\pm$ 3,61a
SC X TM	24,83 $\pm$ 2,37a	52,83 $\pm$ 2,84a	49,52 $\pm$ 3,48a

(1) Médias seguidas de mesma letra minúscula por coluna não diferem pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

Tabela 3 – Médias $\pm$ erro-padrão¹ do consumo alimentar, por indivíduo, após 24h e total durante nove dias (mg), e da taxa de predação total (%) de adultos fêmeas de *Podisus nigrispinus* e *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) alimentando-se de pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas. Tratamentos: PN + SC X 2TM= uma fêmea de *P. nigrispinus* + uma fêmea de *S. cincticeps* X duas pupas de *T. molitor*; (PN X TM) + (SC X TM)= uma fêmea de *P. nigrispinus* X uma pupa de *T. molitor* + uma fêmea de *S. cincticeps* X uma pupa de *T. molitor*.

Tratamento	Consumo (24h)	Consumo total	Taxa de predação (%)
PN + SC X 2TM	$32,37 \pm 2,57a$	$83,43 \pm 4,83a$	$72,75 \pm 4,02a$
(PN X TM) + (SC X TM)	$33,75 \pm 2,11a$	$76,47 \pm 2,27a$	$61,03 \pm 3,07b$

(1) Médias seguidas de mesma letra minúscula por coluna não diferem pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

Tabela 4 – Médias $\pm$ erro-padrão¹ do ganho de peso após 24h e total durante nove dias (mg) de adultos fêmeas de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) alimentando-se de pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas. Tratamentos: PN X TM= uma fêmea de *P. nigrispinus* X uma pupa de *T. molitor*; 2PN X 2TM= duas fêmeas de *P. nigrispinus* X duas pupas de *T. molitor*; PN + SC X 2TM= uma fêmea de *P. nigrispinus* + uma fêmea de *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) X duas pupas de *T. molitor*.

Tratamento	Ganho de peso (24h)	Ganho de peso total
PN X TM	$22,62 \pm 1,85a$	$22,89 \pm 2,66a$
2PN X 2TM	$20,47 \pm 2,91a$	$27,54 \pm 2,08a$
PN + SC X 2TM	$24,79 \pm 2,52a$	$27,92 \pm 3,93a$

(1) Médias seguidas de mesma letra minúscula por coluna não diferem pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

Tabela 5 – Médias $\pm$ erro-padrão¹ do ganho de peso após 24h e total durante nove dias (mg) de adultos fêmeas de *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) alimentando-se de pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas. Tratamentos: SC X TM= uma fêmea de *S. cincticeps* X uma pupa de *T. molitor*; 2SC X 2TM= duas fêmeas de *S. cincticeps* X duas pupas de *T. molitor*; SC + PN X 2TM= uma fêmea de *S. cincticeps* + uma fêmea de *Podisus cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) X duas pupas de *T. molitor*.

Tratamento	Ganho de peso (24h)	Ganho de peso total
SC X TM	$12,68 \pm 1,96a$	$9,99 \pm 2,14a$
2SC X 2TM	$7,12 \pm 1,44b$	$7,54 \pm 1,61a$
SC + PN X 2TM	$9,97 \pm 2,54ab$	$5,48 \pm 4,47a$

(1) Médias seguidas de mesma letra minúscula por coluna não diferem pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

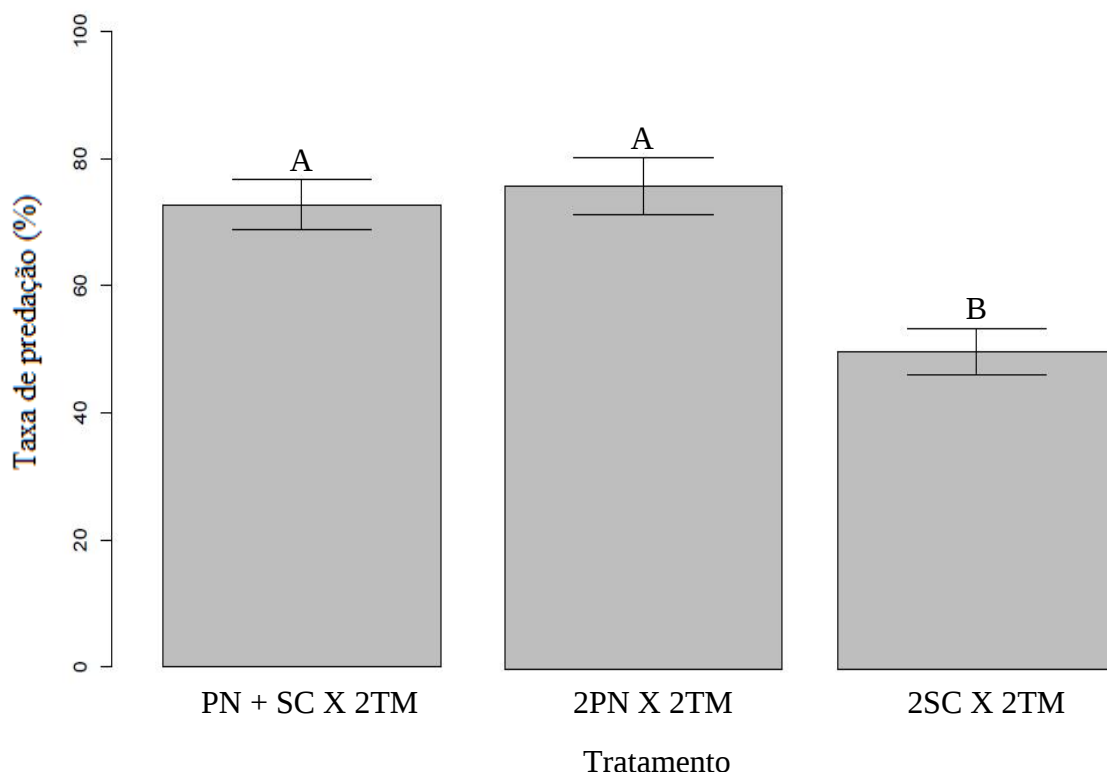


Figura 1 – Taxa de predação (%) por fêmeas de *Podisus nigrispinus* e *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) em pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas. Tratamentos: PN + SC X 2TM= uma fêmea de *P. nigrispinus* + uma fêmea de *S. cincticeps* X duas pupas de *T. molitor*; 2PN X 2TM= duas fêmeas de *P. nigrispinus* X duas pupas de *T. molitor*; 2SC X 2TM= duas fêmeas de *S. cincticeps* X duas pupas de *T. molitor*.

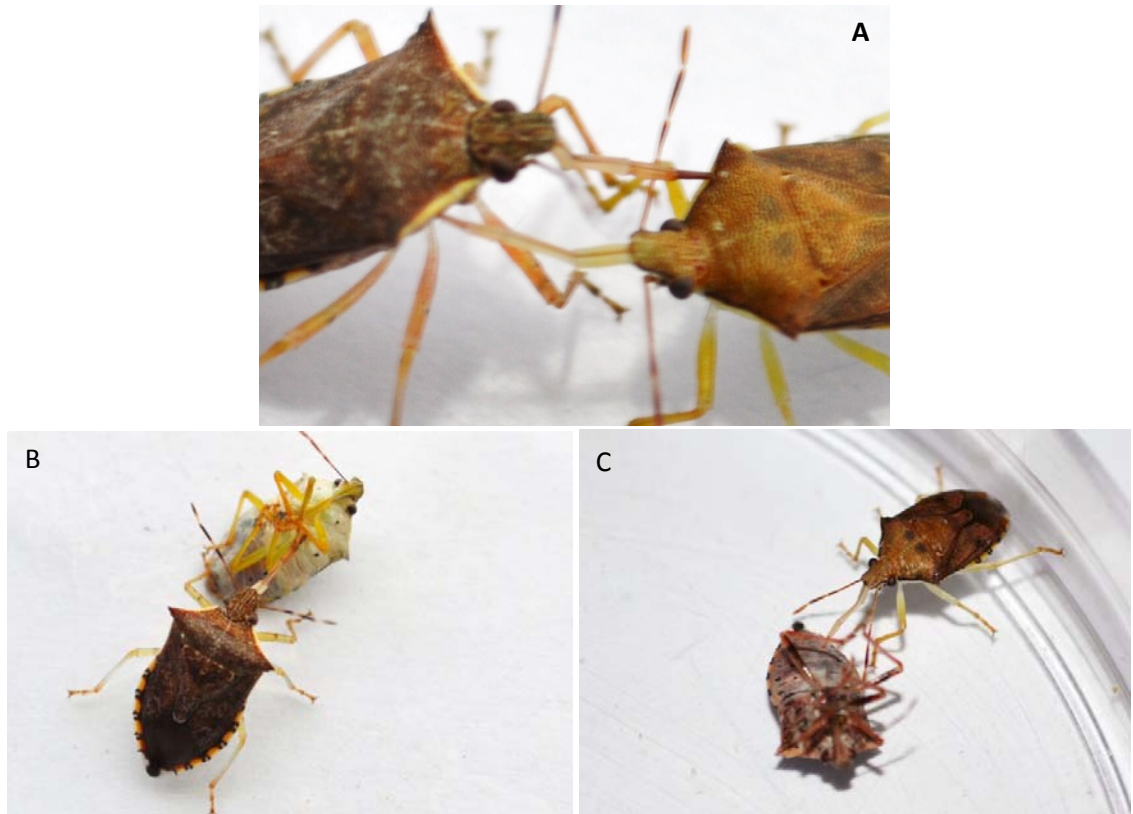


Figura 2 - Predação intraguilda entre fêmeas de *Podisus nigrispinus* e de *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae). A– Predação intraguilda bidirecional entre *P. nigrispinus* e *S. cincticeps*; B– predação intraguilda de *P. nigrispinus* sobre *S. cincticeps*; C– predação intraguilda de *S. cincticeps* sobre *P. nigrispinus*.

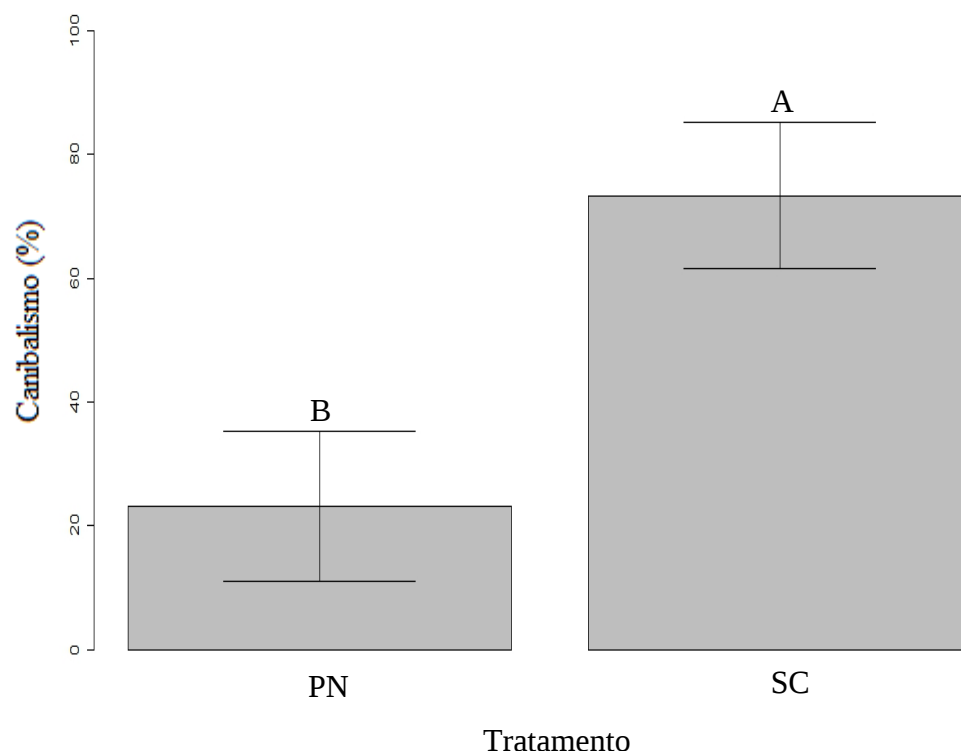


Figura 3 – Canibalismo (%) entre fêmeas de *Podisus nigrispinus* (PN) e *Supputius cincticeps* (SC) (Heteroptera: Pentatomidae) sem alimentação a $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas.

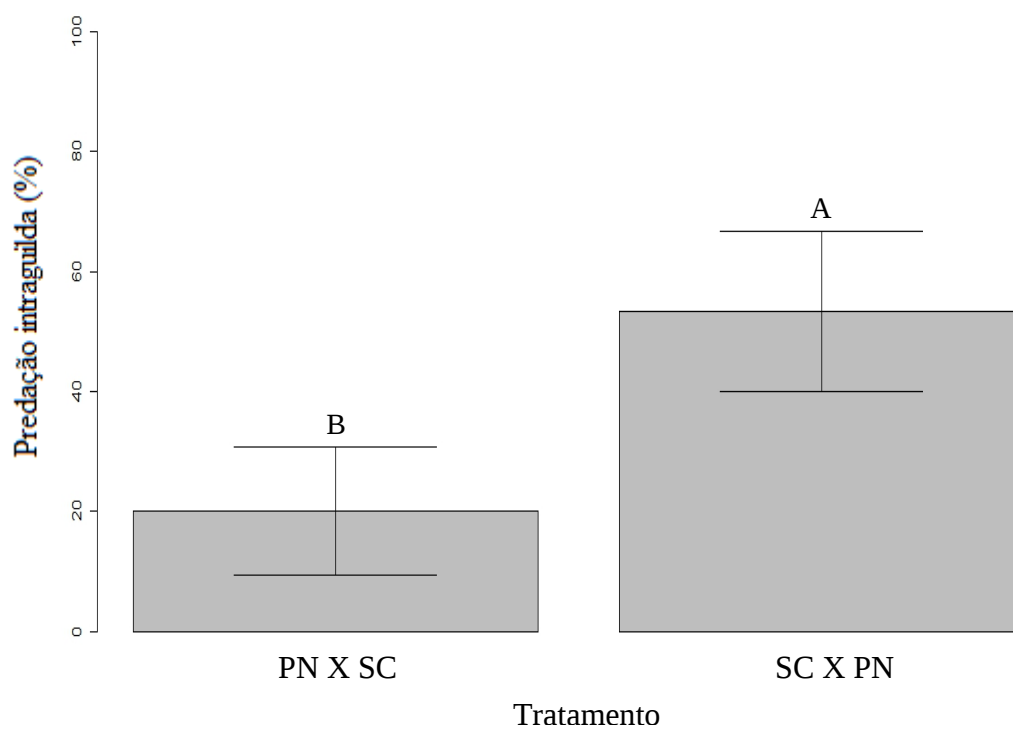


Figura 4 – Predação intraguilda (%) de fêmeas de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) sobre fêmeas de *Supputius cincticeps* (PN X SC) (Heteroptera: Pentatomidae) e de fêmeas de *S. cincticeps* sobre fêmeas de *P. nigrispinus* (SC X PN) sem alimentação a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas.

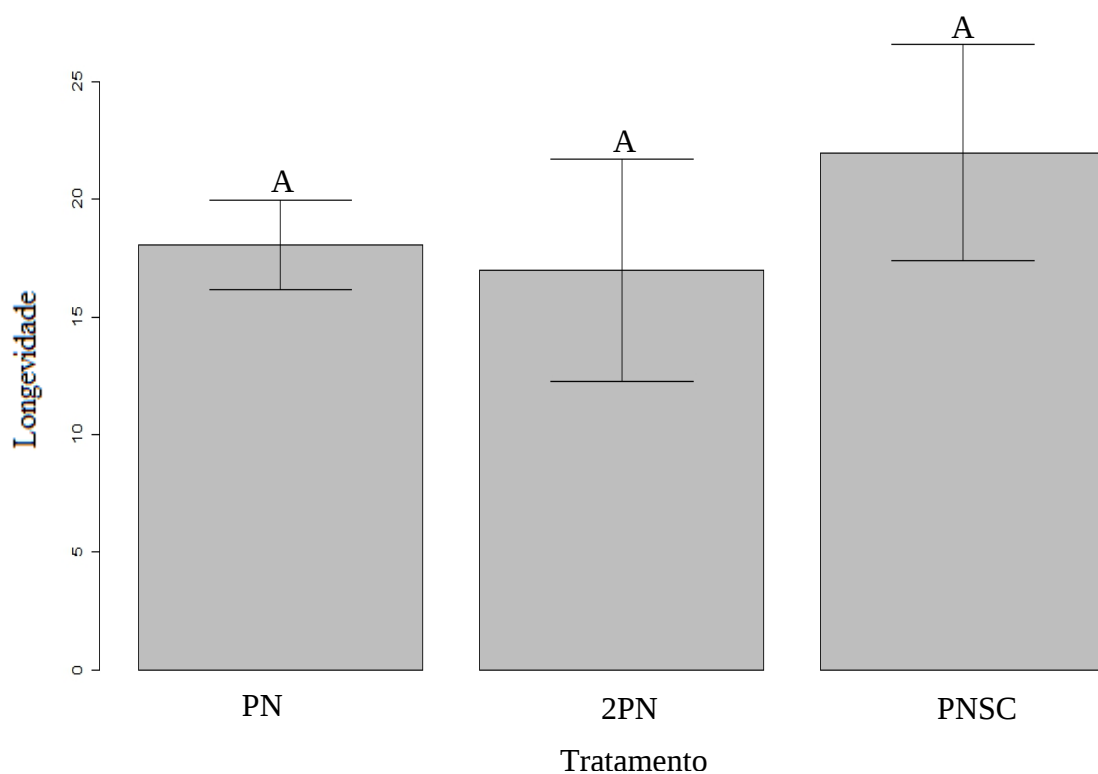


Figura 5 – Longevidade (dias) de fêmeas de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) com canibalismo e predação intraguilda a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas. Tratamentos: PN= sem alimentação; 2PN= canibalismo; PNSC= predação intraguilda.

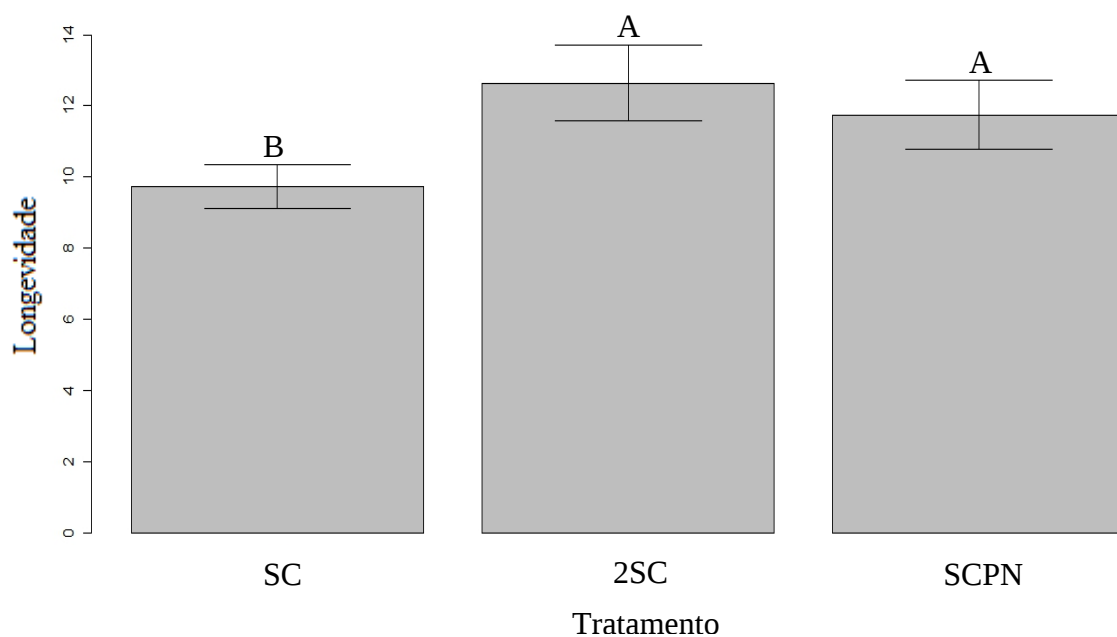


Figura 6 –Longevidade (dias) de fêmeas de *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) com canibalismo e predação intraguilda a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas. Tratamentos: SC= sem alimentação; 2SC= canibalismo; SCPN= predação intraguilda.

CAPÍTULO II



Interações intra e interespecífica no desenvolvimento e reprodução de *Podisus nigrispinus* e *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae)

Interações intra e interespecífica no desenvolvimento e reprodução de *Podisus nigrispinus* e *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae)

RESUMO

Podisus nigrispinus (Dallas) e *Supputius cincticeps* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae) são predadores generalistas da região Neotropical da América do Sul e consomem alta variedade de presas não sendo restritos ao nível trófico inferior, pois podem se alimentar uns dos outros, na “predação intraguilda” e no canibalismo. Essas interações podem ser medidas pela influência do regime alimentar no ciclo de vida desses predadores e suas características reprodutivas. O objetivo desse trabalho foi avaliar impactos da interação intra e interespecífica e do canibalismo e predação intraguilda no desenvolvimento e sobrevivência de ninfas e aspectos reprodutivos de *P. nigrispinus* e *S. cincticeps*. O experimento foi iniciado com ninfas de segundo estágio desses predadores e pupas de *Tenebrio molitor* Linnaeus (Coleoptera: Tenebrionidae) *ad libitum* e a cada quatro dias. Casais foram formados no dia da emergência dos mesmos e mantidos nos mesmos tratamentos. A sobrevivência, a duração do segundo estágio até adulto, peso, razão sexual e longevidade dos adultos, números de ovos e de ninfas, duração dos períodos de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição, viabilidade dos ovos, período de incubação dos ovos, números de ovos por postura e de ninfas por postura, total de posturas, taxa de oviposição e de eclosão de ninfas por fêmea desses predadores e a predação intraguilda e o canibalismo foram avaliados. Interações intra e interespecíficas não afetaram o desenvolvimento e a reprodução de *P. nigrispinus*, com alimentação *ad libitum*. Com alimentação a cada quatro dias, essas interações são semelhantes, ocorrendo canibalismo e predação intraguilda. Interações interespecíficas afetaram *S. cincticeps*, com alimentação *ad libitum* e a cada quatro dias, com desenvolvimento beneficiado por essa interação, mas com reprodução prejudicada. O canibalismo e predação intraguilda ocorreram com alimentação a cada quatro dias. Em ambas as espécies, o canibalismo e a predação intraguilda ajudam na sobrevivência de parte de suas ninfas até a localização da presa principal. A população de *S. cincticeps* deve-se manter em baixa densidade em contato com *P. nigrispinus*.

Palavras chave: Canibalismo, desenvolvimento, predação intraguilda, reprodução

INTRODUÇÃO

O potencial de predadores Pentatomidae no controle biológico tem sido demonstrado em ecossistemas agrícolas e florestais (Medeiros *et al.*, 2003a). *Podisus nigrispinus* (Dallas) e *Supputius cincticeps* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae) são predadores generalistas da região Neotropical da América do Sul e consomem alta variedade de presas, principalmente insetos das ordens Lepidoptera, Coleoptera, Diptera e Hemiptera (Lemos *et al.*, 2003). A exploração de recursos por predadores não é restrita ao nível trófico inferior, pois muitos podem se alimentar uns dos outros, na “predação intraguilha” (Harvey *et al.*, 2011).

Características funcionais que indicam se uma espécie é um bom agente de controle biológico, como sua capacidade de busca eficiente e alta atividade predatória, também, indicam se a espécie pode ser um predador intraguilha eficiente (Alhmedi *et al.*, 2010). *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) alimenta-se, principalmente, de pulgões, sendo um predador generalista que, também, se alimenta de outros herbívoros, predadores e membros da mesma espécie (Snyder and Ives, 2003). Esse inimigo natural é um bom agente de controle biológico e um predador intraguilha dominante (Sato and Dixon, 2004; Alhmedi *et al.*, 2010). O declínio de espécies associadas com *H. axyridis* deve-se principalmente à competição por recursos (Michaud, 2002) e pelo fato desse predador ser um predador intraguilha agressivo (Alhmedi *et al.*, 2010). Alguns mecanismos comportamentais podem ajudar a evitar a predação intraguilha (Pallini *et al.*, 1998; Schellhorn and Andow, 1999) que depende da abundância de presas e dos estágios de desenvolvimento dos predadores (Sato *et al.*, 2009).

O canibalismo é definido como o ato de se alimentar de indivíduos da mesma espécie e ocorre em várias espécies de insetos (Fox, 1975), principalmente com recursos alimentares escassos (Rickers and Scheu, 2005). O canibalismo em *P. nigrispinus* e *S. cincticeps* foi observado (Ramalho *et al.*, 2008; Pires *et al.*, 2011; observações pessoais), sugerindo que a competição intra e interespecífica podem afetar interações entre essas espécies (Sato *et al.*, 2009).

Interações intra e interespecífica entre predadores generalistas de acordo com variáveis bióticas e abióticas são difíceis de prever (Symondson *et al.*, 2002). Essas interações podem ser medidas pela influência do regime alimentar no ciclo de vida do predador (Sato *et al.*, 2009; Ware *et al.*, 2009), o qual pode alterar o ciclo de vida de pentatomídeos predadores com indivíduos mais bem alimentados se reproduzindo melhor e com mais frequência (Lemos *et al.*, 2001), além de terem desenvolvimento

ninfal mais curto (Zanuncio *et al.*, 2001). A secreção de hormônios juvenis diminui sob condições desfavoráveis, impedindo a ovogênese e, conseqüentemente, o desenvolvimento dos ovos (Malaquias *et al.*, 2010). Além disso, essas condições, também, prejudicam o desenvolvimento do ovário (Lemos *et al.*, 2010). O tamanho das fêmeas e o número de ovos de *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae) foram, positivamente, correlacionados (De Clercq *et al.*, 1998), e o número de posturas, ovos e ninfas negativamente afetados pelo menor peso de fêmeas de *Podisus rostralis* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae) (Zanuncio *et al.*, 2002). A reprodução é reduzida e os nutrientes alocados para a sobrevivência quando o alimento é escasso (Vivian *et al.*, 2003). A taxa de crescimento de populações de predadores depende da duração dos estádios, da taxa de sobrevivência por estágio e da fecundidade dos adultos (Medeiros *et al.*, 2003b).

O objetivo desse trabalho foi avaliar impactos da interação intra e interespecífica e da ocorrência de canibalismo e predação intraguilda no desenvolvimento e sobrevivência de ninfas e aspectos reprodutivos de *P. nigrispinus* e *S. cincticeps*.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados no Laboratório de Controle Biológico de Insetos do Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária (BIOAGRO) da Universidade Federal de Viçosa em Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Criação de *Podisus nigrispinus* e *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae)

Os percevejos predadores foram obtidos da criação massal do Laboratório de Controle Biológico de Insetos do Instituto de Biotecnologia Aplicada à Agropecuária (BIOAGRO) da Universidade Federal de Viçosa em Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Adultos desses predadores foram acondicionados em gaiolas de madeira (30 x 30 x 30 cm), com as laterais teladas e tampa de vidro, com pupas de *Tenebrio molitor* L. (Coleptera: Tenebrionidae) como alimento e algodão umedecido como fonte de água. As posturas desse percevejo foram coletadas a cada dois dias e colocadas em placas de Petri (9,0 x 1,5 cm). Ninfas desses predadores foram criadas nessas placas de Petri até o quarto estágio com pupas de *T. molitor* e algodão umedecido como fonte de água. Após atingirem o quarto estágio, essas ninfas foram acondicionadas em gaiolas de madeira (30 x 30 x 30 cm) com as laterais teladas e tampa de vidro, e pupas de *T. molitor* e algodão umedecido como fonte de água. Os adultos recém emergidos foram transferidos

para as gaiolas de adultos. Toda a criação foi feita em sala climatizada a $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $60 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas (Zanuncio *et al.*, 2001).

Montagem do experimento

O experimento foi realizado no Laboratório de Controle Biológico de Insetos em potes plásticos de 500 mL com um orifício na tampa vedado com organza para aumentar a aeração e um tubo de plástico de anestésico odontológico com 2,5 ml de água destilada, vedado com algodão, para fornecimento de água e umidade (Lemos *et al.*, 2003). Os potes foram mantidos a $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas em delineamento fatorial em blocos casualizados com dois fatores em esquema 3×2 e quinze repetições.

Um fator foi espécie e o número de ninfas de percevejos com três níveis: T1– quatorze ninfas de segundo estágio de *P. nigrispinus*; T2– quatorze ninfas de segundo estágio de *S. cincticeps*; T3– sete ninfas de segundo estágio de cada espécie. Insetos de primeiro estágio não foram utilizados por não apresentarem hábito predatório.

O outro fator foi a dieta oferecida aos predadores em dois níveis: D1– pupas de *T. molitor ad libitum*; D2– pupas de *T. molitor* oferecidas a cada quatro dias. Na dieta D2, após 24 horas da oferta, as pupas foram retiradas, mesmo que não tenham sido predadas, para evitar a alimentação fora do intervalo previsto.

Após a emergência dos adultos, os percevejos foram sexados de acordo com a morfologia externa da genitália e tamanho e forma do corpo e a razão sexual calculada com a fórmula $RS = \frac{\text{número de fêmeas}}{\text{número de machos} + \text{fêmeas}}$. Os insetos foram agrupados em casais, de forma aleatória, e acomodados em potes plásticos de 500 mL, tendo na tampa um orifício vedado com organza para aumentar a aeração e um tubo de plástico com 2,5 ml de água destilada para os predadores, com quinze casais por tratamento. Cada casal foi exposto ao tratamento no qual suas ninfas se desenvolveram.

As posturas dos predadores foram coletadas e contadas, diariamente, e acondicionadas em placas de Petri (9,0 x 1,2 cm) com um chumaço de algodão embebido em água destilada e as ninfas contadas 24 horas após a eclosão (Ramalho *et al.*, 2008).

Análises estatísticas

A sobrevivência, o ciclo de vida (segundo estágio à emergência dos adultos), peso, razão sexual e longevidade dos adultos, números de ovos e de ninfas, a duração dos períodos de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição, viabilidade dos ovos,

período de incubação dos ovos, números de ovos por postura e de ninfas por postura, total de posturas, taxa de oviposição e de eclosão das ninfas por fêmea dos predadores e a predação intraguilda e canibalismo foram avaliados. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas pelo teste de Tukey a nível de 5% de significância com o programa estatístico “R” (R Development Core Team, 2010).

RESULTADOS

Desenvolvimento de *Podisus nigrispinus*

O ciclo de vida e a duração dos estádios de *P. nigrispinus*, com pupas de *T. molitor ad libitum*, isolado ou com *S. cincticeps*, foi semelhante. No entanto, o ciclo de vida ($F= 37,173$; $P= 2,913 \times 10^{-13}$) e a duração do terceiro ($F= 23,048$; $P= 8,585 \times 10^{-10}$), quarto ($F= 24,1$; $P= 4,345 \times 10^{-10}$) e quinto estádios ($F= 27,677$; $P= 4,822 \times 10^{-11}$) foram mais longos com alimentação a cada quatro dias,. A duração do segundo estágio foi semelhante entre tratamentos ($F= 2,5696$; $P= 0,06353$) (Tabela 1).

A mortalidade de ninfas de *P. nigrispinus*, isoladas ou com *S. cincticeps*, com pupas de *T. molitor ad libitum*, foi semelhante. Não houve diferença, também, entre esses tratamentos com alimentação a cada quatro dias. No entanto, a mortalidade de ninfas foi maior com alimentação a cada quatro dias que *ad libitum* ($F= 22,536$; $P= 1.203 \times 10^{-9}$) (Tabela 2).

O peso de fêmeas e machos recém-mergidos e a razão sexual ($RS= \text{número de fêmeas/número de machos} + \text{fêmeas}$) de *P. nigrispinus*, isoladamente ou com *S. cincticeps*, com pupas de *T. molitor ad libitum* não diferiu entre tratamentos. O mesmo aconteceu nos tratamentos com pupas de *T. molitor* a cada quatro dias. No entanto, o peso de fêmeas adultas foi menor com alimentação a cada quatro dias que *ad libitum* ($F= 16,398$; $P= 1.156 \times 10^{-7}$), de forma semelhante com o peso de machos adultos ($F= 31,424$; $P= 9,93 \times 10^{-12}$). A razão sexual foi semelhante entre tratamentos ($F= 0,6782$; $P= 0,5691$) (Tabela 2).

Desenvolvimento de *Supputius cincticeps*

A duração dos terceiro ($F= 18,023$; $P= 3.439 \times 10^{-8}$) e quarto ($F= 11,98$; $P= 4,469 \times 10^{-6}$) estádios de *S. cincticeps*, isoladamente ou com *P. nigrispinus*, com pupas de *T. molitor ad libitum*, foi menor com *P. nigrispinus*. Nos outros estádios e no ciclo de vida foi semelhante entre tratamentos. A duração dos terceiro ($F= 7,9993$; $P= 6,591 \times 10^{-3}$), quarto ($F= 11,98$; $P= 4,469 \times 10^{-6}$) e quinto ($F= 1,2426$; $P= 0,2706$) estádios e do ciclo de vida ($F= 4,7818$; $P= 5,462 \times 10^{-3}$) de *S. cincticeps*, isoladamente ou com *P.*

nigrispinus, com pupas de *T. molitor* a cada quatro dias foi menor com *P. nigrispinus*. A duração do segundo estágio foi semelhante entre tratamentos ($F= 0,887$; $P=0,4536$) (Tabela 3).

A mortalidade de ninfas de *S. cincticeps*, isoladamente ou com *P. nigrispinus*, com pupas de *T. molitor ad libitum*, foi semelhante. A mortalidade, também, foi semelhante entre tratamentos com alimentação a cada quatro dias. No entanto, a mortalidade de ninfas foi maior com alimentação a cada quatro dias que com alimentação *ad libitum* ($F= 9,4234$; $P= 3,883 \times 10^{-5}$) (Tabela 4).

O peso de fêmeas de *S. cincticeps*, isoladamente ou com *P. nigrispinus*, com pupas de *T. molitor ad libitum* foi maior para *S. cincticeps* com *P. nigrispinus* ($F= 3,5164$; $P= 0,02439$). O mesmo ocorreu com alimentação a cada quatro dias. O peso dessas fêmeas, isoladamente, foi semelhante ($F= 1,0013$; $P= 0,3233$) e menor que com *P. nigrispinus*, cujos, foram também semelhantes ($F= 0,0043$; $P= 0,9483$). O peso de machos ($F= 1,6279$; $P= 0,1985$) e a razão sexual ($F=0,1393$; $P= 0,936$) foram semelhantes entre tratamentos (Tabela 4).

Canibalismo e predação intraguilda

O canibalismo e a predação intraguilda ocorreram, apenas, com alimentação a cada quatro dias, principalmente sobre indivíduos em ecdise (Figura 1, 2), com as duas espécies juntas. A predação intraguilda foi bidirecional, ou seja, ninfas de *P. nigrispinus* predaram ninfas de *S. cincticeps*, e o contrário.

Aspectos reprodutivos de *Podisus nigrispinus*

Os aspectos reprodutivos foram semelhantes entre tratamentos com alimentação *ad libitum* e melhores que a cada quatro dias, cujos, foram também semelhantes.

O período de pré-oviposição foi maior com alimentação a cada quatro dias ($F= 10,026$; $P= 2,357 \times 10^{-5}$). Os períodos de oviposição ($F= 0,7679$; $P= 0,517$) e pós-oviposição ($F= 1,0027$; $P= 0,3988$) foram semelhantes entre tratamentos (Tabela 5).

O número de posturas por fêmea ($F= 1,8063$; $P= 0,1565$) e o período de incubação dos ovos ($F= 1,4177$; $P= 0,2479$) foram semelhantes entre tratamentos. O número de ovos ($F= 6,8334$; $P= 5,269 \times 10^{-4}$) e ninfas por fêmea ($F= 9,6274$; $P= 3,191 \times 10^{-5}$) e ovos ($F= 17,919$; $P= 3,384 \times 10^{-8}$) e ninfas ($F= 20,495$; $P= 5,374 \times 10^{-9}$) por postura foram menores com alimentação a cada quatro dias. A longevidade de machos ($F= 0,6068$; $P= 0,6134$) foi semelhante entre tratamentos e o mesmo ocorreu com as fêmeas ($F= 1,9979$; $P= 0,1247$) (Tabela 5).

A viabilidade dos ovos ($F= 5,5315$; $P= 2,192 \times 10^{-3}$) foi menor com alimentação a cada quatro dias (Tabela 5).

Aspectos reprodutivos de *Supputius cincticeps*

A alta mortalidade de ninfas de *S. cincticeps* com alimentação a cada quatro dias impossibilitou a montagem de quinze casais nesses tratamentos, os quais tiveram sete e oito casais com *S. cincticeps* isolado ou com *P. nigrispinus*, respectivamente. Os aspectos reprodutivos diferiram entre tratamentos e fêmeas isoladas com alimentação *ad libitum* tiveram o melhor desempenho reprodutivo.

Os períodos de oviposição ($F= 1,5069$; $P= 0,2303$), pós-oviposição ($F= 0,0857$; $P= 0,9674$) e incubação dos ovos ($F= 1,521$; $P= 0,0789$) foram semelhantes entre tratamentos. O período de pré-oviposição foi maior ($F= 3,4463$; $P= 2,73 \times 10^{-2}$) e número de ovos ($F= 4,7847$; $P= 5,94 \times 10^{-3}$) e posturas por fêmea ($F= 4,4949$; $P= 8,117 \times 10^{-3}$) menores com alimentação a cada quatro dias. O número de ovos por postura foi menor ($F= 3,6542$; $P= 2,192 \times 10^{-2}$) para *S. cincticeps*, isolado e alimentado a cada quatro dias.

A viabilidade dos ovos foi maior com *S. cincticeps* isolado ($F= 6,9631$; $P= 8,905 \times 10^{-4}$). O número de ninfas por fêmea ($F= 3,9887$; $P= 1,395 \times 10^{-2}$) e por postura ($F= 4,3448$; $P= 1,074 \times 10^{-2}$) foi maior para *S. cincticeps*, isolado e alimentado *ad libitum* (Tabela 6).

A longevidade de fêmeas ($F= 1,703$; $P= 0,1814$) e machos ($F= 0,6367$; $P= 0,5957$) foi semelhante entre tratamentos (Tabela 6).

DISCUSSÃO

Desenvolvimento de *Podisus nigrispinus*

A duração do segundo estágio até adulto e dos estágios foram semelhantes de *P. nigrispinus* sozinho ou com *S. cincticeps*, com pupas de *T. molitor* *ad libitum* ou a cada quatro dias, mostrando que a competição interespecífica não prejudicou o desenvolvimento desse predador. O ciclo de vida e duração dos estágios mais longo de *P. nigrispinus* com larvas de *T. molitor* (Lemos *et al.*, 2003) pode ser devido ao fato desses autores terem utilizado larvas da presa e ninfas individualizadas, o que aumenta o gasto energético para dominar a presa, pois diferentes ninfas desse predador podem atacar a mesma presa, diminuindo o custo energético. O maior ciclo de vida e duração do terceiro, quarto e quinto estágios de *P. nigrispinus*, com pupas a cada quatro dias, mostra que esse predador adquiriu menor quantidade de nutrientes para aumentar seu

tamanho e realizar a ecdise. Períodos ninfais mais longos levam, consequentemente, à reprodução mais tardia e com menor número de gerações por ano. A duração semelhante do segundo estágio entre tratamentos está relacionada a pouca quantidade de alimento necessária para a mudança de instar nesse estágio (Santos *et al.*, 1996).

A menor mortalidade de ninfas de *P. nigrispinus* com pupas de *T. molitor ad libitum* mostra a ausência de canibalismo e predação intraguilda e a manutenção das necessidades vitais das ninfas, e concorda com a mortalidade, de cerca de 10% de *P. nigrispinus* com larvas de *T. molitor* (Torres *et al.*, 1998). O canibalismo e a predação intraguilda com pupas a cada quatro dias, aumentaram a mortalidade das ninfas do percevejo, com valores semelhantes de mortalidade e efeito semelhante das interações intra e interespecíficas.

O peso semelhante de fêmeas recém-mergidos de *P. nigrispinus* sozinho ou com *S. cincticeps*, com pupas de *T. molitor ad libitum* ou a cada quatro dias, mostra que a competição interespecífica não prejudicou o peso desse predador. O mesmo aconteceu com o peso dos machos. Fêmeas de *P. nigrispinus* com o peso acima de 60 mg com pupas de *T. molitor ad libitum*, é importante, por propiciar uma melhor performance reprodutiva e aumento da população desse predador no campo (Zanuncio *et al.* 2002). Por outro lado, a menor massa corpórea de fêmeas desse predador com pupas a cada quatro dias pode indicar subnutrição desse como relatado para o peso de adultos desse predador com o aumento do intervalo de alimentação (Oliveira *et al.*, 2002a). O maior peso de machos de *P. nigrispinus* sozinhos com pupas *ad libitum* não é importante para a reprodução, pois esse parâmetro não beneficia aspectos reprodutivos de suas fêmeas (Rodrigues *et al.*, 2009). A razão sexual semelhante ocorreu devido a uma mortalidade semelhante entre fêmeas e machos em todos os tratamentos.

Desenvolvimento de *Supputius cincticeps*

A duração do segundo estágio até adulto semelhante de *S. cincticeps* sozinho ou com *P. nigrispinus*, e pupas *ad libitum*, mostra que a competição interespecífica não prejudicou o desenvolvimento desse predador, sendo semelhante ao desse predador com larvas de *T. molitor* (Beserra *et al.*, 1995). A menor duração do terceiro e quarto estágios desse predador com *P. nigrispinus* pode se dever ao aumento da alimentação pela competição (Relyea, 2004). A duração semelhante do segundo estágio entre tratamentos e está relacionada a pouca quantidade de alimento necessária para a mudança de instar nesse estágio. A duração semelhante do quinto estágio deve-se à necessidade de acúmulo de biomassa para o início do crescimento do sistema reprodutivo (Oliveira *et*

al., 2004). O menor ciclo de vida de *S. cincticeps* com *P. nigrispinus* com pupas a cada quatro dias mostra que a interação desse predador com *P. nigrispinus* é benéfica, pois pode levar a um aumento no número de gerações por ano. O desenvolvimento ninfal de *P. nigrispinus* em todos os estádios foi mais curto do que de *S. cincticeps*, indicando que este pode aproveitar os momentos de ecdise de *P. nigrispinus* para realizar a predação intraguilha e obter energia para completar seu ciclo de vida mais rapidamente. A pressão da competição e predação intraguilha podem levar esse predador a realocar mais recursos para reduzir o período ninfal, pois o tamanho relativo dos predadores afeta o sucesso da predação (Straub *et al.*, 2008; Hogg and Daane, 2011). Além disso, predadores com período ninfal mais curto podem se reproduzir mais cedo e terem maior número de gerações por ano (Zanuncio *et al.*, 2001).

A mortalidade de ninfas de *S. cincticeps* com pupas de *T. molitor ad libitum* foi maior que a de *P. nigrispinus*, mostrando que alguns predadores são mais adaptados a certas presas, com as quais apresentam um desenvolvimento mais rápido e maior sobrevivência (Waddil e Shepard, 1974). O oferecimento de pupas a cada quatro dias aumentou a mortalidade de ninfas deste percevejo, devido à subnutrição, canibalismo e predação intraguilha.

O peso de fêmeas de *S. cincticeps* sozinhas foi semelhante ao encontrado com larvas de *T. molitor* (Zanuncio *et al.*, 2005). O maior peso de fêmeas de *S. cincticeps*, com *P. nigrispinus*, mostra a importância dessa interação interespecífica, pois esse parâmetro tem correlação positiva com a fecundidade de fêmeas de percevejos predadores (Oliveira *et al.*, 2005). Pupas de *T. molitor* são grandes e, por isto, ninfas de *P. nigrispinus* e *S. cincticeps* podem compartilhar a mesma presa. Ninfas de *S. cincticeps* podem esperar que aquelas de *P. nigrispinus* dominem a presa, para depois consumi-la, economizando energia. Além disso, a digestão nessas espécies é extra-oral (Azevedo *et al.*, 2007) e *S. cincticeps* pode aproveitar enzimas ou o alimento já digerido por *P. nigrispinus* para se alimentar, o que levaria, também, a uma economia de energia, como observado para aranhas (Amir *et al.*, 2000). A pressão da competição e da predação intraguilha, pode levar esse predador a realocar mais recursos para o maior crescimento, pois o tamanho relativo dos predadores afeta o resultado da predação (Straub *et al.*, 2008; Hogg and Daane, 2011). O peso machos de *S. cincticeps* em todos os tratamentos foi semelhante ao desse predador com larvas de *T. molitor* (Zanuncio *et al.*, 2005). A importância do macho na reprodução depende de cada espécie, pois o número de ovos férteis de fêmeas de *Nezara viridula* (Linnaeus) (Heteroptera: Pentatomidae) foi maior com machos de maior massa corpórea (McClain *et al.* 1991).

Porém, o peso de machos de *P. nigrispinus* não beneficia aspectos reprodutivos de suas fêmeas (Rodrigues *et al.*, 2009). A razão sexual semelhante ocorreu devido a uma mortalidade semelhante entre fêmeas e machos em todos os tratamentos.

Canibalismo e predação intraguilda

O canibalismo e a predação intraguilda ocorreram entre *P. nigrispinus* e *S. cincticeps* com respostas letais a ambos os predadores sem a presa compartilhada. Presas alternativas, como a intraguilda e co-específicos predados podem manter a sobrevivência desses predadores, enquanto a presa essencial (presa compartilhada) não está presente (Evans, 2008). A capacidade de uma espécie de persistir durante escassez de presas essenciais depende da aceitação por alimentos alternativos (Ware *et al.*, 2009). Ninfas de *Brontocoris tabidus* (Signoret) (Heteroptera: Pentatomidae) e *P. nigrispinus* predam co-específicos próximos, na ausência de alimento (Pires *et al.*, 2011). Isso foi, também, observado para *H. axyridis* e *Coccinella septempunctata brucki* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) predando pulgões em menor quantidade, indicando que a abundância de presas determina a incidência de predação intraguilda e/ou canibalismo (Sato *et al.*, 2009; Chacón and Heimpel, 2010). O canibalismo e a predação intraguilda pode ocorrer mesmo com o alimento abundante (Chapman *et al.*, 1999; Mallampalli *et al.*, 2002; De Clercq *et al.*, 2003; Bonte and De Clercq, 2010), porém isto não foi observado. *Podisus nigrispinus* e *S. cincticeps* têm tamanhos e mobilidades semelhantes e ambos são generalistas. Por isto apresentam predação intraguilda bidirecional, por estar ligado, diretamente, ao tamanho do corpo, mobilidade e especificidade alimentar (Lucas, 2005).

A baixa defesa do predador durante a ecdise explica as maiores taxas de canibalismo e predação intraguilda durante essa fase (Sato and Dixon, 2004), quando a formação do novo tegumento ocorre em um processo chamado “*tanning*”, com escurecimento devido à melanização e o enrijecimento, pela esclerotização da nova cutícula (Elias-Neto *et al.*, 2009). Nesta fase, os insetos estão indefesos devido à imobilidade e baixa resistência do tegumento e são presas fáceis para indivíduos canibais e outros predadores. O canibalismo e a predação intraguilda podem aumentar a taxa de mortalidade, porém são favoráveis ao aumentar as chances de dispersão dos sobreviventes (Ruberson *et al.*, 1986; Kudo and Nakahira, 2005; Ohba *et al.*, 2006). Além disso, podem estabilizar as relações ecológicas e regular a densidade populacional dos insetos, por reduzir a competição por recursos e garantir a sobrevivência (Richardson *et al.*, 2010).

As altas taxas de canibalismo e de predação intraguilda em *P. nigrispinus* e *S. cincticeps*, com alimento em menor quantidade, podem ser ocasionadas pela limitação de espaço e uma alta densidade de predadores nos potes, que aumenta essas interações (Bonte and De Clercq, 2010). Insetos com altas taxas de predação em co-específicos tendem a apresentar alta dispersão, o que reduz este hábito (Ichikawa and Kurauchi, 2009). A dispersão dos indivíduos reduz o efeito da densidade local e a competição por recursos, diminuindo as chances de interações intra e interespecíficas (Rudolf *et al.*, 2010). Percevejos predadores do gênero *Podisus* apresentam populações dispersas no campo (Sant'Ana *et al.*, 1997), mas a limitação do ambiente nos potes pode aumentar as taxas de canibalismo e predação intraguilda. A presença de plantas pode reduzir o canibalismo (Sinia *et al.*, 2004) e a predação intraguilda (Hosseini *et al.*, 2010). Isso ocorre, pois Asopinae são predadores zoofitófagos (Zanuncio *et al.*, 2004; Fialho *et al.*, 2009) e podem ser favorecidos pela fitofagia durante escassez de alimento (Oliveira *et al.*, 2002b).

Aspectos reprodutivos de *Podisus nigrispinus*

Os aspectos reprodutivos de *P. nigrispinus* mostram que a interação interespecífica com *S. cincticeps* não afetou esses parâmetros. O fator dieta foi mais importante, pois fêmeas com alimentação a cada quatro dias tiveram pior desempenho reprodutivo. No entanto, o intervalo de alimentação de quatro dias não afetou a reprodução de *P. nigrispinus* (Molina-Rugama *et al.*, 1998). Isto pode ser explicado pelo fato desses autores terem analisado o intervalo de alimentação, apenas, na fase adulta, o que mostra a importância de alimentação frequente na fase ninfal.

O período de pré-oviposição com alimentação *ad libitum* foi semelhante ao de outros trabalhos com *P. nigrispinus* (Ramalho *et al.*, 2008; Malaquias *et al.*, 2010; Holtz *et al.*, 2011). No entanto, esse período foi maior com alimentação a cada quatro dias, pois as fêmeas precisam adquirir maior peso antes de iniciar sua reprodução (Zanuncio *et al.*, 2002). *Podisus rostralis*, também, apresentou correlação linear negativa entre o peso de suas fêmeas e o período de pré-oviposição (Zanuncio *et al.*, 2002).

O menor número de ovos e ninfas deve-se ao peso de suas fêmeas abaixo de 60 mg com alimento a cada quatro dias. Isto foi demonstrado para fêmeas de *P. nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae), com peso entre 61 e 70 mg, que apresentaram maior número de ovos por postura e de ninfas por dia (Espindula *et al.*, 2006), e o número de ovos e ninfas, negativamente, afetados pelo menor peso de fêmeas de *P. rostralis* (Zanuncio *et al.*, 2002). Além disso, a qualidade e a quantidade dos alimentos

durante os estágios imaturos e adultos afetam a fertilidade (Medeiros *et al.*, 2003b) e o desenvolvimento do ovário, o que diminui a produção de ovos de *P. nigrispinus* (Lemos *et al.*, 2010). Machos e fêmeas reduzem o esforço reprodutivo para favorecer sua longevidade como observado para outros Asopinae (Legaspi *et al.*, 1996; Molina-Rugama *et al.*, 2001; Mourão *et al.*, 2003), explicando a longevidade semelhante entre tratamentos. Este fenômeno é conhecido como “trade-off” fisiológico e consiste na alocação da energia por um organismo para dois ou mais processos que competem, diretamente, por recursos limitados (Stearns, 1994). Isso, também, explica o menor número de ovos e ninfas com alimentação a quatro dias. *Podisus maculiventris* manteve seu peso e desempenho reprodutivo somente com presas abundantes (O'Neil and Wiedenmann, 1990).

A viabilidade dos ovos de fêmeas alimentadas *ad libitum* foi semelhante à observada para *P. nigrispinus* alimentado, diariamente, com lagartas de *Alabama argillacea* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) (Medeiros *et al.*, 2003b). A menor viabilidade com alimentação a cada quatro dias deve-se a menor massa corpórea desses insetos com dieta inadequada, o que leva a má formação dos ovos (Lemos *et al.*, 2009). Além disso, a secreção de hormônios juvenis pode diminuir, prejudicando a ovogênese e, conseqüentemente, o desenvolvimento dos ovos (Malaquias *et al.*, 2010). Outro fator que afetou essa viabilidade foi a predação dos ovos pelas fêmeas com alimentação a cada quatro dias, e já foi observada por *P. nigrispinus* com presas escassas. Isto pode ser uma adaptação adicional dos predadores para aumentar as chances de sobrevivência em períodos de escassez de presas (Ramalho *et al.*, 2008). O ovos, por serem imóveis, são muito vulneráveis ao canibalismo quando a presa é escassa (Agarwala, *et al.*, 2003).

Aspectos reprodutivos de *Supputius cincticeps*

Aspectos reprodutivos de *S. cincticeps* mostram a influência da interação interespecífica com *P. nigrispinus* e da dieta, pois o desempenho reprodutivo desse predador foi melhor quando isolado e com alimentação *ad libitum*.

Fêmeas com maior peso deveriam ter apresentado melhores aspectos reprodutivos, como observado para *P. nigrispinus*, *P. rostralis* e *S. cincticeps* (Mohaghegh *et al.*, 1999; Zanuncio *et al.*, 2002, 2005), com fêmeas maiores alocando mais energia para a reprodução (Oliveira *et al.*, 2003). Fêmeas maiores de *S. cincticeps* apresentaram maior número de posturas, ovos e ninfas (Oliveira *et al.*, 2003). O período de pré-oviposição de *P. rostralis* foi maior para fêmeas mais leves, por necessitarem adquirir mais peso antes de iniciar sua reprodução (Zanuncio *et al.*, 2002). Fêmeas de *S.*

cincticeps que se desenvolveram com *P. nigrispinus* e alimentados a cada quatro dias foram maiores, mas com piores aspectos reprodutivos. Isto pode ser devido ao intervalo de alimentação, como relatado para *S. cincticeps* com larvas de *T. molitor* em intervalos de um, dois, quatro, seis ou oito dias. Esse predador apresentou menores porcentagens de posturas, de ovos e de ninfas com o aumento do intervalo sem presa (Mourão *et al.*, 2003). A redução da qualidade e quantidade de alimento reduz os parâmetros reprodutivos dos insetos que passam a investir na sobrevivência (Vivan *et al.*, 2002; Holtz *et al.*, 2009).

Fêmeas de *S. cincticeps* que se desenvolveram com *P. nigrispinus* e alimentado *ad libitum* foram maiores e com baixa viabilidade de ovos, e, conseqüentemente, menor número de ninfas. A explicação possível para essa baixa viabilidade que, também, ocorre para fêmeas com *P. nigrispinus* e alimento a cada quatro dias, é que as ninfas de *S. cincticeps* alocam mais recursos para um desenvolvimento mais acelerado e produção de fêmeas maiores, para diminuir a competição e a predação intraguilda, que para o desenvolvimento de estruturas reprodutivas, levando a má formação dos ovos e a uma menor viabilidade desses. Essa hipótese é possível, pois os recursos nutricionais adquiridos na fase imatura são utilizados para o desenvolvimento e formação das estruturas reprodutivas (Dossi and Cònsoli, 2010). Além disso, os recursos energéticos podem ser realocados devido à necessidade do inseto, como no sistema imune (Schmid-Hempel, 2005), que leva a *trade-offs* e diminuição do seu *fitness* (Mikolajewski *et al.*, 2008). Isto foi observado para o predador *Coccinella septempunctata* (L.) (Coleoptera: Coccinellidae), que produziu maior número de ovos por dia com afídeos sadios, do que com pulgões infectados pelo fungo entomopatogênico *Neozygites fresenii* (Simelane *et al.*, 2008). A viabilidade semelhante dos ovos nos tratamentos com essa espécie isolada, mostra que a dieta não afetou o desenvolvimento dos ovos e a ausência de predação de ovos por fêmeas no tratamento com alimentação a cada quatro dias.

A longevidade semelhante de machos e, também, de fêmeas de *S. cincticeps* entre tratamentos mostra que pentatomídeos priorizam a reprodução em situação de abundância de alimento, mas seus parâmetros reprodutivos são comprometidos à medida que o alimento diminui em qualidade e quantidade e os insetos passam a investir na sobrevivência (Vivan *et al.*, 2002; Holtz *et al.*, 2009). Isso foi relatado para a longevidade semelhante de *S. cincticeps* com larvas de *T. molitor* em intervalos de um, dois, quatro, seis ou oito dias (Mourão *et al.*, 2003). A longevidade relatada por esse autor é semelhante à desse trabalho. Além disso, o peso da fêmea não afetou a

longevidade de *S. cincticeps*, como observado por esse predador, onde a longevidade de fêmeas com pesos diferentes foi semelhante (Oliveira *et al.*, 2003).

CONCLUSÃO

Interações intra e interespecíficas não afetaram o desenvolvimento e a reprodução de *P. nigrispinus*, com alimentação *ad libitum*, mas o canibalismo e predação intraguilda foram registrados com alimentação a cada quatro dias.

As interações interespecíficas melhoram o desenvolvimento de *S. cincticeps*, com alimentação *ad libitum* e a cada quatro dias, mas sua reprodução foi prejudicada. A população dessa espécie deve-se manter em baixas densidades em contato com *P. nigrispinus*. O canibalismo e a predação intraguilda ocorreram com alimentação a cada quatro dias e ajudaram na sobrevivência de parte de suas ninfas até a localização da presa principal.

A conservação de ambos os predadores é interessante em programas de controle biológico conservativo, pois a coexistência entre os mesmos é possível e não afeta o principal predador, *P. nigrispinus*. É melhor utilizar, apenas, *P. nigrispinus* em programas de controle biológico inoculativo, pela baixa viabilidade dos ovos de *S. cincticeps* com esse predador, sendo melhor investir os recursos financeiros na produção de maior número de indivíduos de *P. nigrispinus*.

AGRADECIMENTOS

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

REFERÊNCIAS

Agarwala, B.K., Bardhanroy, P., Yasuda, H. and Takizawa, T. 2003. Effects of conspecific and heterospecific competitors on feeding and oviposition of a predatory ladybird: a laboratory study. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 106, 219-226.

Alhmedi, A., Haubruge, E. and Francis, F. 2010. Intraguild interactions and aphid predators: biological efficiency of *Harmonia axyridis* and *Episyrphus balteatus*. *Journal of Applied Entomology* 134, 34-44.

Amir, N., Whitehouse, M.E.A. and Lubin, Y. 2000. Food consumption rates and competition in a communally feeding social spider, *Stegodyphus dumicola* (Eresidae). *Journal of Arachnology* 28, 195-200.

Azevedo, D.O., Zanuncio, J.C., Zanuncio-Júnior, J.S., Martins, G.F., Marques-Silva, S., Sossai, M.F. and Serrão, J.E. 2007. Biochemical and morphological aspects of the predator *Brontocoris tabidus* (Heteroptera: Pentatomidae). Brazilian Archives of Biology and Technology 50, 469-477.

Beserra, E.B., Zanuncio, T.V., Zauncio, J.C. and Santos, G.P. 1995. Desenvolvimento de *Supputius cincticeps* (Heteroptera, Penatatomidae) alimentado com larvas de *Zophobas confusa*, *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) e *Musca domestica* (Diptera, Muscidae). Revista Brasileira de Zoologia 12, 723-733.

Bonte, M. and De Clercq, P. 2011. Influence of predator density, diet and living substrate on developmental fitness of *Orius laevigatus*. Journal of Applied Entomology 135, 343-350.

Chacón, J.M. and Heimpel, G.E. 2010. Density-dependent intraguild predation of an aphid parasitoid. Oecologia 164, 213-220.

Chapman, J.W., Williams, T., Escribano, A., Caballero, P., Cave, R.D. and Goulson, D. 1999. Age-related cannibalism and horizontal transmission of a nuclear polyhedrosis virus in larval *Spodoptera frugiperda*. Ecological Entomology 24, 268-275.

De Clercq, P., Vandewalle, M. and Tirry, L. 1998. Impact of inbreeding on performance of the predator *Podisus maculiventris*. BioControl 43, 299-310.

De Clercq, P., Peeters, I., Vergauwe, G. and Thas, O. 2003. Interaction between *Podisus maculiventris* and *Harmonia axyridis*, two predators used in augmentative biological control in greenhouse crops. BioControl 48, 39-55.

Dossi, F.A.C. and Cônsoli, F.L. 2010. Desenvolvimento ovariano e influência da cópula na maturação dos ovários de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). Neotropical Entomology 39, 414-419.

Elias-Neto, M., Soares, M.P.M. and Bitondi, M.M.G. 2009. Changes in integument structure during the imaginal molt of the honey bee. Apidologie 40, 29-39.

Espindula, M.C., Oliveira, H.N., Campanharo, M., Pastori, P.L. and Magevski, G.C. 2006. Influência da massa corporal sobre características reprodutivas e longevidade de fêmeas de *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae). Idesia 24, 19-25.

Evans, E.W. 2008. Multitrophic interactions among plants, aphids, alternate prey and shared natural enemies – a review. European Journal of Entomology 105, 369-380.

- Fialho, M.C.Q., Zanuncio, J.C., Neves, C.A., Ramalho, F.S. and Serrão, J.E.** 2009. Ultrastructure of the digestive cells in the midgut of the predator *Brontocoris tabidus* (Heteroptera: Pentatomidae) after different feedings periods on prey and plants. *Annals of the Entomological Society of America* 102, 119-127.
- Fox, L.R.** 1975. Cannibalism in natural population. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 6, 87-106.
- Harvey, J.A., Pashalidou, F., Soler, R. and Bezemer, T.M.** 2011. Intrinsic competition between two secondary hyperparasitoids results in temporal trophic switch. *Oikos* 120, 226-233.
- Hogg, B.N. and Daane, K.M.** 2011. Diversity and invasion within a predator community: impacts on herbivore suppression. *Journal of Applied Ecology* 48, 453-461.
- Holtz, A.M., Almeida, G.D., Fadini, M.A.M., Zanuncio-Junior, J.S., Zanuncio, T.V. and Zanuncio, J.C.** 2009. Survival and reproduction of *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae): effects of prey scarcity and plant feeding. *Chilean Journal of Agricultural Research* 69, 468-472.
- Holtz, A.M., Almeida, G.D., Fadini, M.A.M., Zanuncio-Junior, J.S., Zanuncio, J.C. and Andrade, G.S.** 2011. Phytophagy on eucalyptus plants increases the development and reproduction of the predator *Podisus nigrispinus* (Hemiptera: Pentatomidae). *Acta Scientiarum Agronomy* 33, 231-235.
- Hosseini, M., Ashouri, A., Enkegaard, A., Weisser, W.W., Goldansaz, H., Mahalati, M.N. and Moayeri, H.R.S.** 2010. Plant quality effects on intraguild predation between *Orius laevigatus* and *Aphidoletes aphidimyza*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 135, 208-216.
- Ichikawa, T. and Kurauchit, T.** 2009. Larval cannibalism and pupal defense against cannibalism in two species of tenebrionid beetles. *Zoological Science* 26, 525-529
- Kudo, S. and Nakahira, T.** 2005. Trophic-egg production in a subsocial bug: adaptive plasticity in response to resource conditions. *Oikos* 111, 459-464.
- Legaspi, J.C. and Legaspi Jr., B.C.** 2004. Does a polyphagous predator prefer prey species that confer reproductive advantage? Case study of *Podisus maculiventris*. *Environmental Entomology* 33, 1401-1409.
- Lemos, W.P., Medeiros, R.S., Ramalho, F.S. and Zanuncio, J.C.** 2001. Effects of plant feeding on the development, survival and reproduction of *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). *International Journal of Pest Management* 47, 89-93.

Lemos, W.P., Ramalho, F.S., Serrão, J.E. and Zanuncio, J.C. 2003. Effects of diet on development of *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae), a predator of the cotton leafworm. *Journal of Applied Entomology* 127, 389-395.

Lemos, W.P., Zanuncio, J.C., Ramalho, F.S. and Serrão, J.E. 2009. Fat body of the zoophytophagous predator *Brontocoris traidus* (Heteroptera: Pentatomidae) females: impact of the herbivory. *Micron* 40, 635-638.

Lemos, W.P., Zanuncio, J.C., Ramalho, F.S., Zanuncio, T.V. and Serrão, J.E. 2010. Herbivory affects ovarian development in the zoophytophagous predator *Brontocoris tabidus* (Heteroptera: Pentatomidae). *Journal of Pest Science* 83, 69-76.

Lucas, E. 2005. Intraguild predation among aphidophagous predators. *European Journal of Entomology* 102, 351-364.

Mallampalli, N., Castellanos, I. and Barbosa, P. 2002. Evidence for intraguild predation by *Podisus maculiventris* on a ladybeetle, *Coleomegilla maculata*: implications for biological control of Colorado potato beetle, *Leptinotarsa decemlineata*. *Biocontrol* 47, 387-398.

Malaquias, J.B., Ramalho, F.S., Fernandes, F.S., Nascimento Júnior, J.L., Correia, E.T. and Zanuncio, J.C. 2010. Effects of photoperiod on reproduction and longevity of *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). *Annals of Entomological Society of America* 103, 603-610.

McClain, D.K. 1991. Heritability of size: a positive correlate of multiple fitness components in the Southern green stink bug (Hemiptera: Pentatomidae). *Annals of the Entomological Society of America* 84, 174-178.

Medeiros, R.S., Ramalho, F.S., Zanuncio, J.C. and Serrão, J.E. 2003a. Effect of temperature on life table parameters of *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) fed with *Alabama argillacea* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Journal of Applied Entomology* 127, 209-213.

Medeiros, R.S., Ramalho, F.S., Serrão, J.E. and Zanuncio, J.C. 2003b. Temperature influence on the reproduction of *Podisus nigrispinus*, a predator of the noctuid larva *Alabama argillacea*. *BioControl* 48, 695-704.

Michaud J.P. 2002. Invasion of the Florida citrus ecosystem by *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae) and asymmetric competition with a native species, *Cycloneda sanguinea*. *Environmental Entomology* 31, 827-835.

Mikolajewski, D.J., Stoks, R. and Joop, G. 2008. Predators and cannibals modulate sex-specific plasticity in life-history and immune traits. *Functional Ecology* 22, 114-120.

Mohaghegh, J., De Clercq, P. and Tirry, L. 1999. Effects of rearing history and geographical origin on reproduction and body size of the predator *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae). *European Journal of Entomology* 96, 69-72.

Molina-Rugama, A.J., Zanuncio, J.C., Pratissoli, D. and Cruz, I. 1998. Efeito do Intervalo de Alimentação na Reprodução e na Longevidade do Predador *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Heteroptera: Pentatomidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 27, 77-84.

Molina-Rugama, A.J., Zanuncio, J.C., Vinha, E. and Ramalho, F.S. 2001. Daily rate of egg laying of the predator *Podisus rostralis* (Stal, 1860) (Heteroptera, Pentatomidae) under different feeding intervals. *Revista Brasileira de Entomologia* 45, 1-5.

Mourão, S.A., Zanuncio, J.C., Molina-Rugama, A.J., Vilela, E.F. and Lacerda M.C. 2003. Efeito da escassez de presa na sobrevivência e reprodução do predador *Supputius cincticeps* (Stål) (Heteroptera: Pentatomidae). *Neotropical Entomology* 32, 469-473.

O'Neil, R.J. and Wiedenmann, R.N. 1990. Body weight of *Podisus maculiventris* (Say) under various feeding regimes. *Canadian Entomologist* 122, 285-294.

Ohba, S., Hidaka, K. and Sasaki, M. 2006. Notes on paternal care and sibling cannibalism in the giant water bug, *Lethocerus deyrolli* (Heteroptera: Belostomatidae). *Entomological Science* 9, 1-5.

Oliveira, H.N., Pratissoli, D., Pedruzzi, E.P. and Espindula, M.C. 2004. Desenvolvimento do predador *Podisus nigrispinus* alimentado com *Spodoptera frugiperda* e *Tenebrio molitor*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 39, 947-951.

Oliveira, I., Zanuncio, J.C., Serrão, J.E., Zanuncio, T.V., Pinon, T.B.M. and Fialho, M.C.Q. 2005. Effect of female weight on reproductive potential of the predator *Brontocoris tabidus* (Signoret, 1852) (Heteroptera: Pentatomidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 48, 295-301.

Oliveira, J.E.M., Torres, J.B., Moreira, A.F.C. and Ramalho, F.S. 2002a. Biologia de *Podisus nigrispinus* predando lagartas de *Alabama argillacea* em campo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 37, 7-14.

Oliveira, J.E.M., Torres, J.B., Moreira, A.F.C. and Barros, R. 2002b. Efeito das plantas do algodoeiro e do tomateiro, como complemento alimentar, no desenvolvimento e na reprodução do predador *Podisus nigrispinus* Dallas (Heteroptera: Pentatomidae). *Neotropical Entomology* 31, 101-108.

- Oliveira, J.E.M., Zanuncio, J.C., Serrão, J.E. and Pereira, J.M.M.** 2003. Reproductive potential of the predator *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) affected by female body weight. *Acta Scientiarum: Biological Sciences* 25, 49-53.
- Pallini, A., Janssen, A. and Sabelis, M.W.** 1998. Predators induce interspecific herbivore competition for food in refuge space. *Ecology Letters* 1, 171-177.
- Pires, E.M., Zanuncio, J.C. and Serrao, J.E.** 2011. Cannibalism of *Brontocoris tabidus* and *Podisus nigrispinus* during periods of pre-release without food or fed with *Eucalyptus cloeziana* plants. *Phytoparasitica* 39, 27-34.
- R Development Core Team.** 2010. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org>.
- Ramalho, F.S., Mezzomo, J.A., Lemos, W.P., Bandeira, C.M., Malaquias, J.B., Silva, J.P.S., Leite, G.L.D. and Zanuncio, J.C.** 2008. Reproductive strategy of *Podisus nigrispinus* females under different feeding intervals. *Phytoparasitica* 36, 30-37.
- Relyea, R.A.** 2004. Fine-tuned phenotypes: tadpole plasticity under 16 combinations of predators and competitors. *Ecology* 85, 172-179.
- Richardson, M.L., Mitchell, R.F., Reagel, P.F. and Hanks, L.M.** 2010. Causes and consequences of cannibalism in noncarnivorous insects. *Annual Review of Entomology* 55, 39-53.
- Rickers, S. and Scheus, S.** 2005. Cannibalism in *Pardosa palustris* (Araneae, Lycosidae): effects of alternative prey, habitat structure, and density. *Basic and Applied Ecology* 6, 471-478.
- Rodrigues, A.R.S., Torres, J.B., Siqueira, H.A.A. and Teixeira, V.W.** 2009. *Podisus nigrispinus* (Dallas) (Hemiptera: Pentatomidae) requires long matings for successful reproduction. *Neotropical Entomology* 38, 746-753.
- Ruberson, J.R., Tauber, M.J. and Tauber, C.A.** 1986. Plant feeding by *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae): effect on survival, development, and preoviposition period. *Environmental Entomology* 15, 894-897.
- Rudolf, V.H.W., Kamo, M. and Boots, M.** 2010. Cannibals in space: the coevolution of cannibalism and dispersal in spatially structured populations. *The American Naturalist* 175, 513-524.

- Sant'Ana, J., Bruni, R., Abdul-Baki, A.A. and Aldrich, J.R.** 1997. Pheromone induced movement of nymphs of the predator *Podisus maculiventris* (Heteroptera: Pentatomidae). *Biological Control* 10, 123-128.
- Santos, T.M., Silva, E.N. and Ramalho, F.S.** 1996. Food consumption and growth of *Podisus nigrispinus* (Dallas) on *Alabama argillacea* (Huebner) under laboratory conditions. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 31, 699-707.
- Sato, S., Shinya, K., Yasuda, H., Kindlmann, P. and Dixon, A.F.G.** 2009. Effects of intra and interspecific interactions on the survival of two predatory ladybirds (Coleoptera: Coccinellidae) in relation to prey abundance. *Applied Entomology and Zoology* 44, 215-221.
- Sato, S. and Dixon, A.F.G.** 2004. Effect of intraguild predation on the survival and development of three species of aphidophagous ladybirds: consequences for invasive species. *Agricultural and Forest Entomology* 6, 21-24.
- Schellhorn, N.A. and Andow, D.A.** 1999. Cannibalism and interspecific predation: role of oviposition behavior. *Ecological Applications* 9, 418-428.
- Schmid-Hempel, P.** 2005. Evolutionary ecology of insect immune defenses. *Annual Review of Entomology* 50, 529-551.
- Simelane, D.O., Steinkraus, D.C. and Kring, T.J.** 2008. Predation rate and development of *Coccinella septempunctata* L. influenced by *Neozygites fresenii* - infected cotton aphid prey. *Biological Control* 44, 128-135.
- Sinia, A., Roitberg, B., McGregor, R.R. and Gillespie, D.R.** 2004. Prey feeding increases water stress in the omnivorous predator *Dicyphus hesperus*. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 110, 243-248.
- Snyder, W.E. and Ives, A.R.** 2003. Interactions between specialist and generalist natural enemies: Parasitoids, predators, and pea aphid biocontrol. *Ecology* 84, 91-107.
- Stearns, S.C.** 1994. *The evolution of Life Histories*. Oxford: Oxford University Press. 249p.
- Straub, C.S., Finke, D.L. and Snyder, W.E.** 2008. Are the conservation of natural enemy biodiversity and biological control compatible goals? *Biological Control* 45, 225-237.
- Symondson, W.O.C., Sunderland, K.D. and Greenstone, M.H.** 2002. Can generalist predators be effective biocontrol agents? *Annual Review of Entomology* 47, 561-594.

Torres, J.B., Zanuncio, J.C. and De Oliveira, H.N. 1998: Nymphal development and adult reproduction of the stinkbug predator *Podisus nigrispinus* (Het., Pentatomidae) under fluctuating temperatures. *Journal of Applied Entomology* 122, 509-514.

Vivian, L.M., Torres, J.B. and Veiga, F.S.L. 2003. Development and reproduction of a predatory stinkbug, *Podisus nigrispinus*, in relation to two different prey types and environmental conditions. *BioControl* 48, 155-168.

Vivian, L.M., Torres, J.B., Veiga, F.S.L and Zanuncio, J.C. 2002. Comportamento de predação e conversão alimentar de *Podisus nigrispinus* sobre a traça do tomateiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 37, 581-287.

Waddil, V. and Shepard, M. 1974: Biology of a predaceous stinkbug, *Stiretrus anchorago* (Hemiptera: Pentatomidae). *The Florida Entomologist* 57, 249-253.

Ware, E.R., Yguel, B. and Majerus, M. 2009. Effects of competition, cannibalism and intra-guild predation on larval development of the European coccinellid *Adalia bipunctata* and the invasive species *Harmonia axyridis*. *Ecological Entomology* 34, 12-19.

Zanuncio, J.C., Molina-Rugama, A.J., Serrão, J.E. and Pratissoli, D. 2001. Nymphal development and reproduction of *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) fed with combinations of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) pupae and *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) larvae. *Biocontrol Science and Technology* 11, 331-337.

Zanuncio, J.C., Molina-Rugama, A.J., Santos, G.P. and Ramalho, F.S. 2002. Effect of body weight on fecundity and longevity of the stinkbug predator *Podisus rostralis*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 37, 1225-1230.

Zanuncio, J.C., Lacerda, M.C., Zanuncio-Junior, J.S., Zanuncio, T.V., Silva, A.M.C. and Espindula, M.C. 2004. Fertility table and rate of population growth of the predator *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) on one plant of *Eucalyptus cloeziana* in the field. *Annals of Applied Biology* 144, 357-361.

Zanuncio, J.C., Beserra, E.B., Molina-Rugama, A.J., Zanuncio, T.V., Pinon, T.B.M. and Maffia, V.P. 2005. Reproduction and longevity of *Supputius cincticeps* (Het.: Pentatomidae) fed with larvae of *Zophobas confusa*, *Tenebrio molitor* (Col.: Tenebrionidae) or *Musca domestica* (Dip.: Muscidae). *Brazilian Archives of Biology and Technology* 48, 771-777.

Tabela 1 – Médias $\pm$ erro-padrão¹ da duração em dias de cada estágio e do ciclo de vida (segundo estágio à emergência dos adultos) de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas. Tratamentos: PNXD= *P. nigrispinus*, isolado, com pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) *ad libitum*; PNSCXD= *P. nigrispinus* com *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) e pupas de *T. molitor ad libitum*; PNX4D= *P. nigrispinus*, isolado, com pupas de *T. molitor* a cada quatro dias; PNSCX4D= *P. nigrispinus* com *S. cincticeps* e pupas de *T. molitor* a cada quatro dias.

Tratamento	Segundo	Terceiro	Quarto	Quinto	Ciclo de vida
PNXD	$3,98 \pm 0,12a$	$2,86 \pm 0,11a$	$3,00 \pm 0,05a$	$4,32 \pm 0,07a$	$14,13 \pm 0,26a$
PNSCXD	$3,86 \pm 0,11a$	$2,77 \pm 0,14a$	$3,17 \pm 0,13a$	$4,42 \pm 0,07a$	$14,19 \pm 0,25a$
PNX4D	$3,84 \pm 0,19a$	$3,55 \pm 0,08b$	$4,08 \pm 0,08b$	$5,93 \pm 0,25b$	$17,04 \pm 0,28b$
PNSCX4D	$3,49 \pm 0,10a$	$3,82 \pm 0,09b$	$4,00 \pm 0,16b$	$5,84 \pm 0,21b$	$16,86 \pm 0,26b$

(1) Médias seguidas de mesma letra minúscula por coluna não diferem, pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

Tabela 2 – Médias $\pm$ erro-padrão¹ do peso de fêmeas e machos, da mortalidade e razão sexual de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas. Tratamentos: PNXD= *P. nigrispinus*, isolado, com pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) *ad libitum*; PNSCXD= *P. nigrispinus* com *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) e pupas de *T. molitor ad libitum*; PNX4D= *P. nigrispinus*, isolado, com pupas de *T. molitor* a cada quatro dias; PNSCX4D= *P. nigrispinus* com *S. cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) e pupas de *T. molitor* a cada quatro dias.

Peso				
Tratamento	Fêmeas	Machos	Mortalidade (%)	Razão sexual
PNXD	$72,86 \pm 1,84a$	$54,24 \pm 0,86a$	$6,19 \pm 2,40a$	$0,44 \pm 0,03a$
PNSCXD	$68,27 \pm 1,61a$	$47,95 \pm 1,06a$	$10,44 \pm 3,23a$	$0,50 \pm 0,05a$
PNX4D	$56,96 \pm 1,74b$	$40,54 \pm 1,34b$	$46,94 \pm 5,69b$	$0,45 \pm 0,05a$
PNSCX4D	$58,59 \pm 2,29b$	$40,56 \pm 1,52b$	$39,05 \pm 5,12b$	$0,54 \pm 0,08a$

(1) Médias seguidas de mesma letra minúscula por coluna não diferem, pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

Tabela 3 – Médias $\pm$ erro-padrão¹ da duração em dias de cada estágio e do ciclo de vida (segundo estágio à emergência dos adultos) de *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas. Tratamentos: SCXD= *S. cincticeps*, isolado, com pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) *ad libitum*; SCPNXD= *S. cincticeps* com *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) e pupas de *T. molitor ad libitum*; SCX4D= *S. cincticeps*, isolado, com pupas de *T. molitor* a cada quatro dias; SCPNX4D= *S. cincticeps* com *P. nigrispinus* e pupas de *T. molitor* a cada quatro dias.

Tratamento	Segundo	Terceiro	Quarto	Quinto	Ciclo de vida
SCXD	4,34 $\pm$ 0,15a	4,32 $\pm$ 0,21b	5,82 $\pm$ 0,35b	7,04 $\pm$ 0,14a	21,22 $\pm$ 0,41a
SCPNXD	4,83 $\pm$ 0,19a	2,77 $\pm$ 0,14a	4,35 $\pm$ 0,15a	6,44 $\pm$ 0,23a	19,05 $\pm$ 0,33a
SCX4D	4,71 $\pm$ 0,31a	5,79 $\pm$ 0,45c	6,27 $\pm$ 0,49b	8,99 $\pm$ 0,69b	24,05 $\pm$ 1,34b
SCPNX4D	4,75 $\pm$ 0,25a	4,59 $\pm$ 0,33b	4,16 $\pm$ 0,14a	7,21 $\pm$ 0,87a	20,93 $\pm$ 1,44a

(1) Médias seguidas de mesma letra minúscula por coluna não diferem, pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

Tabela 4 – Médias $\pm$ erro-padrão¹ do peso de fêmeas e machos, da mortalidade e razão sexual de *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas. Tratamentos: SCXD= *S. cincticeps*, isolado, com pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) *ad libitum*; SCPNXD= *S. cincticeps* com *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) e pupas de *T. molitor ad libitum*; SCX4D = *S. cincticeps*, isolado, com pupas de *T. molitor* a cada quatro dias; SCPNX4D= *S. cincticeps* com *P. nigrispinus* e pupas de *T. molitor* a cada quatro dias.

Peso				
Tratamento	Fêmeas	Machos	Mortalidade (%)	Razão sexual
SCXD	42,61 $\pm$ 1,60b	28,44 $\pm$ 0,91a	59,89 $\pm$ 5,45a	0,51 $\pm$ 0,07a
SCPNXD	48,96 $\pm$ 1,86a	29,23 $\pm$ 1,20a	49,33 $\pm$ 6,83a	0,54 $\pm$ 0,06a
SCX4D	39,00 $\pm$ 2,04b	27,60 $\pm$ 1,01a	86,67 $\pm$ 3,87b	0,49 $\pm$ 0,12a
SCPNX4D	49,21 $\pm$ 5,85a	31,66 $\pm$ 1,50a	78,09 $\pm$ 5,55b	0,46 $\pm$ 0,13a

(1) Médias seguidas de mesma letra minúscula por coluna não diferem, pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

Tabela 5 – Médias $\pm$ erro-padrão¹ dos parâmetros reprodutivos de *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas. Tratamentos: PNXD= *P. nigrispinus*, isolado, com pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) *ad libitum*; PNSCXD= *P. nigrispinus* com *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) e pupas de *T. molitor ad libitum*; PN4= *P. nigrispinus*, isolado, com pupas de *T. molitor* a cada quatro dias; PN4XD= *P. nigrispinus* com *S. cincticeps* e pupas de *T. molitor* a cada quatro dias.

Parâmetros reprodutivos	Tratamentos			
	PNXD	PNSCXD	PN4D	PN4XD
Número de ovos por fêmea	577,27 $\pm$ 64,03a	464,67 $\pm$ 54,57a	287,33 $\pm$ 65,95b	239,53 $\pm$ 54,53b
Número de ovos/postura	24,67 $\pm$ 0,86a	24,07 $\pm$ 0,89a	14,75 $\pm$ 1,58b	15,84 $\pm$ 1,55b
Número de posturas por fêmea	23,80 $\pm$ 2,86a	20,00 $\pm$ 2,65a	18,06 $\pm$ 3,23a	14,40 $\pm$ 2,88a
Pré-oviposição (dias)	4,87 $\pm$ 0,40a	4,73 $\pm$ 0,32a	12,93 $\pm$ 2,38b	11,21 $\pm$ 1,34b
Oviposição (dias)	37,47 $\pm$ 5,19a	29,13 $\pm$ 4,19a	40,21 $\pm$ 6,27a	36,71 $\pm$ 6,11a
Pós-oviposição (dias)	4,20 $\pm$ 0,91a	2,53 $\pm$ 1,02a	6,57 $\pm$ 2,96a	3,86 $\pm$ 1,05a
Incubação dos ovos (dias)	5,07 $\pm$ 0,05a	5,06 $\pm$ 0,05a	5,23 $\pm$ 0,08a	5,20 $\pm$ 0,11a
Viabilidade dos ovos (%)	85,33 $\pm$ 3,02a	84,98 $\pm$ 4,29a	69,34 $\pm$ 5,32b	62,16 $\pm$ 6,63b
Número de ninfas por fêmea	494,40 $\pm$ 52,49a	409,27 $\pm$ 52,84a	215,13 $\pm$ 48,86b	167,80 $\pm$ 45,84b
Número de ninfas/postura	21,62 $\pm$ 1,14a	21,10 $\pm$ 1,45a	10,85 $\pm$ 1,49b	9,85 $\pm$ 1,54b
Longevidade de fêmeas (dias)	46,53 $\pm$ 5,26a	37,07 $\pm$ 4,28a	56,80 $\pm$ 6,06a	48,93 $\pm$ 7,04a
Longevidade de machos (dias)	43,93 $\pm$ 5,09a	40,27 $\pm$ 6,00a	46,93 $\pm$ 5,71a	51,20 $\pm$ 6,85a

(1) Médias seguidas de mesma letra minúscula por linha não diferem, pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

Tabela 6 – Médias $\pm$ erro-padrão¹ dos parâmetros reprodutivos de *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $70 \pm 10\%$ de umidade relativa e fotofase de 12 horas. Tratamentos: SCXD= *S. cincticeps*, isolado, com pupas de *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) *ad libitum*; SCPNXD= *S. cincticeps* com *Podisus nigrispinus* (Heteroptera: Pentatomidae) e pupas de *T. molitor ad libitum*; SCX4D= *S. cincticeps*, isolado, com pupas de *T. molitor* a cada quatro dias; SCPNX4D= *S. cincticeps* com *P. nigrispinus* e pupas de *T. molitor* a cada quatro dias.

Parâmetros reprodutivos	Tratamentos			
	SCXD	SCPNXD	SCX4D	SCPNX4D
Número de ovos por fêmea	126,80 $\pm$ 2,20a	95,07 $\pm$ 1,72a	24,38 $\pm$ 1,54b	16,57 $\pm$ 0,43b
Número de ovos/postura	10,62 $\pm$ 0,58a	12,34 $\pm$ 0,94a	7,32 $\pm$ 0,78b	10,07 $\pm$ 1,82a
Número de posturas por fêmea	11,07 $\pm$ 2,20a	7,87 $\pm$ 1,72a	3,13 $\pm$ 1,54b	1,57 $\pm$ 0,43b
Pré-oviposição (dias)	9,36 $\pm$ 0,91a	10,21 $\pm$ 1,50a	17,00 $\pm$ 2,21b	14,60 $\pm$ 3,75b
Oviposição (dias)	19,64 $\pm$ 3,51a	18,43 $\pm$ 3,28a	13,20 $\pm$ 7,06a	7,00 $\pm$ 1,14a
Pós-oviposição (dias)	3,50 $\pm$ 1,07a	3,36 $\pm$ 1,28a	4,40 $\pm$ 2,29a	4,00 $\pm$ 1,37a
Incubação dos ovos (dias)	6,20 $\pm$ 0,06a	5,95 $\pm$ 0,08a	6,37 $\pm$ 0,27a	6,00 $\pm$ 0,00a
Viabilidade dos ovos (%)	65,89 $\pm$ 6,61a	35,30 $\pm$ 9,61b	70,85 $\pm$ 4,61a	11,17 $\pm$ 7,28b
Número de ninfas por fêmea	87,47 $\pm$ 19,89a	45,80 $\pm$ 18,30b	16,88 $\pm$ 8,14c	2,14 $\pm$ 1,70d
Número de ninfas/postura	7,10 $\pm$ 0,81a	4,19 $\pm$ 1,15b	5,21 $\pm$ 0,75b	1,10 $\pm$ 0,78c
Longevidade de fêmeas (dias)	32,00 $\pm$ 3,21a	31,73 $\pm$ 2,87a	26,88 $\pm$ 5,48a	20,57 $\pm$ 3,99a
Longevidade de machos (dias)	22,00 $\pm$ 3,65a	21,60 $\pm$ 3,67a	19,00 $\pm$ 4,00a	14,14 $\pm$ 4,68a

(1) Médias seguidas de mesma letra minúscula por linha não diferem, pelo teste “F” a 5% de probabilidade.

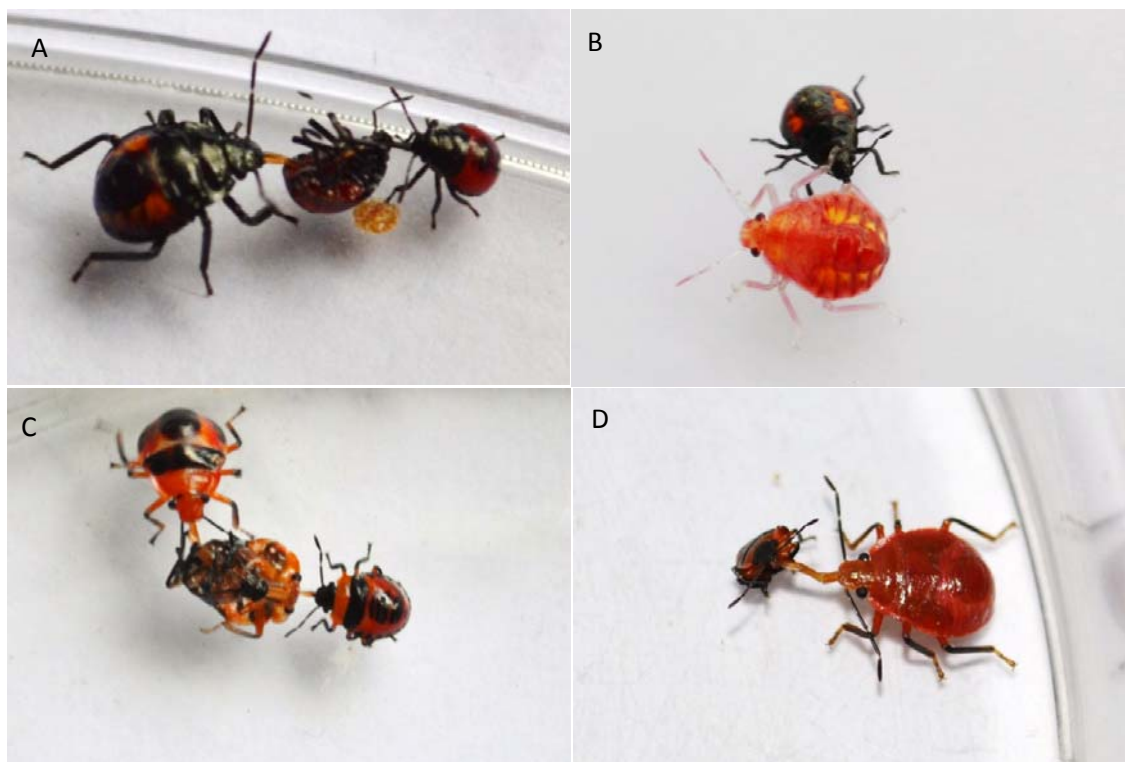


Figura 1 – Canibalismo entre ninfas de *Podisus nigrispinus* (figuras A e B) e *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) (figuras C e D).

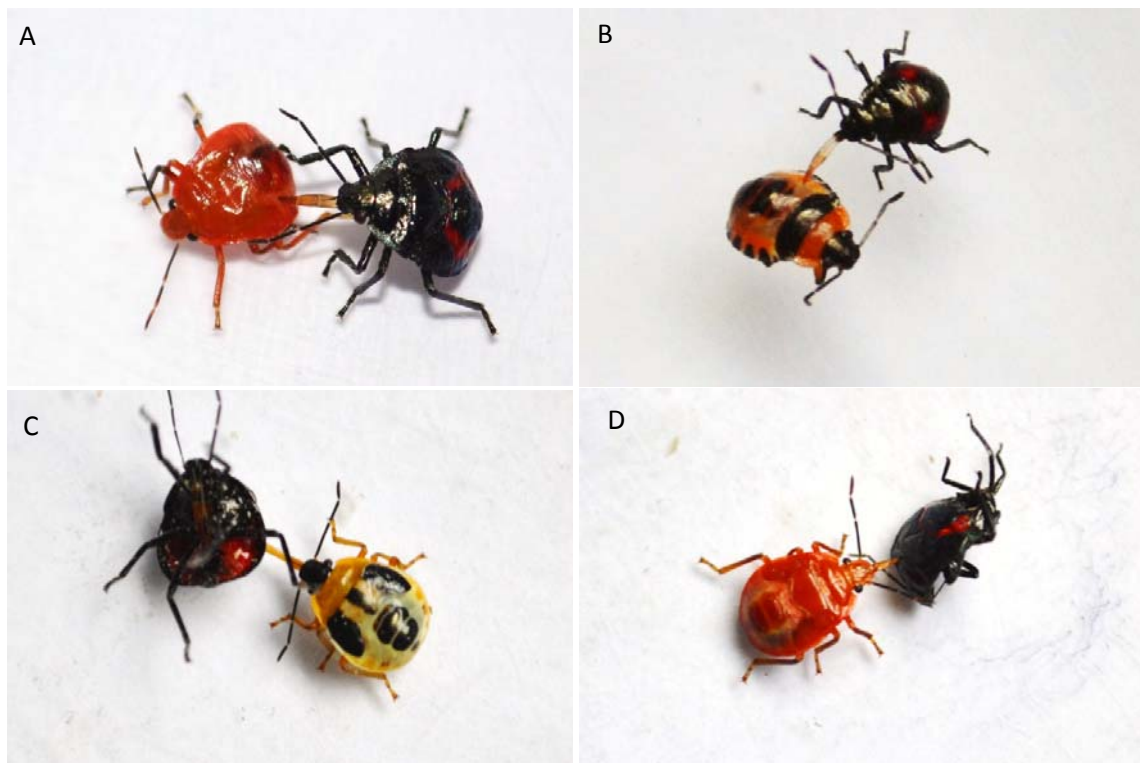


Figura 2 – Predação intraguildd bidirecional entre *Podisus nigrispinus* e *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae). A e B– ninfa de *P. nigrispinus* predando ninfa de *S. cincticeps*; C e D- ninfa de *S. cincticeps* predando ninfa de *P. nigrispinus*.

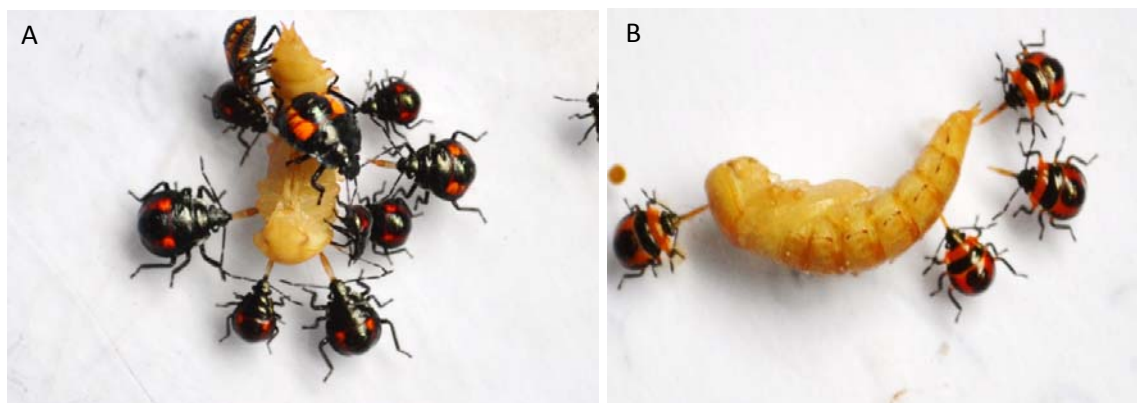


Figura 3 – Ninfas de *Podisus nigrispinus* (figura A) e *Supputius cincticeps* (figura B) (Heteroptera: Pentatomidae) compartilhando a mesma presa.

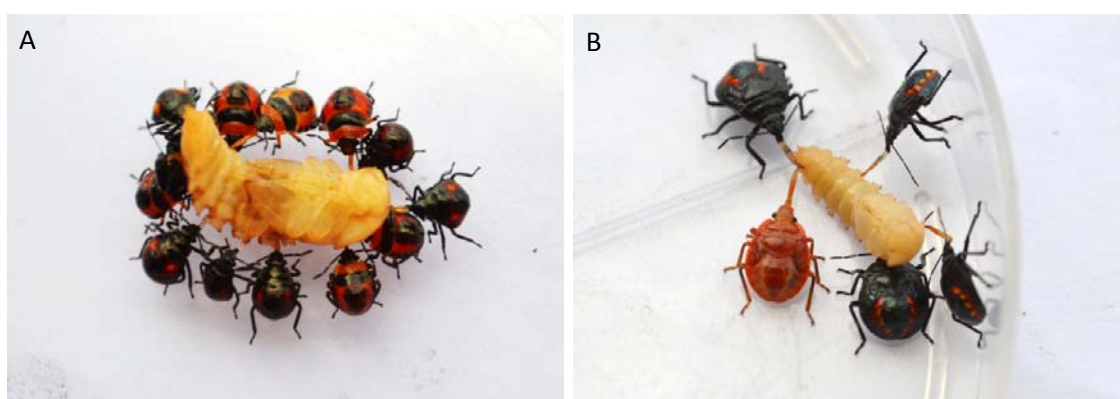


Figura 4 – Ninfas de *Podisus nigrispinus* e *Supputius cincticeps* (Heteroptera: Pentatomidae) compartilhando a mesma presa (figuras A e B).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A predação intraguilda e o canibalismo ocorreram entre ninfas e adultos de *P. nigrispinus* e *S. cincticeps* e ajudaram na sobrevivência de parte das ninfas desses predadores, até a localização da presa principal. Na fase adulta, essa predação intraguilda bidirecional e o canibalismo, mais freqüentes em *S. cincticeps*, aumentaram a longevidade dessa espécie.

A competição interespecífica não afetou o consumo alimentar, a taxa de predação, o desenvolvimento e a reprodução de *P. nigrispinus*. No entanto, o desenvolvimento ninfal de *S. cincticeps* foi mais curto, com produção de fêmeas maiores e menor viabilidade de ovos, mostrando ser essa espécie menos competitiva que *P. nigrispinus*. Em alta densidade de presa, houve sinergismo na taxa de predação entre esses predadores, o que é benéfico para o controle biológico.

Podisus nigrispinus apresenta melhor potencial para programas de controle biológico inundativo e inocultativo, por ter maior taxa de predação e reprodução. O uso desse predador com *S. cincticeps* pode ser desfavorável, pois essa última espécie é o predador intraguilda e pode diminuir a população de *P. nigrispinus* em baixa disponibilidade de presas, ou causar sua migração. Além disso, a viabilidade de ovos de *S. cincticeps* com *P. nigrispinus* foi baixa, mostrando ser melhor investir os recursos na produção de maior número de indivíduos de *P. nigrispinus*. A conservação dessas espécies em programa de controle biológico conservativo é interessante, por poderem coexistir no mesmo ambiente e apresentarem sinergismo em alta densidade de presa. Além disso, a menor viabilidade dos ovos de *S. cincticeps* em interação interespecífica com *P. nigrispinus* indica a tendência de diminuição dessa interação e da predação intraguilda por *S. cincticeps*.

O local da realização do experimento limitou o forrageamento natural ou o comportamento de migração dos predadores. Artrópodes predadores podem evitar locais com outros predadores. Além disso, habitats mais complexos, geralmente, contêm maior diversidade de recursos alimentares e refúgios de predadores, reduzindo a competição, canibalismo e predação intraguilda. Isto mostra ser necessário desenvolver estudos de campo em longo prazo para avaliar melhor a importância dessas interações interespecíficas entre os predadores *P. nigrispinus* e *S. cincticeps*.