

DESEMPENHO DE *Tenuisvalvae notata* (MULSANT) (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE)
EM DIFERENTES PRESAS E SUA PREDACÃO SOBRE *Ferrisia virgata* COCKERELL
(HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE)

por

PAULO ROBERTO RAMOS BARBOSA

(Sob Orientação dos Professores Jorge Braz Torres e José Adriano Giorgi)

RESUMO

Os coccinelídeos predadores se destacam como um dos mais importantes grupos de inimigos naturais empregados no controle biológico de artrópodes pragas. A joaninha *Tenuisvalvae notata* (Mulsant), espécie nativa da América do sul e predadora de Pseudococcidae, foi recentemente constatada no Semiárido de Pernambuco associada a plantas de algodão infestadas com a cochonilha de listra, *Ferrisia virgata* Cockerell (Hemiptera: Pseudococcidae), e em palma forrageira infestada com a falsa cochonilha do carmim, *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae). Assim, este trabalho avaliou o desempenho de *T. notata* sobre *D. opuntiae*, *F. virgata* e em ovos de *Anagasta kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae), bem como determinou seu potencial de predação e reprodução em diferentes condições de disponibilidade da cochonilha *F. virgata*. Mesmo sendo coletada em colônias da falsa cochonilha do carmim, *T. notata* não se desenvolveu e nem reproduziu ao predar exclusivamente esta cochonilha. Da mesma forma, ovos de *A. kuehniella* não foram adequados como alimento para *T. notata*. Por outro lado, *F. virgata* em diferentes estágios de desenvolvimento mostrou-se adequada como presa de *T. notata*, sendo consumida tanto por larvas quanto por adultos desta joaninha. Fêmeas

de *T. notata* exibiram resposta funcional tipo III predando *F. virgata* de primeiro instar, e tipo II para ninfas de terceiro instar e fêmeas adultas apresentando um consumo estimado de 157,8 ninfas neonatas, 3,6 ninfas de terceiro instar ou 2,2 fêmeas adultas de *F. virgata* por dia. A alimentação diária em ninfas de terceiro instar de *F. virgata* resulta na média de 1,23 ovos produzidos para cada ninfa da cochonilha consumida. No entanto, quando as joaninhas são submetidas a diferentes intervalos de oferta de presa, observa-se influência na produção de ovos e sobrevivência já com um dia de intervalo de alimentação, caracterizando uma estreita relação de consumo, reprodução e sobrevivência para a associação *T. notata* e *F. virgata*. O desempenho de *T. notata* predando *F. virgata* e sua resposta funcional, somado ao balanço reprodutivo e sobrevivência apresentados sob condição de escassez desta presa, demonstra que *T. notata* é um predador em potencial para o controle de *F. virgata*.

PALAVRAS-CHAVE: Joaninhas, cochonilha de listra, falsa cochonilha do carmim, biologia, manejo integrado de pragas, controle biológico

PERFORMANCE OF *Tenuisvalvae notata* (MULSANT) (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE)
FEEDING DIFFERENT PREYS AND PREDATION OF *Ferrisia virgata* COCKERELL
(HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE)

by

PAULO ROBERTO RAMOS BARBOSA

(Under the Direction of Professors Jorge Braz Torres and José Adriano Giorgi)

ABSTRACT

The lady beetles are an outstanding predatory group among the natural enemies applied as biological control agents against arthropod pests. The lady beetle *Tenuisvalvae notata* (Mulsant), is a predator of Pseudococcidae and recently was found on cotton plants infested with *Ferrisia virgata* Cockerell (Hemiptera: Pseudococcidae) and on prickly pear infested with the false red cochineal *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae), both in the Semiarid of Pernambuco. Thus, the performance of *T. notata* preying upon *D. opuntiae*, *F. virgata* and eggs of *Anagasta kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) was studied. Further, the predation and reproduction when subjected to different conditions of *F. virgata* availability and scarcity was also investigated. Although naturally collected on colonies of false red cochineal from prickly pear, *T. notata* nor developed neither reproduced feeding exclusively on this pest. Likewise, eggs of *A. kuehniella* did not furnish development and reproduction of *T. notata*. On the other hand, *F. virgata* of different stages was successfully used as prey by larvae and adult of *T. notata*. Adult females of *T. notata* exhibited a type III functional response preying upon 1st-instar nymph of *F. virgata* and type II functional response when preying upon 3rd-instar and adults. Based on the

functional response it is estimated predation rate of 157.8 1st-instar nymphs, 3.6 3rd-instar nymphs, and 2.2 females of *F. virgata* per day. Feeding on *F. virgata* 3rd-instar nymphs resulted in 1.23 eggs produced per each mealybug nymph consumed. However, female lady beetles subjected to prey scarcity exhibited switch on reproductive and survival output already with one day of feeding interval depicting a strong relationship of consumption, reproduction and survivorship between *T. notata* and *F. virgata*. The high performance of *T. notata* preying upon *F. virgata* and her functional response, in addition the balance of reproduction and survival showed when subjected to prey scarcity, portray *T. notata* as a feasible predator to control of *F. virgata*.

KEY WORDS: Ladybird beetle, stripped mealybug, false red cochineal, biology, integrated pest management, biological control

DESEMPENHO DE *Tenuisvalvae notata* (MULSANT) (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE)
EM DIFERENTES PRESAS E SUA PREDACÃO SOBRE *Ferrisia virgata* COCKERELL
(HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE)

por

PAULO ROBERTO RAMOS BARBOSA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, da
Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de
Mestre em Entomologia Agrícola.

RECIFE - PE

Julho – 2012

DESEMPENHO DE *Tenuisvalvae notata* (MULSANT) (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE)
EM DIFERENTES PRESAS E SUA PREDACÃO SOBRE *Ferrisia virgata* COCKERELL
(HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE)

por

PAULO ROBERTO RAMOS BARBOSA

Comitê de Orientação:

Jorge Braz Torres – UFRPE

José Adriano Giorgi – UFPA

RECIFE - PE

Julho – 2012

DESEMPENHO DE *Tenuisvalvae notata* (MULSANT) (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE)
EM DIFERENTES PRESAS E SUA PREDACÃO SOBRE *Ferrisia virgata* COCKERELL
(HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE)

por

PAULO ROBERTO RAMOS BARBOSA

Orientadores:

Jorge Braz Torres – UFRPE

José Adriano Giorgi – UFPA

Examinadores:

Christian Sherley Araújo da Silva Torres – UFRPE

José Eudes de Moraes Oliveira – EMBRAPA

DEDICO

Aos meus pais, Sebastião Pereira Barbosa e Vilma Araújo Ramos Barbosa, que não tiveram as mesmas oportunidades que eu, mas souberam como mestres me ensinar o melhor caminho a seguir, me proporcionando o que jamais poderá ser tirado de um homem: o Conhecimento!

OFEREÇO

A toda minha família pelo amor, apoio e incentivo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre ter iluminado os meus caminhos e guiado os meus passos, sendo a minha força, auxílio e amparo.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós-graduação em Entomologia Agrícola pela realização deste curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudo concedida e pelo suporte para a realização deste trabalho.

Aos meus pais que acreditaram em mim. Por terem abdicado de tantos sonhos seus para realizarem os meus, sem medirem esforços nem desanimarem diante dos obstáculos. Amo vocês!

Aos meus irmãos Simone, Cássio e Dudu, meus sobrinhos Cauã e Laurinha e àqueles que se tornaram meus irmãos por me apoiarem e estarem sempre comigo mesmo à distância: Ênia, Donisete, Samuel e Genival.

A todos os familiares e amigos que torceram por mim e sonharam comigo, inclusive aqueles que já não podem mais acordar por dormirem o sono dos justos... Saudades!

À minha querida namorada Josi por fazer a minha vida mais feliz. Pelo amor, compreensão, carinho e conforto que amenizam a dor da saudade de casa. Te amo meu bem!

Aos meus orientadores Jorge Braz Torres e José Adriano Giorgi pelos ensinamentos, paciência, amizade, motivação e pelos exemplos de dedicação e profissionalismo. Serei sempre grato!

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola da UFRPE pelos conhecimentos transmitidos. Especialmente ao Prof. José Vargas pela amizade.

Aos funcionários Darcy, Romildo e Ariella pela dedicação nos serviços prestados.

Aos amigos do laboratório de Ecologia de Insetos e Controle Biológico, Aline, Agna Rita, Christian, Karla Fernanda, Juliana, Felipe, Eduardo, Itillio, Robério, Rodrigo, Rogério, Ivan, Guilherme e Dijson pela companhia durante todo o curso e em especial ao Martin pelo companheirismo, confiança e auxílio na condução dos experimentos.

Aos demais amigos do PPGEA, Nicole, Liliane, Alice, Glaucilane, Ana Paula, Maurício, Tadeu, Mateus e Jefferson por todos os momentos de descontração.

Aos amigos desde a época da graduação dos quais não me esqueço, Luíz Henrique, Danuza, e Danúbia.

Aos amigos de repúblicas Hudson, Guilherme, João Filipi, Thiago, Leonardo, Altanis e Samy e demais amigos feitos em Recife pela convivência e bons momentos compartilhados.

Àqueles que me incentivaram e me auxiliaram a sair da roça para prosseguir nos estudos: Luizinho, Nelma, Albertina, Dona Ginu, Dona Zefa, Dona Rita, Dona Feliciano, Dona Efigênia, Tia Mariinha e Tio Jacinto. Seus conselhos mudaram a minha vida, valeu a pena ouvi-los!

Enfim, a todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para que eu chegasse até aqui. Muito obrigado!

SUMÁRIO

	Páginas
AGRADECIMENTOS	ix
CAPÍTULOS	
1 INTRODUÇÃO	1
Coccinellidae no controle biológico de cochonilhas.....	1
Coccinellidae: biologia e adaptações à escassez de alimento	3
Palma forrageira ameaçada pela cochonilha <i>Dactylopius opuntiae</i> Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae)	5
<i>Ferrisia virgata</i> Cockerell (Hemiptera: Pseudococcidae): mais uma espécie para o complexo de pragas do algodoeiro	7
LITERATURA CITADA	9
2 ASPECTOS BIOLÓGICOS DE <i>Tenuisvalvae notata</i> (MULSANT) (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) EM TRÊS PRESAS E TAXA DE PREDAÇÃO SOBRE <i>Ferrisia virgata</i> COCKERELL (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE).....	18
RESUMO	19
ABSTRACT	20
INTRODUÇÃO	21
MATERIAL E MÉTODOS	23
RESULTADOS.....	29
DISCUSSÃO.....	31

	AGRADECIMENTOS.....	36
	LITERATURA CITADA.....	36
3	PREDAÇÃO, SOBREVIVÊNCIA E REPRODUÇÃO DE <i>Tenuisvalvae notata</i> (MULSANT) (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) EM FUNÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE <i>Ferrisia virgata</i> COCKERELL (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE).....	45
	RESUMO	46
	ABSTRACT	47
	INTRODUÇÃO	48
	MATERIAL E MÉTODOS	50
	RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
	AGRADECIMENTOS.....	59
	LITERATURA CITADA.....	60

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Coccinellidae no controle biológico de cochonilhas

O controle biológico é um dos principais componentes do manejo integrado de pragas e consiste na utilização de inimigos naturais como parasitóides, predadores e entomopatógenos para manter o equilíbrio populacional de pragas nos agroecossistemas. Esse método pode ser classificado como controle biológico natural, clássico ou aplicado de acordo com o procedimento básico adotado na sua implementação que correspondem, respectivamente, à conservação, introdução ou multiplicação de inimigos naturais (Ann 2004).

A conservação de inimigos naturais envolve modificações no ambiente para beneficiá-los ou minimizar o impacto sobre eles (De Bach & Rosen 1991). Esse benefício pode ser alcançado reduzindo o uso de inseticidas, utilizando fontes de alimentos não presa tais como pólen e néctar, pela suplementação alimentar através da aplicação de soluções de carboidratos e proteínas (*honeydew* artificial) para melhorar a sua capacidade reprodutiva ou mantê-los na área no caso das presas se tornarem escassas, ou ainda modificando práticas culturais que incluem a manutenção de áreas de refúgio e o plantio consorciado (Barbosa 1998, Obrycki & Kring 1998).

A introdução de qualquer inimigo natural em determinado ambiente requer a adoção de medidas quarentenárias para gerar informações relacionadas à sua especificidade alimentar, capacidade de colonização e dispersão e os efeitos desses inimigos naturais exóticos sobre populações nativas de organismos alvo e não alvo (Obrycki & Kring 1998). Por intermédio desse procedimento, o controle biológico clássico tem sido aplicado há mais de 120 anos com a liberação de mais de 2000 espécies de inimigos naturais, que resultou na redução permanente de

pelo menos 165 espécies de pragas em todo o mundo (Greathead 1995, Gurr & Wratten 2000). Por outro lado, o controle biológico aplicado, que consiste na multiplicação de inimigos naturais nativos ou exóticos para posteriores liberações periódicas, tem sido realizado há mais de 90 anos com mais de 150 espécies de inimigos naturais disponíveis para controle de pelo menos 100 espécies de pragas (van Lenteren 2003).

Dentre os inimigos naturais, os predadores são considerados a primeira linha de defesa das plantas contra insetos fitófagos (Whitcomb 1981). Nesse grupo destaca-se a família Coccinellidae, que compreende os insetos popularmente conhecidos como joaninhas, cuja grande maioria apresenta hábito predador e são amplamente empregadas no controle biológico de pragas como pulgões, moscas-brancas, psilídeos, tripses, ácaros e cochonilhas (Hodek & Honek 2009, Obrycki *et al.* 2009). Acredita-se que originalmente as joaninhas predadoras se alimentavam da fumagina que cresce sobre as deposições de *honeydew* excretado por diversos Sternorrhyncha e que a transição para o hábito predatório decorreu desta interação (Leschen 2000). Essa hipótese constitui interessante explicação para o fato de os Sternorrhyncha constituírem praticamente a totalidade das presas consumidas pelas joaninhas. As cochonilhas, por exemplo, são consideradas como alimento essencial para cerca de 36% das espécies de Coccinellidae nas regiões Tropicais e Subtropicais, enquanto que aproximadamente 20% predam preferencialmente pulgões (Hodek & Honek 2009).

As joaninhas coccidófagas são pouco estudadas (Lundgren 2009), no entanto, muitas delas têm sido empregadas com sucesso em programas de controle biológico clássico, provavelmente devido à sua voracidade e especificidade em determinados grupos ou mesmo espécies de cochonilhas. O marco inicial desse sucesso se deu com a introdução de *Rodolia cardinalis* (Mulsant) na Califórnia em 1888 para controlar a cochonilha *Icerya purchasi* Maskell em pomares de citrus (De Bach & Schlinger 1964, Caltagirone & Doult 1989). Outro exemplo

ocorreu na província de Dhofar, região sul de Oman, onde a cochonilha do coqueiro *Aspidiotus destructor* Signoret foi controlada com sucesso em apenas 24 meses após a liberação de 683 adultos de *Chilocorus nigritus* (Fabricius) (Kinawy 1991). No estado de Michigan, as joaninhas *Chilocorus stigma* (Say) e *Microwisea misella* (Le Conte) reduziram em média 70% a população de cochonilhas do pinheiro de natal, *Chionaspis pinifoliae* (Fitch) e *Chionaspis heterophyllae* Cooley (Fondren & McCullough 2005). A espécie *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant, nativa da Austrália, tem sido importada por diversos países para o controle da cochonilha-dos-citrus *Planococcus citri* (Risso) e outros pseudococcídeos (Gravena 2003, Kinawy *et al.* 2008, Mani & Krishnamoorthy 2008, Porcar *et al.* 2010).

A joaninha *Tenuisvalvae notata* (Mulsant), nativa da América do Sul (Dreyer *et al.* 1997a), foi introduzida na África na década de 1980 para, junto ao parasitóide *Apoanagyrus lopezi* (DeSantis), controlar a cochonilha da mandioca, *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero (Herren & Neuenschawabder 1991, Chakupurakal *et al.* 1994). Nos planaltos colombianos essa espécie preda preferencialmente *Phenacoccus herreni* Cox & Williams, enquanto no sul do Brasil e Paraguai ela tem como presa preferencial *P. manihoti* (Loehr *et al.* 1990, Sullivan *et al.* 1991). Recentemente, adultos de *T. notata* tem sido encontrados no Semiárido de Pernambuco sobre plantas de algodão infestadas com *Phenacoccus solenopsis* Tinsley e *Ferrisia virgata* Cockerell e, também, em palma forrageira infestada com a falsa cochonilha do carmim, *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae).

Coccinellidae: biologia e adaptações à escassez de alimento

Muitas joaninhas consomem o mesmo alimento durante as fases larval e adulta (Hodek & Honek 1996), mas nem sempre o alimento regularmente consumido pelos adultos é nutricionalmente adequado para assegurar a reprodução, maturação dos ovos ou o

desenvolvimento das larvas (Giorgi *et al.* 2009). O reconhecimento do alimento pelas larvas dos coccinelídeos se dá através da mecanopercepção e quimiopercepção (Storch 1976, Heidari & Copland 1992) enquanto que os adultos apresentam comportamento de forrageamento, pelo menos em parte, orientado por pistas visuais e olfativas (Seagraves 2009).

As larvas recém-eclodidas dos coccinelídeos apresentam limitada capacidade de busca e dispersão (Ferran & Dixon 1993) e, bem por isso, seu primeiro alimento é indiretamente selecionado pelas fêmeas, que tendem a ovipositar no local onde encontraram seu próprio alimento (Hodek 1967, Seagraves 2009). Assim, o sucesso no estabelecimento de qualquer espécie de joaninha depende necessariamente da correta escolha do local de oviposição (Seagraves 2009).

As larvas das joaninhas geralmente passam por três ecdises que separam os quatro instares larvais (Hodek & Honek 1996). Ao final do quarto instar, elas paralisam a alimentação e se fixam ao substrato pela parte final do abdome, quando então ocorrem o escurecimento e endurecimento do tegumento caracterizando a fase de pupa (Oliveira *et al.* 2004, Silva *et al.* 2004, Silva *et al.* 2009). A viabilidade e duração de cada instar larval e da fase de pupa, bem como a sobrevivência e longevidade dos adultos depende, dentre outros fatores, da temperatura e da quantidade e qualidade do alimento consumido (Hodek & Honek 1996, Dreyer *et al.* 1997b, Gyenge *et al.* 1998, Cardozo & Lázari 2003, Pervez & Omkar 2004, Lundgren 2009).

A disponibilidade de alimento no ambiente é às vezes instável, fazendo com que os predadores desenvolvam mecanismos para se adaptarem às diferentes condições às quais são submetidos. Para que esses predadores sejam eficientemente empregados em programas de controle biológico é necessário compreender essas adaptações, que envolvem desde mudanças na taxa de predação em resposta à densidade de presas (Holling 1965, Pervez & Omkar 2005, Atlihan *et al.* 2010, Milonas *et al.* 2011), até alterações no comportamento reprodutivo (Omkar &

Pervez 2004, Britto *et al.* 2009, Seagraves 2009). De modo geral, as joaninhas entomófagas apresentam menor taxa de predação e de oviposição nas menores densidades de presa (Evans & Gunther 2005, Sabaghi *et al.* 2011), mas quando estas presas se tornam escassas ou são de baixa qualidade, muitas joaninhas complementam sua dieta com outras fontes alimentares como pólen, néctar, *honeydew* e fungo (Lundgren 2009).

Palma forrageira ameaçada pela cochonilha *Dactylopius opuntiae* Cockkerell (Hemiptera: Dactylopiidae)

A palma forrageira, cactácea de origem mexicana, apresenta mecanismos morfofisiológicos que a torna uma das plantas mais adaptadas às condições ecológicas das zonas áridas e Semiáridas do mundo (Oliveira *et al.* 2010). No Brasil, representada principalmente pelas espécies *Opuntia ficus-indica* Miller (palma gigante), e *Nopalea cochenillifera* (L.) (palma miúda), a palma se tornou importante por ser a principal fonte de alimento para os rebanhos bovino, caprino e ovino da região Semiárida (Duque 1964, Santos *et al.* 2006), além de contribuir no suprimento hídrico desses animais dado seu elevado teor de umidade (Felker 2001, Ferreira *et al.* 2009). Estima-se que a área explorada com essa cultura no Nordeste brasileiro seja de aproximadamente 500.000 hectares, sendo os estados de Pernambuco e Alagoas os maiores produtores (Araújo *et al.* 2005, Santos *et al.* 2006). Apesar da importância socioeconômica dessa cultura, informações sobre os aspectos biológicos e métodos de controle das pragas e doenças que a acometem são escassas (Barrios & Munoz-Uriaz 2001), e isso tem contribuído para redução de sua produtividade (Vasconcelos *et al.* 2009).

Inicialmente, apenas a cochonilha-de-escama, *Diaspis echinocacti* Bouché, era considerada como inseto praga da palma forrageira no Nordeste brasileiro (Lima & Gama 2001), mas atualmente a falsa cochonilha do carmim, como é popularmente conhecida *Dactylopius opuntiae*,

tem causado perdas significativas a essa cultura. As cochonilhas do gênero *Dactylopius* se caracterizam por produzirem o ácido carmínico, que naturalmente serve como proteção contra predadores (Eisner & Nowicki 1980, Eisner *et al.* 1994) e industrialmente é explorado para produção do corante carmim (Ramírez-Puebla *et al.* 2010). A espécie *Dactylopius coccus* Costa (Hemiptera: Dactylopiidae), é a mais explorada com a finalidade industrial devido à maior quantidade, qualidade e estabilidade do corante produzido (Carvalho *et al.* 2001, González *et al.* 2002, Hernández-Hernández *et al.* 2003, Aldama-Aguilera *et al.* 2005).

Por outro lado, pela especificidade em cactáceas, outras espécies se tornaram úteis no controle biológico de cactos invasores em diversas partes do mundo (Chávez-Moreno *et al.* 2009), com destaque para *D. opuntiae* que é considerada uma das espécies mais agressivas e tem como hospedeiras específicas plantas do gênero *Opuntia* (Volchansky *et al.* 1999, Foxcroft & Hoffmann 2000, Hoffmann *et al.* 2002). Devido a esta agressividade, estima-se que mais de 100 mil hectares de palma forrageira já foram destruídos por *D. opuntiae* nos estados de Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte e Ceará (Santos *et al.* 2006, Morais 2007), onde se figura como a principal ameaça biótica à cultura (Silva *et al.* 2010). Durante a alimentação, as cochonilhas sugam a seiva dos cladódios e injetam toxinas juntamente com a saliva causando amarelecimento, podridão, seca e posterior queda dos mesmos. Em altos níveis de infestação, se não controladas, podem ocasionar a morte das plantas (Moran 1981, Cavalcanti *et al.* 2001) e perdas de até 100% do plantio, inviabilizando a pecuária nas regiões afetadas (Chiacchio 2008).

Uma das principais limitações ao aumento populacional de *Dactylopius* é a ocorrência de chuvas (Moran *et al.* 1987, Flores-Flores & Tekelenburg 2001, Campos-Figueroa & Llanderal-Cázares 2003) que, por si, são escassas e irregulares na região Semiárida. Alguns inseticidas e produtos alternativos como hipoclorito de sódio, detergente e diversos óleos, têm sido testados no controle de *D. opuntiae* (Brito *et al.* 2008). No entanto, a forma mais efetiva de convivência com

essa praga é o cultivo de variedades de palma resistentes, como a “Miúda” e a “Orelha-de-elfante” (Vasconcelos *et al.* 2009). Além disso, algumas espécies de joaninhas predadoras, entre os gêneros *Exochomus*, *Chilocorus*, *Cryptolaemus* e *Hyperaspis* (Baskaran *et al.* 1999, Aldama-Aguilera *et al.* 2005, Vanegas-Rico *et al.* 2010) e a espécie *Zagreus bimaculosus* (Mulsant) (Castro 2011), são consideradas inimigos naturais de *Dactylopius* spp. sugerindo que podem contribuir na redução populacional dessa praga, sobretudo se associadas a outros métodos de controle, como o de resistência varietal.

***Ferrisia virgata* Cockerell (Hemiptera: Pseudococcidae): mais uma espécie para o complexo de pragas do algodoeiro**

O algodoeiro, *Gossypium hirsutum* L., é uma importante cultura explorada nas condições climáticas do Semiárido brasileiro (Beltrão 1999, Azevedo & Silva 2007, Torres 2008). Nessa região, o algodão é cultivado predominantemente em condições de sequeiro por pequenos agricultores (Fontes *et al.* 2006), que dependem da mão de obra familiar e têm acesso limitado a tecnologias. De acordo com Freire *et al.* (1999) os principais entraves ao desenvolvimento da cotonicultura no Nordeste brasileiro advêm da dificuldade de comercialização do produto, da falta de assistência técnica e financiamento da produção por parte do governo e da ocorrência de pragas.

O algodoeiro abriga grande diversidade de insetos e ácaros (Whitcomb & Bell 1964), sendo que pelo menos 30 espécies, se não manejadas adequadamente, podem atingir o nível de praga (Degrande 1998, Sujii *et al.* 2007). As cochonilhas farinhentas, como *Phenacoccus* spp. e *Maconellicoccus* sp., são consideradas pragas do algodoeiro na Índia e Paquistão (Abbas *et al.* 2005, Ghafoor *et al.* 2011, Hanchinal *et al.* 2011, Kaur & Virk 2012). No Brasil, apesar de *Planococcus minor* Maskell (Bastos *et al.* 2007), e *F. virgata* (Torres *et al.* 2011, Silva-Torres *et*

al. 2012) também serem relatadas no algodoeiro, elas ainda não se configuram como pragas importantes dessa cultura nas áreas de cultivo.

A cochonilha *F. virgata*, popularmente conhecida como cochonilha de listra, é uma espécie cosmopolita e polífaga, atacando pelo menos 150 gêneros e 68 famílias de plantas, sendo que muitas das espécies hospedeiras como manga, mamão, citrus, algodão, tomate, cacau, entre outras, são de importância econômica para o Brasil (Ben-Dov 2001, Final IRA 2004). Essa cochonilha, na fase adulta, apresenta corpo oval alongado, coberto por cera branca, possui um par de listras escuras longitudinalmente no dorso e um par de filamentos cerosos caudais que correspondem mais ou menos à metade do comprimento do corpo. Pela sucção de seiva e produção de *honeydew*, o qual favorece o desenvolvimento da fumagina que reduz a taxa fotossintética da planta, *F. virgata* reduz o crescimento da planta atacada, causa queda prematura de folhas, abscisão de flores e, em altas infestações, pode ocasionar a morte da planta.

Apesar das várias alternativas de controle recomendadas nos programas de manejo integrado de pragas, a maioria dos sistemas de produção de algodão no mundo é dependente do uso de inseticidas sintéticos (Costa *et al.* 2010). Todavia, outras estratégias têm sido adotadas, como é o caso do controle biológico natural efetuado por predadores, parasitóides e entomopatógenos (De Bach 1964, Santos *et al.* 1990, Guerreiro *et al.* 2002). Além dos fitófagos, o algodoeiro abriga também diversas espécies de artrópodes benéficos que desempenham importante papel no controle natural das populações de pragas (Silvie *et al.* 2001, Bastos & Torres 2005, Barros *et al.* 2006). Dentre os predadores associados às pragas da cultura do algodoeiro destacam-se os Hemiptera, Chrysopidae, Shyrphidae, Carabidae, Formicidae, Forficulidae, Aranae e Coccinellidae (Gravena & Cunha 1991) sendo os representantes dessa última família os mais abundantes (Barros *et al.* 2006).

No Brasil, as joaninhas predadoras comumente citadas na cultura do algodão são *Scymnus* sp. (Campos *et al.* 1986, Soares & Busoli 1995, Silvie *et al.* 2001, Costa *et al.* 2010), *Delphastus pusillus* (LeConte) (Hoelmer *et al.* 1993), *Olla v-nigrum* (Mulsant) (Silvie *et al.* 2001), *Hyperaspis* sp. (Michelotto *et al.* 2003), *Cycloneda sanguinea* (L.), *Eriopis connexa* Germar, *Hippodamia convergens* Guérin Méneville (Michelotto *et al.* 2003, Bastos & Torres 2005, Barros *et al.* 2006), *Coleomegilla maculata* DeGeer (Bastos & Torres 2005), e recentemente *Harmonia axyridis* (Pallas) e *T. notata*.

O controle biológico, seja utilizando joaninhas predadoras ou qualquer outro agente de controle biológico, no entanto, não é um método livre de riscos (Delfosse 2005), sobretudo quando inimigos naturais exóticos são introduzidos no agroecossistema (van Lenteren *et al.* 2006) e, por isso, preconiza-se empregar preferencialmente inimigos naturais já presentes na área. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar se *D. opuntiae* e *F. virgata* são presas adequadas ao desenvolvimento larval e reprodução de *T. notata*, a qual é naturalmente encontrada associada a culturas hospedeiras destas cochonilhas, e se esse predador apresenta potencial para ser empregado como agente de controle biológico dessas pragas mediante estudos de biologia, consumo de presas e resposta reprodutiva em função da disponibilidade de presa.

Literatura Citada

- Abbas, G., M.J. Arif & S. Saeed. 2005.** Systematic status of a new species of the genus *Phenacoccus* Cockerell (Pseudococcidae), a serious pest of cotton, *Gossypium hirsutum* L., in Pakistan. *Pakistan Entomol.* 27: 83–84.
- Aldama-Aguilera, C., C. Llanderal-Cázares, M. Soto-Hernández & L.E. Castillo-Márquez. 2005.** Producción de grana-cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) em plantas de nopal a la intempérie y em microtúneles. *Agrociencia* 39: 161–171.
- Ann, H. 2004.** Natural enemies: an introduction to biological control. Cambridge, Cambridge Univ. Press, 378p.

- Araújo, L.F., L.S.C. Oliveira, A. Perazzo Neto, O.L.S. Alsina & F.L.H. Silva. 2005.** Equilíbrio higroscópico da palma forrageira: relação com a umidade ótima para fermentação sólida. *Rev. Bras. Eng. Agr. Amb.* 9: 379–384.
- Atlihan, R., M.B. Kaydan, A. Yarmbatman & H. Okut. 2010.** Functional response of the coccinellid predator *Adalia fasciatopunctata revelierei* to walnut aphid (*Callaphis juglandis*). *Phytoparasitica* 38: 23–29.
- Azevedo, P.V. & F.D.S. Silva. 2007.** Risco climático para o cultivo do algodoeiro na região Nordeste do Brasil. *Rev. Bras. Meteorol.* 22: 408–416.
- Barbosa, P. 1998.** Conservation biological control. New York, Academic Press, 397p.
- Barrios, E.P. & A. Muñoz-Uriaz. 2001.** Domesticação das opuntias e variedades cultivadas, p. 58–64. In Ingleses, P., G. Barbera & E.P. Barrios (eds.), *Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira*. Roma, FAO 1999, 216p.
- Barros, R., P.E. Degrande, J.F. Ribeiro, A.L.L. Rodrigues, R.F. Nogueira & M.G. Fernandes. 2006.** Flutuação populacional de insetos predadores associados a pragas do algodoeiro. *Arq. Inst. Biol.* 73: 57–64.
- Baskaran, R.K.M., L.G. Lakshmi & S. Uthamasamy. 1999.** Comparative biology and predatory potential of Australian ladybird beetle (*Cryptolaemus montrouzieri*) on *Planococcus citri* and *Dactylopius tomentosus*. *Indian J. Agric. Sci.* 69: 605–606.
- Bastos, C.S. & J.B. Torres. 2005.** Controle biológico e o manejo de pragas do algodoeiro. Campina Grande, EMBRAPA, 62p. (Circular Técnica 72).
- Bastos, C.S., R.P. Almeida, F.C.V. Neto & G.P. Araújo. 2007.** Ocorrência de *Planococcus minor* Maskell (Hemiptera: Pseudococcidae) em algodoeiro no Nordeste do Brasil. *Neotrop. Entomol.* 36: 625–628.
- Beltrão, N.E. de M. 1999.** Algodão brasileiro em relação ao mundo: situação e perspectivas, p. 16–27. In Beltrão, N.E.M. (Org.), *O agronegócio do algodão no Brasil*. Brasília, EMBRAPA, Comunicação para transferência e tecnologia, 78p.
- Ben-Dov, Y., D.R. Miller & G.A.P. Gibson. 2001.** ScaleNet. <http://www.sel.barc.usda.gov/scalenet/scalenet.htm>.
- Brito, C.H., E.B. Lopes, I.C. Albuquerque & J.L. Batista. 2008.** Avaliação de produtos alternativos e pesticidas no controle da cochonilha-do-carmim na Paraíba. *Rev. Biol. Cienc. Terra* 8: 1–5.
- Britto, E.P.J., M.G.C. Gondim Jr., J.B. Torres, K.K.M. Fiaboe, G.J. Moraes & M. Knapp. 2009.** Predation and reproductive output of the ladybird beetle *Stethorus tridens* preying on tomato red spider mite *Tetranychus evansi*. *BioControl* 54: 363–368.

- Caltagirone, L.E. & R.L. Doult. 1989.** The history of the vedalia beetle importation to California and its impact on the development of biological control. *Annu. Rev. Entomol.* 34: 1–16.
- Campos-Figueroa, M. & C. Llanderal-Cázares. 2003.** Producción de grana cochinilla *Dactylopius coccus* (Homoptera: Dactylopiidae) em invernadero. *Agrociencia* 37: 149–155.
- Campos, R.A., S. Gravena, R. Bertozo & J. Barbieri. 1986.** Artrópodos predadores na cultura algodoeira e comparação de métodos de amostragem. *An. Soc. Entomol. Brasil* 15: 5–20.
- Cardoso, J.T. & S.M.N. Lázari. 2003.** Consumption of *Cinara* spp. (Hemiptera; Aphididae) by *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus, 1763) and *Hippodamia convergens* Guérin-Méneville, 1842 (Coleoptera, Coccinellidae). *Rev. Bras. Entomol.* 47: 559–562.
- Carvalho, P.R.N., C.H. Collins & C.R.L. Carvalho. 2001.** Extração e produção do corante carmim de cochonilha. *Braz. J. Food Technol.* 4: 9–17.
- Castro, R.M. 2011.** Biologia e exigências térmicas de *Zagreus bimaculosus* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae). Dissertação de Mestrado, UFRPE, Recife, 56p.
- Cavalcanti, V.A.L.B., R.C. Sena, J.L.B. Coutinho, G.P. Arruda & F.B. Rodrigues. 2001.** Controle das cochonilhas da palma forrageira. Recife, Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária - IPA, 2p. (Boletim IPA Responde 39).
- Chakupurakal, J., R. H. Markham, P. Neuenschwander, M. Sakala, C. Malambo, D. Mulwanda, E. Banda, A. Chalabesa, T. Bird & T. Haug. 1994.** Biological control of the cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti* (Homoptera: Pseudococcidae), in Zambia. *Biol. Control* 4: 254–262.
- Chávez-Moreno, C.K., A. Tecante & A. Casas. 2009.** The *Opuntia* (Cactaceae) and *Dactylopius* (Hemiptera: Dactylopiidae) in Mexico: a historical perspective of use, interaction and distribution. *Biodivers. Conserv.* 18: 3337–3355.
- Chiacchio, F.P.B. 2008.** Incidência da cochonilha do carmim em palma forrageira. *Bahia Agríc.* 8: 12–14.
- Costa, L.L., I.C.F. Martins, A.C. Busoli & F.J. Cividanes. 2010.** Diversidade e abundância de artrópodos predadores associados a diferentes cultivares de algodoeiro. *Pesqu. Agropecu. Trop.* 40: 483–490.
- De Bach, P. 1964.** Biological control of insect pests and weeds. New York, Reinhold, 844p.
- De Bach, P. & E.I. Schlinger. 1964.** Biological Control of Insect Pests and Weeds. London, Chapman and Hall, 844p.
- De Bach, P. & D. Rosen. 1991.** Biological Control by Natural Enemies. Cambridge, Cambridge Univ. Press, 440 p.
- Degrande, P.E. 1998.** Guia prático de controle das pragas do algodoeiro. Dourados, UFMS, 60p.

- Delfosse, E.S. 2005.** Risks and ethics in biological control. *Biol. Control* 35: 319–329.
- Dreyer, B.S., P. Neuenschwander, J. Baumgärtner & S. Dorn. 1997a.** Trophic influences on survival, development and reproduction of *Hyperaspis notata* (Col., Coccinellidae). *J. Appl. Entomol.* 121: 249–256.
- Dreyer, B.S., P. Neuenschwander, B. Bouyjou, J. Baumgärtner & S. Dorn. 1997b.** The influence of temperature on the life table of *Hyperaspis notata*. *Entomol. Exp. Appl.* 84: 85–92.
- Duque, J.G. 1964.** O Nordeste e as lavouras xerófilas. Fortaleza, Banco do Nordeste do Brasil, 238p.
- Eisner, T. & S. Nowicki. 1980.** Red cochineal dye (carminic Acid): its role in nature. *Science* 208: 1039–1042.
- Eisner, T., R. Ziegler, J. L. McCormick, M. Eisner, E. R. Hoebeke, J. Meinwald. 1994.** Defensive use of an acquired substance (carminic acid) by predaceous insect larvae. *Experientia* 50: 610–615.
- Evans, E.W. & D.I. Gunther. 2005.** The link between food and reproduction in aphidophagous predators: a case study with *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae). *Eur. J. Entomol.* 102: 423–430.
- Felker, P. 2001.** Produção e utilização de forragem, p. 147–157. In Ingleses, P., G. Barbera & E.P. Barrios (eds.), *Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira*. Roma, FAO 1999, 216p.
- Ferran, A. & F.G. Dixon. 1993.** Foraging behaviour of ladybird larvae (Coleoptera: Coccinellidae). *Eur. J. Entomol.* 90: 383–402.
- Ferreira, M. de A., F.M. Silva, S.V. Bispo & M. Azevedo. 2009.** Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no Semiárido brasileiro. *Rev. Bras. Zootec.* 38: 322–329.
- Final IRA. 2004.** Mealybugs: *Ferrisia virgata* (Cockerell, 1893) (Hemiptera: Pseudococcidae), p. 115–121. In Longan and lychee fruit from the People's Republic of China and Thailand - Final Import Risk Analysis Report: Part B. Commonwealth of Australia, 176 p.
- Flores-Flores, V. & A. Tekelenburg. 2001.** Produção de corante Dacti (*Dactylopius coccus* Costa), p. 169–186. In Ingleses, P., G. Barbera & E.P. Barrios (eds.), *Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira*. Roma, FAO 1999, 216p.
- Fondren, K.M. & D.G. McCullough. 2005.** Phenology, natural enemies and horticultural oil for control of pine needle scale (*Chionaspis heterophylla*) (Fitch) (Homoptera: Diaspididae) on Christmas tree plantations. *J. Econ. Entomol.* 98: 1603–1613.
- Fontes, E.M.G., F.S. Ramalho, E. Underwood, P.A.V. Barroso, M.F. Simon, E.R. Sujii, C.S.S. Pires, N.E. Beltrão, W.A. Lucena & E.C. Freire. 2006.** The cotton agriculture context in Brazil, p. 21–66. In Hilbeck A., D.A. Andow & E.M.G. Fontes (eds.),

Environmental risk assessment of genetically modified organisms: methodologies for assessing Bt cotton in Brazil. Wallingford, CABI Publishing, 373p.

- Foxcroft, L.C. & J.H. Hoffmann. 2000.** Dispersal of *Dactylopius opuntiae* (Homoptera: Dactylopiidae), a biological control agent of *Opuntia stricta* (Haworth.) Haworth. (Cactaceae) in the Kruger National Park. *Koedoe* 43: 1–5.
- Freire, E.C., L.P. Carvalho & M.B. Pedrosa. 1999.** Diagnóstico da atuação da Embrapa Algodão perante sua clientela. Campina Grande, Embrapa-CNPA, 98p. (Documento 58).
- Ghafoor, A., I. Saba, M.S. Khan, H.A. Farooq, Zubaida & I. Amjad. 2011.** Predatory potential of *Cryptolaemus montrouzieri* for cotton mealybug under laboratory conditions. *J. Anim. Pl. Sci.* 21: 90–93.
- Gyenge, J.E., J.D. Edeelstein & C.E. Salto. 1998.** Efectos de la temperatura y la dieta en la biología de *Eriopsis connexa* (Germar) (Coleoptera: Coccinellidae). *An. Soc. Entomol. Brasil* 27: 345–356.
- Giorgi, J.A., N.J. Vandenberg, J.V. McHugh, J.A. Forrester, S.A. Slipinski, K.B. Miller, L.R. Shapiro & M.F. Whiting. 2009.** The evolution of food preferences in Coccinellidae. *Biol. Control* 51: 215–231.
- González, M., J. Méndez, A. Carnero, M.G. Lobo & A. Afonso. 2002.** Optimizing conditions for the extraction of pigments in cochineals (*Dactylopius coccus* Costa) using response surface methodology. *J. Agric. Food Chem.* 50: 6968–6974.
- Gravena, S. & H.F. Cunha. 1991.** Antrópodos predadores na cultura algodoeira. Jaboticabal, CEMIP, Departamento de Entomologia e Nematologia, 120p.
- Gravena, S. 2003.** Manejo ecológico da cochonilha-branca dos citros, com ênfase no controle biológico pela joaninha *Cryptolaemus montrouzieri*. *Laranja* 24: 71–82.
- Greathead, D.J. 1995.** Benefits and risks of classical biological control, p. 55–63. In Hokkanen, H.M.T. & J.M. Lynch (eds.), *Biological control: benefits and risks*. Cambridge, Cambridge Univ. Press, 326p.
- Guerreiro, J.C., R.A. Silva, A.C. Busoli & E. Berti Filho. 2002.** Coccinélídeos predadores que ocorrem no estágio inicial da cultura do algodoeiro em Jaboticabal, SP, Brasil. *Rev. Agric.* 77: 161–168.
- Gurr, G. & S. Wratten. 2000.** Measures of success in biological control. Dordrecht, Kluwer, 444p.
- Hanchinal, S.G., B.V. Patil, K. Basavanagoud, A. Nagangoud, D.P. Biradar & B.S. Janagoudar. 2011.** Incidence of invasive mealybug (*Phenacoccus solenopsis* Tinsley) on cotton. *J. Agric. Sci.* 24: 143–145.
- Heidari, M. & M.J.W. Copland. 1992.** Host finding by *Cryptolaemus montrouzieri* (Col., Coccinellidae) a predator of mealybugs (Hom., Pseudococcidae). *Entomophaga* 37: 621–625.

- Hernández-Hernández, F.C., F.G.G. Muñoz, A. Rojas-Martínez, S. Hernández-Martínez & H. Lanz-Mendoza. 2003.** Carminic acid dye from the homopteran *Dactylopius coccus* hemolymphs is consumed during treatment with different microbial elicitors. *Arch. Insect Bioch. Physiol.* 54: 37–45.
- Herren, H.R. & P. Neuenschawander. 1991.** Biological control of cassava pests in Africa. *Annu. Rev. Entomol.* 36: 257–283.
- Hodek, I. 1967.** Bionomics and ecology of predaceous Coccinellidae. *Annu. Rev. Entomol.* 12: 79–104.
- Hodek, I. & A. Honek. 1996.** Ecology of Coccinellidae. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 464p.
- Hodek, I. & A. Honek. 2009.** Scale insects, mealybugs, whiteflies and psyllids (Hemiptera, Sternorrhyncha) as prey of ladybirds. *Biol. Control* 51: 232–243.
- Hoelmer, K.A., L.S. Osborne & R.K. Yokomi. 1993.** Reproduction and feeding behavior of *Delphastus pusillus* (Coleoptera: Coccinellidae): a predator of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *J. Econ. Entomol.* 86: 322–329.
- Hoffmann, J.H., F.A.C. Impson & C.R. Volchansky. 2002.** Biological control of cactus weeds: implications of hybridization between control agent biotypes. *J. Appl. Ecol.* 39: 900–908.
- Holling, C.S. 1965.** The functional response of predators to prey density and its role in mimicry and population regulation. *Mem. Entomol. Soc. Can.* 45: 3–60.
- Kaur, H. & J.S. Virk. 2012.** Feeding potential of *Cryptolaemus montrouzieri* against the mealybug *Phenacoccus solenopsis*. *Phytoparasitica* 40: 131–136.
- Kinawy, M.M. 1991.** Biological control of the coconut scale insect (*Aspidiotus destructor* Sign., Homoptera: Diaspididae) in the southern region of Oman (Dhofar). *Trop. Pest Manag.* 37: 387–389.
- Kinawy, M.M., H.M. Al-Waili & A.M. Almandhari. 2008.** Review of the successful classical biological control programs in Sultanate of Oman. *Egypt J. Biol. Pest Control* 18: 1–10.
- Leschen, R.A.B. 2000.** Beetles feeding on bugs: repeated 1084 shifts from mycophagous ancestors. *Invert. Taxon.* 14: 917–929.
- Lima, I.M.M. & N.S. Gama. 2001.** Registro de plantas hospedeiras (Cactaceae) e de nova forma de disseminação de *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae), Cochonilha-da-palma-forrageira, nos estados de Pernambuco e Alagoas. *Neotrop. Entomol.* 30: 479–481.
- Loehr, B., A.M. Varela & B. Santos. 1990.** Explorations for natural enemies of the cassava mealybug *Phenacoccus manihoti* (Homoptera: Pseudococcidae), in South America for the biological control of this pest introduced in Africa. *Bull. Entomol. Res.* 80: 417–425.

- Lundgren, J.G. 2009.** Nutritional aspects of non-prey foods in the life histories of predaceous Coccinellidae. *Biol. Control* 51: 294–305.
- Mani, M. & A. Krishnamoorthy. 2008.** Biological suppression of the mealybugs *Planococcus citri* (Risso), *Ferrisia virgata* (Cockerell) and *Nipaecoccus viridis* (Newstead) on pumelo with *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant in India. *J. Biol. Control* 22: 169–172.
- Michelotto, M.D., R.A. Silva, J.C. Gerreiro & A.C. Busoli. 2003.** Diversidade e abundância de coccinélidos em seis cultivares de algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). *Bol. San. Veg. Plagas* 29: 219–226.
- Milonas, P.G., D.C. Kontodimas & A.F. Martinou. 2011.** A predator's functional response: influence of prey species and size. *Biol. Control* 59: 141–146.
- Morais, E. 2007.** Desafio da oposição. Atuação parlamentar 2007. Brasília, Senado Federal, 228p.
- Moran, V.C. 1981.** Belated kudos for cochineal insects. *Antenna* 5: 54–58.
- Moran, V.C., J.H. Hoffmann & N.C.J. Basson. 1987.** The effects of simulated rainfall on cochineal insects (Homoptera: Dactylopiidae): colony composition and survival on cactus cladodes. *Ecol. Entomol.* 12: 51–60.
- Obrycki, J.J. & T.J. Kring, 1998.** Predaceous Coccinellidae in biological control. *Annu. Rev. Entomol.* 43: 295–321.
- Obrycki, J.J., J.D. Harwood, T.J. Kring & R.J. O'Neil. 2009.** Aphidophagy by Coccinellidae: application of biological control in agroecosystems. *Biol. Control* 51: 244–254.
- Oliveira, N.C., C.F. Wilcken & C.A.O. Matos. 2004.** Ciclo biológico e predação de três espécies de coccinélidos (Coleoptera, Coccinellidae) sobre o pulgão-gigante-do-pinus *Cinara atlantica* (Wilson) (Hemiptera, Aphididae). *Rev. Bras. Entomol.* 48: 529–533.
- Oliveira, F.T., J.S. Souto, R.P. Silva, F.C. Andrade Filho & E.B. Pereira Júnior. 2010.** Palma forrageira: Adaptação e importância para os ecossistemas áridos e semiáridos. *Rev. Verde* 5: 27–37.
- Omkar & A. Pervez. 2004.** Functional and numerical responses of *Propylea dissecta* (Col., Coccinellidae). *J. Appl. Entomol.* 128: 140–146.
- Pervez, A. & Omkar. 2004.** Temperature dependent life attributes of an aphidophagous ladybird beetle, *Propylea dissecta* (Mulsant). *Biocont. Sci. Tech.* 14: 587–594.
- Pervez, A. & Omkar. 2005.** Functional responses of coccinellid predators: an illustration of a logistic approach. *J. Insect. Sci.* 5: 1–6.

- Porcar, M., I. García-Robles, L. Domínguez-Escribá & A. Latorre. 2010.** Effects of *Bacillus thuringiensis* Cry1Ab and Cry3Aa endotoxins on predatory Coleoptera tested through artificial diet-incorporation bioassays. *Bull. Entomol. Res.* 100: 297–302.
- Ramírez-Puebla, S.T., M. Rosenbueh, C.K. Chávez-Moreno, M.C.C.P.de Lira, A. Tecante & E. Martínez-Romero. 2010.** Molecular phylogeny of the genus *Dactylopius* (Hemiptera: Dactylopiidae) and identification of the symbiotic bacteria. *Environ. Entomol.* 39: 1179–1183.
- Sabaghi, R., A. Sahragard & R. Hosseini. 2011.** Functional and numerical responses of *Scymnus syriacus* Marseul (Coleoptera: Coccinellidae) to the black bean aphid, *Aphis fabae* Scopoli (Hemiptera: Aphididae) under laboratory conditions. *J. Pl. Prot. Res.* 51: 423–428.
- Santos, O.D., V.H.P. Bueno & E. Berti Filho. 1990.** Coccinelídeos predadores que ocorrem em diversas culturas na região de Lavras, MG. *Rev. Agric.* 65: 233–238.
- Santos, D.C., I. Farias, M.A. Lira, M.V.F.dos Santos, G.P. Arruda, R.S.B. Coelho, F.M. Dias & J.N. Melo. 2006.** Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*) em Pernambuco. Recife, Instituto Agrônômico de Pernambuco, 48p. (IPA-Documentos 30).
- Seagraves, M.P. 2009.** Lady beetle oviposition behavior in response to the trophic environment. *Biol. Control* 51: 313–322.
- Silva, R.A., A.C. Busoli & N.R. Chagas Filho. 2004.** Aspectos biológicos de *Coccidophilus citricola* Brèthes, 1905 (Coleoptera: Coccinellidae). *Cienc. Rural* 34: 667–672.
- Silva, R.B., J.C. Zanuncio, J. E. Serrão, E.R. Lima, M.L.C. Figueiredo & I. Cruz. 2009.** Suitability of different artificial diets for development and survival of stages of the predaceous ladybird beetle *Eriopis connexa*. *Phytoparasitica* 37: 115–123.
- Silva, M.G.S., J.C.B. Dubeux Júnior, L.C.S.L. Assis, D.L. Mota, L.L.S. Silva, M.V.F.dos Santos & D.C. Santos. 2010.** Anatomy of different forage cacti with contrasting insect resistance. *J. Arid Environ.* 74: 718–722.
- Silva-Torres, C.S.A., M.D. Oliveira & J.B. Torres. 2012.** Host selection and establishment of striped mealybug, *Ferrisia virgata*, on cotton cultivars. *Phytoparasitica*, DOI 10.1007/s12600-012-0261-1
- Silvie, P., T. Leroy, B. Michael & J.P. Bournier. 2001.** Manual de Identificação dos Inimigos Naturais no Cultivo do Algodão. Cascavel, CODETEC/CIRAD-CA, 74p. (Boletim Técnico 5).
- Soares, J.J. & A.C. Busoli. 1995.** Comparação entre métodos de amostragem para artrópodos predadores associados ao algodoeiro. *An. Soc. Entomol. Brasil* 24: 551–556.
- Storch, R.H. 1976.** Prey detection by fourth stage *Coccinella transversoguttata* larvae (Coleoptera: Coccinellidae). *Anim. Behav.* 24: 690–693.

- Sujii, E.R., V.A. Beserra, P.H. Ribeiro, P.V. da Silva-Santos, C.S.S. Pires, G.G.V. Schmidt, E.M.G. Fontes & R.A. Laumann. 2007.** Comunidade de inimigos naturais e controle biológico natural do pulgão, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae) e do curuquerê, *Alabama argilacea* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do algodoeiro no Distrito Federal. Arq. Inst. Biol. 74: 329–336.
- Sullivan, D.J., J.A. Castillo & A.C. Bellotti. 1991.** Comparative biology of six species of coccinellid beetles (Coleoptera: Coccinellidae) predaceous on the mealybug, *Phenacoccus herreni* (Homoptera: Pseudococcidae), a pest on cassava in Colombia, South America. Environ. Entomol. 20: 685–689.
- Torres, J.B. 2008.** Controle de pragas do algodoeiro: expectativas de mudanças. Cienc. Agrícola 8: 37–49.
- Torres, J.B., M.D. Oliveira & M.S. Lima. 2011.** Cochonilhas farinhentas: potenciais problemas para o algodão brasileiro. Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 6p. (Informativo REDALGO 005).
- Vanegas-Rico, J.M., J.R. Lomeli-Flores, E. Rodríguez-Leyva, G. Mora-Aguilera & J.M. Valdez. 2010.** Enemigos naturales de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) en *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller en el centro de México. Acta Zool. Mex. 26: 415–433.
- van Lenteren, J.C.V. 2003.** Quality control and production of biological control agents: Theory and testing procedures. Wallingford, CABI Publishing, 384p.
- van Lenteren, J.C.V., J. Bale, F. Bigler, H.M.T. Hokkanen & A.J.M. Loomans. 2006.** Assessing risks of releasing exotic biological control agents of arthropod pests. Annu. Rev. Entomol. 51: 609–634.
- Vasconcelos, A.G.V., M.deA. LIRA, V.L.B. Cavalcanti, M.V.F.dos Santos & L. Willadino. 2009.** Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius* sp.). Rev. Bras. Zootecn. 38: 827–831.
- Volchansky, C.R., J.H. Hoffmann & H.G. Zimmermann. 1999.** Host-plant affinities of two biotypes of *Dactylopius opuntiae* (Homoptera: Dactylopiidae): enhanced prospects for biological control of *Opuntia stricta* (Cactacea) in south Africa. J. Appl. Ecol. 36: 85–91.
- Whitcomb, W.H. 1981.** The use of predators in insect control, p. 105-123. In Pimentel, D. (ed.), CRC Handbook of pest management in agriculture. vol. 1, Boca Raton, CRC Press, 597p.
- Whitcomb, W.H. & K. Bell. 1964.** Predaceous insects and mites of Arkansas cotton fields. Arkansas, Agriculture Experiment Station, 89p. (Bulletin 690).

CAPÍTULO 2

ASPECTOS BIOLÓGICOS DE *Tenuisvalvae notata* (MULSANT) (COLEOPTERA:
COCCINELLIDAE) EM TRÊS PRESAS E TAXA DE PREDACÃO SOBRE *Ferrisia virgata*
COCKERELL (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE)

PAULO R.R. BARBOSA¹, MARTIN D. OLIVEIRA¹, JOSÉ A. GIORGI², JOSÉ E.M. OLIVEIRA³ E JORGE B.
TORRES¹

¹Departamento de Agronomia – Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua
Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife, PE.

²Faculdade de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará. Rua José Porfírio, 2515, São
Sebastião, CEP 68372-040, Altamira, PA.

³Embrapa Semiárido, BR 428, Km 152, Zona Rural, CEP 56302-970, Petrolina, PE.

¹Barbosa, P.R.R., M.D. Oliveira, J.A. GIORGI, J.E.M. OLIVEIRA & J.B. Torres. Aspectos biológicos de *Tenuisvalvae notata* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) em três presas e taxa de predação sobre *Ferrisia virgata* Cockerell (Hemiptera: Pseudococcidae). A ser submetido.

RESUMO - Adultos de *Tenuisvalvae notata* (Mulsant) tem sido observados naturalmente em algodoeiro infestado com pseudococcídeos e em palma forrageira infestada com a falsa cochonilha do carmim no Semiárido de PE, Brasil. Esta joaninha é uma eficaz predadora de cochonilhas, mas não há informações do seu desempenho nem do potencial de predação sobre *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae) e *Ferrisia virgata* Cockerell (Hemiptera: Pseudococcidae), espécies invasoras no Brasil. Assim, este trabalho determinou a sobrevivência, a reprodução e a predação de *T. notata* sobre *F. virgata* e *D. opuntiae*, além de testar ovos de *Anagasta kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) como uma possível presa para a criação do predador em laboratório. Entre as presas ofertadas, *T. notata* somente completou o seu desenvolvimento predando *F. virgata* com 83% de viabilidade para as fases de larva e pupa. Fêmeas de *T. notata* criadas com *F. virgata* depositaram 10,2 ovos/dia com taxa de eclosão de 45,8%. O consumo de *F. virgata* foi maior para larvas de último instar e fêmeas de *T. notata*. Apesar de adultos de *T. notata* serem coletados em colônias de *D. opuntiae* em campo, esta espécie não desenvolve e nem reproduz predando exclusivamente esta cochonilha. Também, ovos de *A. kuehniella*, os quais são amplamente empregados na criação de inimigos naturais, incluindo joaninhas predadoras, não se mostraram adequados como presa para *T. notata*. Os resultados permitem concluir que *T. notata* demonstra potencial no controle de *F. virgata*, uma espécie altamente polífaga.

PALAVRAS-CHAVE: Biologia, joaninha, controle biológico, cochonilha de listra

BIOLOGICAL ASPECTS OF *Tenuisvalvae notata* (MULSANT) (COLEOPTERA:
COCCINELLIDAE) FED THREE PREY TYPES AND PREDATION RATE OF *Ferrisia*
virgata COCKERELL (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE)

ABSTRACT - Adults of *Tenuisvalvae notata* (Mulsant) have been naturally found associated to colonies of mealybugs and false red cochineal attacking cotton plants and prickly pear, respectively, in the Semiarid of Pernambuco, Brazil. This lady beetle species is considered an efficacious predator, but lack information of its biology preying upon the mealybug *Ferrisia virgata* Cockerell (Hemiptera: Pseudococcidae) and the false red cochineal *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae), both invasive species in Brazil. Survival and reproduction of *T. notata* fed *F. virgata*, *D. opuntiae*, and eggs of *Anagasta kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae), and the predation rate of *F. virgata* was studied. Full development of *T. notata* was only attained when larvae fed *F. virgata*. Using this prey item, the lady beetle exhibited 83% of development viability. Female *T. notata* laid 10.2 eggs/day during the first 12 egg masses produced with 45.8% of egg hatching. The consumption of *F. virgata* was greater for 4th-instar and adult female of *T. notata*. Despite field collection of *T. notata* adults on colonies of *D. opuntiae*, this lady beetle species does not develop feeding exclusively on the false red cochineal. Also, eggs of *A. kuehniella*, which are widely used to rear natural enemies, including lady beetles, did not furnish either development or reproduction of *T. notata*. These results allow us to conclude that *T. notata* is a potential predator of *F. virgata*, a polyphagous mealybug species.

KEY WORDS: Biology, ladybird beetle, biological control, stripped mealybug, wild cochineal

Introdução

Apesar dos avanços nas pesquisas sobre coccinelídeos, sua complexa ecologia trófica, especialmente sua gama de presas, deve ser investigada para que o seu papel benéfico no manejo de pragas seja desempenhado com sucesso (Weber & Lundgren 2009). Os coccinelídeos predadores estão mais relacionados ao controle biológico que qualquer outro artrópode predador (Hagen 1962, Obrycki 1998). Eles são considerados inimigos naturais de pragas importantes como moscas-brancas (Liu & Stansly 1996, Crowder 2006, Hodek & Honek 2009), ácaros (Hagen 1974, Fiaboe *et al.* 2007, Biddinger *et al.* 2009, Britto *et al.* 2009), pulgões (Hagen & Bosch 1968, Hagen 1974, Vieira *et al.* 1997, Omkar 2005, Sabaghi *et al.* 2011) e cochonilhas (Hagen 1974, Herren & Neueschwander 1991, Franco *et al.* 2004, Giorgi *et al.* 2009, Ghafoor *et al.* 2011, Kaur & Virk 2012).

Tenuisvalvae notata (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) é uma joaninha predadora, natural da América do Sul (Dreyer *et al.* 1997a), com sua distribuição ocorrendo desde os planaltos colombianos (onde tem como presa preferencial *Phenacoccus herreni* Cox & Williams) até ao sul do Brasil e Paraguai (predando preferencialmente *Phenacoccus manihoti* Matile-Ferrero) (Loehr *et al.* 1990, Sullivan *et al.* 1991). Esta espécie foi recentemente observada no Semiárido de Pernambuco em plantas de algodão infestadas com a cochonilha do algodão, *Phenacoccus solenopsis* Tinsley e a cochonilha de listra, *Ferrisia virgata* Cockerell (Hemiptera: Pseudococcidae), e também em palma forrageira infestada coma a falsa cochonilha do carmim, *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae).

Tanto *F. virgata* quanto *D. opuntiae* são cochonilhas economicamente importantes. A primeira se trata de uma espécie altamente polífaga registrada em diversas partes do mundo sobre plantas de pelo menos 150 gêneros e 68 famílias (Ben-Dov *et al.* 2001, Final IRA 2004). Muitas dessas são de importância agrícola como o algodoeiro que, no Paquistão, já a teve como principal

praga dentre os insetos sugadores (Ghouri 1960). Por outro lado, *D. opuntiae* é empregada como agente de controle biológico de cactáceas invasoras na Austrália (Hosking *et al.* 1994) e África (Githure *et al.* 1999, Volchansky *et al.* 1999, Hoffmann *et al.* 2002, Paterson *et al.* 2011). No Brasil, ela se apresenta atualmente como a principal praga da palma forrageira, *Opuntia ficus-indica* Mill (Silva *et al.* 2010), que consiste na principal fonte de alimento dos rebanhos bovino, caprino e ovino na região Semiárida (Duque 1964, Santos *et al.* 2006, Ferreira *et al.* 2009).

Tendo em vista o risco da expansão dessas cochonilhas como pragas, diversos métodos de controle têm sido investigados, dentre eles o controle biológico. Apesar dos seus reconhecidos benefícios, o controle biológico não é um método livre de riscos (Delfosse 2005), sobretudo quando inimigos naturais exóticos são introduzidos nos agroecossistemas, podendo resultar em problemas ambientais, econômicos e de saúde humana (van Lenteren *et al.* 2006). Preconiza-se assim, empregar preferencialmente inimigos naturais nativos, através da manutenção da população já existente, ou através de liberações inundativas possibilitadas a partir da criação massal desses organismos. Para tanto, é necessário conhecer o potencial das espécies de inimigos naturais nativos sobre as pragas alvo, e também avaliar as fontes de alimento que podem ser utilizadas para a sua multiplicação em laboratório.

Artrópodes predadores são usualmente criados em laboratório sobre suas presas naturais, mas a dificuldade de manutenção dos três níveis tróficos (planta hospedeira, herbívoro e predador) pode causar problemas de descontinuidade e aumento dos custos de produção (De Clercq *et al.* 2005, Bonte *et al.* 2010). Para minimizar esses problemas Hodek & Honek (2009) relatam que ovos de Lepidoptera podem ser empregados com sucesso na criação de joaninhas predadoras, mostrando-se adequados quando comparados às presas naturais (Pilipjuk *et al.* 1982, Kato *et al.* 1999, Specty *et al.* 2003, De Clercq *et al.* 2005).

Dessa forma, visando a utilização futura de *T. notata* no controle biológico das cochonilhas *D. opuntiae* e *F. virgata*, este trabalho teve como objetivos avaliar o desenvolvimento, a sobrevivência e a reprodução de *T. notata* sobre essas cochonilhas. O desempenho de *T. notata* também foi avaliado sobre ovos de *Anagasta kuehniella* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) para determinar se estes podem ser empregados como presa em laboratório para criação massal desse predador. A taxa de consumo de *F. virgata* por *T. notata* também foi determinada.

Material e Métodos

Origem e Criação do Predador e Presas. Adultos de *T. notata* foram coletados em setembro de 2010 sobre plantas de algodão infestadas por *P. solenopsis* e *F. virgata* no município de Surubim, PE (07°49'59" S, 35°45'17" O) e em março de 2011 sobre *O. ficus-indica* infestada por *D. opuntiae* no Sítio Boa Vista, município de Dormentes, PE (09°04'15" S, 40°19'5,4" O).

Em ambos os casos, os espécimes foram acondicionados em recipientes plásticos e conduzidos ao Laboratório de Comportamento de Insetos da Área de Fitossanidade do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) para estabelecimento da colônia e sua manutenção. Esses adultos foram confinados em caixas de acrílico de 40x25x20cm (comprimento x altura x largura) contendo aberturas circulares nas laterais, fechadas com tecido organza para permitir o arejamento interno. No interior das caixas foi disponibilizada uma abóbora infestada com a cochonilha *F. virgata* em diferentes estádios de desenvolvimento servindo como alimento para as joaninhas. As caixas foram forradas com papel toalha e, além da abóbora infestada com a presa, ofertou-se água através de algodão hidrófilo umedecido no interior de recipientes plásticos de 80 mL.

A cochonilha *F. virgata* foi coletada em plantas de algodão na área experimental do Departamento de Agronomia da UFRPE, sendo criada em laboratório sobre abóboras da

variedade “Jacarezinho” adquiridas periodicamente no Centro de Abastecimento Alimentar de Pernambuco (CEASA-PE) seguindo metodologia adaptada de Sanches & Carvalho (2010). No laboratório, as abóboras são lavadas e após secarem são dispostas em bandejas plásticas forradas com papel interfolhado, onde são infestadas na região do pedúnculo com fêmeas da cochonilha ativamente reprodutivas, coletadas a partir de abóboras anteriormente infestadas. Nas condições de manutenção desta criação, o período decorrido da infestação à completa colonização da abóbora com cochonilhas adultas é de aproximadamente 30 dias, quando então são utilizadas na criação da joaninha.

A cochonilha *D. opuntiae* foi coletada em plantio comercial de palma forrageira, *O. ficus-indica*, no município de Sertânea, PE. Cladódios infestados com a cochonilha foram coletados, acondicionados em caixas térmicas e conduzidos para o Laboratório de Comportamento de Insetos da UFRPE, onde é mantida a colônia. No laboratório, esses cladódios são dispostos em prateleiras forradas com jornal, sendo sobrepostos a cladódios infestados anteriormente para dar continuidade à manutenção da criação. Tanto a colônia das joaninhas como as das cochonilhas foram mantidas em sala climatizada sob condições controladas de temperatura 25 ± 2 °C, umidade relativa $60 \pm 10\%$ e fotoperíodo 12:12h (Luz: Escuro).

Os ovos de *A. kuehniella* foram obtidos da empresa Insecta Agentes Biológicos localizada no município de Lavras, MG.

Aspectos Biológicos de *Tenuisvalvae notata*. Este estudo avaliou a viabilidade de ovos, o período embrionário, a duração e viabilidade de cada instar e/ou fase, bem como a razão sexual, peso dos adultos e fecundidade das fêmeas de *Tenuisvalvae notata* submetidas às diferentes fontes de alimento ofertadas. Para tanto, casais da joaninha (n=20), com sete a 14 dias de idade oriundos da colônia de manutenção, foram individualizados em recipientes plásticos adaptados (12 x 7 cm de diâmetro x altura), contendo área circular telada na tampa para favorecer o arejamento interno.

No interior desse recipiente foi colocado um recorte de papel toalha servindo como substrato para oviposição. Os casais foram alimentados com ninfas e adultos de *F. virgata* ofertados em abundância e supridos com água através de algodão hidrófilo umedecido no interior de recipientes acrílicos de 20 mL.

Diariamente, o recorte de papel toalha, assim como todo o recipiente plástico, foram vistoriados com auxílio de estereomicroscópio (Motic, SMZ-168) para a coleta dos ovos. Em seguida, os ovos foram removidos por meio de pincel de cerdas macias previamente umedecidas em água destilada, sendo transferidos para placas de Petri plásticas (5,5 cm de diâmetro) forradas com papel de filtro levemente umedecido. As placas foram fechadas com filme plástico de PVC e submetidas às mesmas condições de temperatura e fotoperíodo da colônia até a eclosão das larvas. Diariamente, os ovos foram observados para a coleta das larvas eclodidas. Estas foram transferidas individualmente com pincel de cerdas macias para placas de Petri contendo um recorte de papel toalha onde foi ofertado o alimento de acordo com o tratamento correspondente.

Assim, três tratamentos caracterizados de acordo com o alimento ofertado foram estabelecidos: ninfas neonatas de *F. virgata* (i); ninfas neonatas de *D. opuntiae* (ii); e ovos de *A. kuehniella* (iii). Os dois primeiros tratamentos visaram investigar as duas cochonilhas como presas para *T. notata* em comparação ao terceiro, o qual corresponde a uma presa alternativa amplamente utilizada para a criação de inimigos naturais em condições de laboratório. Cada tratamento foi conduzido com 60 larvas. Entretanto, para fins de análises, foram utilizadas apenas 12 repetições, considerando cada repetição a média de cinco larvas.

As larvas foram observadas diariamente em estereomicroscópio para determinar a mudança de instar, fase e/ou mortalidade, ocasião na qual se removia da placa o excedente de presas do dia anterior e ofertavam-se novas presas sempre em abundância. As larvas de *T. notata* foram alimentadas com ninfas neonatas de *F. virgata* até o terceiro instar, quando então passaram a

receber como alimento *F. virgata* em estágios mais avançados de desenvolvimento até empuparem. As pupas foram observadas diariamente para se determinar a duração e viabilidade desta fase.

Os adultos recém-emergidos foram pesados individualmente em balança com precisão de 0,001g (Bioprecisa, FA-2104N) e sexados com base em caracteres morfológicos externos. As fêmeas de *T. notata* geralmente são maiores que os machos, apresentam duas manchas pretas em forma de triângulo localizadas na parte superior da cabeça, entre os olhos e têm a porção final do abdome com formato afunilado, ao passo que nos machos essa porção é mais arredondada. Na porção marginal do mesoesterno dos machos, observa-se uma mancha branca em forma de triângulo, característica ausente nas fêmeas.

Casais de *T. notata* (n=15) foram individualizados em recipientes plásticos adaptados (12 x 7 cm de diâmetro x altura) com as mesmas características especificadas anteriormente e alimentados com a mesma presa ofertada na fase larval. Os machos mortos foram substituídos por outros de mesma idade para evitar perda na fecundidade e fertilidade da fêmea pela ausência de cópula. Para estes casais foi determinado o período de pré-oviposição como sendo o período decorrido da emergência do adulto até a primeira postura. Diversos autores relatam que para se avaliar o efeito da dieta no desempenho reprodutivo de Coccinellidae, não é necessário acompanhar a fecundidade ao longo de toda sua vida adulta (Michaud 2005, Michaud & Grant 2005, Michaud & Jyoti 2008). Dessa forma, assim que as fêmeas de *T. notata* iniciaram a reprodução, elas foram avaliadas até a produção de 12 posturas. Esse método é válido e viável, principalmente quando se trata de um predador com longevidade tão prolongada como *T. notata*. Segundo Dreyer *et al.* (1997b), *T. notata* pode viver mais de 84 semanas a 20 °C e 60 semanas a 25 °C quando alimentada com *P. manihoti*. A constatação de posturas, contabilização e transferência dos ovos, seguiu a mesma metodologia já descrita anteriormente. O período

embrionário foi considerado da oviposição até a eclosão das larvas, sendo estas diariamente contabilizadas e sacrificadas para evitar canibalismo sobre os ovos remanescentes.

Efeito da Presa na Sobrevivência de Adultos e Reprodução de *Tenuisvalvae notata*. Pré-pupas e pupas de *T. notata* alimentadas durante toda a fase larval com *F. virgata* foram transferidas da colônia de manutenção para gaiolas de acrílico forradas com papel toalha contendo apenas um recipiente plástico com água. Por ocasião da emergência dos adultos, 40 casais foram formados e distribuídos entre os tratamentos: casais alimentados com ninfas de diferentes instares e adultos de *F. virgata* (i); casais alimentados com ninfas de diferentes instares e adultos de *D. opuntiae* (ii); casais alimentados com ovos de *A. kuehniella* (iii); e casais privados de alimento, supridos apenas com água (iv).

Cada casal foi confinado em um recipiente plástico semelhante aos já descritos anteriormente totalizando 10 casais por tratamento. A oferta das presas foi realizada a partir da transferência de fêmeas e ninfas de *F. virgata* da colônia de manutenção ou de porções de cladódios (10,0 x 8,0 cm) infestados, no caso de *D. opuntiae*, ou com ovos de *A. kuehniella*. Todas as presas foram ofertadas em abundância. Diariamente, pelo período de 15 dias, todos os recipientes e porções de cladódios foram inspecionados em estereomicroscópio quanto à ocorrência de posturas e mortalidade de adultos, e o alimento substituído sempre que necessário. Decorridos os 15 dias de observações, os casais remanescentes da alimentação com outras presas, que não *F. virgata*, passaram a ser alimentados com ninfas e adultos dessa cochonilha.

A sobrevivência das fêmeas de *T. notata* alimentadas com as diferentes presas ou mantidas apenas com água foi estimada empregando o método Kaplan-Meier e as curvas de sobrevivência comparadas pelo teste Log-Rank utilizando o Proc LIFETEST do SAS (SAS Institute 2001).

Consumo de *Ferrisia virgata* por *Tenuisvalvae notata*. O consumo da cochonilha *F. virgata* por larvas de primeiro, segundo, terceiro e quarto instares e fêmeas de *T. notata* foi determinado

empregando-se presas de três idades: ninfas neonatas (i); ninfas de terceiro instar (ii); e fêmeas (iii), nas densidades de 100, 15 e 6 indivíduos, respectivamente. Estas densidades foram previamente determinadas observando que as mesmas caracterizavam abundância de alimento.

O experimento foi instalado em delineamento inteiramente casualizado considerando as idades da presa como tratamentos ($n = 3$) e 10 repetições representadas por uma fêmea ou uma larva do predador nos respectivos instares. As presas foram ofertadas sobre discos de folhas de algodão (3,5 cm de diâmetro) previamente lavadas com água, detergente neutro e hipoclorito de sódio a 0,5%. Após secarem a umidade excedente, os discos foram distribuídos em placas de Petri (5,5 cm de diâmetro) onde se procedeu a infestação dos mesmos com as presas.

As cochonilhas foram obtidas da colônia mantida no laboratório, sendo transferidas com auxílio de pincel de cerdas macias para os discos foliares sob observação em esteromicroscópio até atingir a densidade correspondente a cada tratamento. Em seguida, as placas foram fechadas com filme plástico de PVC e acondicionadas em sala climatizada a 25 ± 2 °C, $60 \pm 10\%$ de UR e fotoperíodo de 12:12h (L:E) por 24h para as presas se estabelecerem.

No dia posterior à transferência das cochonilhas para os discos foliares, a densidade de presas em cada repetição dos respectivos tratamentos foi aferida e ajustada quando necessário. Nessa mesma ocasião larvas de primeiro, segundo, terceiro e quarto instares, bem como fêmeas de *T. notata*, ambas com dois dias de idade, foram privadas de alimentação por seis horas para equilibrar o nível de saciedade. Em seguida, uma larva ou fêmea do predador foi transferida para cada placa de Petri de acordo com o tratamento correspondente onde permaneceu por 24h sob condições controladas em câmara climática tipo B.O.D (Biochemical Oxygen Demand) regulada a 25 ± 1 °C; $60 \pm 10\%$ de UR e 12h de fotofase. Após 24h de confinamento com as presas, o número total de larvas e fêmeas vivas do predador em cada tratamento e o número de presas vivas remanescentes em cada repetição foi determinado.

Os resultados de consumo de *F. virgata* por larvas e fêmeas de *T. notata* foram transformados em raiz ($x+0,5$) para atender aos requisitos de normalidade e homogeneidade, sendo posteriormente submetidos a ANOVA e comparados pelo teste de Tukey HSD a 5% de probabilidade (SAS Institute 2001).

Resultados

Aspectos Biológicos de *Tenuisvalvae notata*. Todas as larvas neonatas de *T. notata* alimentadas com ninfas de *D. opuntiae* ou ovos de *A. kuehniella* morreram antes de passarem para o segundo instar. Das 60 larvas alimentadas com *D. opuntiae*, apenas 34 consumiram ninfas desta cochonilha, fato evidenciado pela coloração avermelhada que assumiram no dia seguinte à oferta da presa, e viveram em média $1,8 \pm 0,11$ dias (Tabela 1). Larvas confinadas com ovos de *A. kuehniella* não se alimentaram e apenas sete delas viveram até o dia seguinte (Tabela 1). Por outro lado, larvas de *T. notata* alimentadas com ninfas de *F. virgata* apresentaram 83% de sobrevivência no primeiro instar e 100% de sobrevivência nos demais instares larvais e durante a fase de pupa (Tabela 1).

A duração do primeiro, segundo, terceiro e quarto instares de larvas de *T. notata* alimentadas com *F. virgata* foi, em média, de 2,8; 3,1; 4,4 e 6,0 dias, respectivamente (Tabela 1). O período de pré-pupa teve duração média de 2,8 dias ao passo que a fase de pupa durou em média 10,9 dias. Considerando-se a duração de cada instar larval, período de pré-pupa e fase de pupa, o tempo de desenvolvimento larva-adulto de *T. notata* alimentada com *F. virgata* nas condições avaliadas foi em média de 30 dias (Tabela 1).

Das 50 pupas de *T. notata* formadas a partir das 60 larvas alimentadas com *F. virgata*, emergiram 28 fêmeas com peso médio de $5,3 \pm 0,10$ mg e 22 machos com peso médio de $4,3 \pm 0,09$ mg caracterizando assim, razão sexual de 56% de fêmeas (Tabela 1). Dos 15 casais formados

com estes adultos, apenas uma fêmea não ovipositou até que as demais produzissem as 12 primeiras posturas sendo, portanto, desconsiderada na estimativa dos parâmetros reprodutivos.

O período correspondente à produção de 12 posturas para cada fêmea resultou em 12 dias, demonstrando que fêmeas de *T. notata* alimentadas em abundância com a presa *F. virgata*, ovipositam diariamente. Neste período foram coletados 1714 ovos, resultando em média de $10,2 \pm 0,67$ ovos/fêmea/dia, os quais apresentaram viabilidade de 45,8% cujo período embrionário foi de $5,78 \pm 0,02$ dias.

Efeito da Presa na Sobrevivência de Adultos e Reprodução de *Tenuisvalvae notata*. A longevidade média das fêmeas de *T. notata* alimentadas com *D. opuntiae* ou mantidas apenas com água foi similar, sendo de 5,9 e 6,5 dias, respectivamente (Fig. 1). O padrão de mortalidade ao longo do tempo também foi semelhante, não havendo diferença significativa entre as curvas de sobrevivência de fêmeas de *T. notata* alimentadas com *D. opuntiae* ou recebendo apenas água (teste de Log-Rank; $\chi^2 = 1,11$; $P = 0,2909$) (Fig. 1). Em ambos os tratamentos nenhuma fêmea produziu ovos, pois todas morreram com menos de oito dias, tempo que corresponde ao período de pré-oviposição apresentado pelas fêmeas alimentadas com *F. virgata*. Em relação às fêmeas de *T. notata* alimentadas com *F. virgata* ou ovos de *A. kuehniella*, a sobrevivência média em 15 dias de observação foi apenas parcialmente diferente (teste de Log-Rank; $\chi^2 = 3,34$; $P = 0,0669$), sendo de 11,5 e 15,0 dias, respectivamente (Fig. 1).

Todas as fêmeas de *T. notata* alimentadas com *F. virgata* ovipositaram, apresentando uma fecundidade média de 11,5 ovos por postura, ao passo que nenhuma daquelas alimentadas com ovos de *A. kuehniella* reproduziu. No entanto, ao final do período de avaliação, quando os ovos de *A. kuehniella* foram substituídos por ninfas e fêmeas de *F. virgata*, as sete fêmeas remanescentes desse tratamento realizaram postura.

Consumo de *Ferrisia virgata* por *Tenuisvalvae notata*. A predação de ninfas e fêmeas de *F. virgata* por larvas e fêmeas de *T. notata* durante 24h de exposição às presas aumentou com a idade do predador independentemente da idade da presa. O consumo de ninfas neonatas de *F. virgata* foi significativamente superior ($F_{4, 45} = 17,50$; $P < 0,0001$), seguido pelo consumo de ninfas de terceiro instar ($F_{4, 45} = 41,56$; $P < 0,0001$) e fêmeas de *F. virgata* ($F_{4, 45} = 55,37$; $P < 0,0001$), independentemente da idade do predador (Tabela 2).

O consumo médio de ninfas neonatas de *F. virgata* por larvas de terceiro e quarto instares e fêmeas de *T. notata* foi semelhante e superior àquele apresentado pelas larvas de primeiro e segundo instares (Tabela 2). Para ninfas de terceiro instar, o consumo médio diário variou significativamente entre os instares larvais e fêmeas de *T. notata*, sendo registrado menor consumo por larvas neonatas e maior consumo para larvas mais desenvolvidas.

Discussão

Os resultados obtidos neste estudo confirmam *T. notata* como uma joaninha potencialmente predadora de Pseudococcidae, conforme citado por Dreyer *et al.* (1997a). Apesar de parte dos adultos de *T. notata* que iniciaram a criação que originaram indivíduos para este estudo terem sido coletados em palma forrageira infestada pela falsa cochonilha do carmim e de algumas espécies de joaninhas dos gêneros *Exochomus*, *Chilocorus*, *Cryptolaemus*, *Zagreus* e *Hyperaspis* serem consideradas inimigos naturais de *Dactylopius* spp. (Baskaran *et al.* 1999, Aldama-Aguilera *et al.* 2005, Vanegas-Rico *et al.* 2010), *T. notata* não se comportou como predadora de *D. opuntiae*.

Todas as larvas neonatas confinadas com *D. opuntiae* morreram ainda no primeiro instar, enquanto as fêmeas de *T. notata* não reproduziram se alimentando desta cochonilha e morreram aderidas à cera apresentando sobrevivência semelhante àquelas mantidas apenas com água. Segundo Mathenge *et al.* (2009) a cera de *Dactylopius tomentosus* Lamarck, além de aprisionar os

predadores, limita o acesso do predador às posturas abaixo da cochonilha e interfere no reconhecimento destes como alimento. Isto sugere que larvas de *T. notata* são sensíveis ao ácido carmínico presente em *D. opuntiae* e que elas não dispõem de mecanismos de detoxificação contra esta substância, diferentemente do que ocorre com larvas de *Laetilia coccidivora* Comstock (Lepidoptera: Pyralidae), que armazenam esse ácido em músculos compressores do estomodeu e o utiliza para sua própria proteção contra predadores (Eisner & Nowicki 1980).

Para complementar sua dieta no campo, muitos coccinelídeos utilizam outras fontes de alimento tais como néctar e *honeydew* que são ricos em açúcares, e pólen que além de açúcares tem elevado valor proteico (Lundgren 2009). Isso sugere que *T. notata* possivelmente explora algum desses recursos como alimento para se manter no campo, justificando sua ocorrência em áreas infestadas com *D. opuntiae*.

Semelhantemente às larvas alimentadas com *D. opuntiae*, aquelas confinadas com ovos de *A. kuehniella* também morreram sem passarem para o segundo instar. Nesse sentido, duas hipóteses podem ser levantadas: elas não reconheceram os ovos como alimento devido à ausência de alguma característica física ou química apropriada (i), ou a constituição desses ovos limita a sua utilização (ii). Larvas neonatas de *T. notata* podem, ainda, serem incapazes de romper o córion desses ovos, como observado por Olszack (1986) em larvas neonatas de *Propylea quatuordecimpunctata* L. alimentadas com ovos de *Sitotroga cerealella* Oliver (Lepidoptera: Gelechiidae), outra presa amplamente empregada para a criação de inimigos naturais em laboratório como *A. kuehniella*.

A quantidade de água disponível no alimento também pode afetar a sobrevivência larval das joaninhas (Michaud & Grant 2005). Larvas neonatas e, em alguns casos até no terceiro instar, apresentam digestão pré-oral (Banks 1957, Hodek & Honek 1996), processo no qual há perda constante de água e gasto de energia podendo, portanto, resultar na morte das mesmas (Bonte *et*

al. 2010). O teor de água presente em ovos de *A. kuehniella* é substancialmente menor que o encontrado em pulgões (Michaud & Grant 2005) levando-nos a deduzir que seu teor de água também seja menor que o encontrado em ninfas de *F. virgata*.

Nenhuma fêmea de *T. notata* reproduziu quando confinada com ovos de *A. kuehniella*, mas diferentemente das larvas, os adultos alimentados com essa presa apresentaram sobrevivência equivalente àqueles alimentados com a cochonilha *F. virgata* em 15 dias de observações. De acordo com Michaud (2005) os coccinelídeos adultos têm mandíbulas mais fortes e sistema digestivo mais desenvolvido que as larvas, o que os permitem processar alguns alimentos mais eficientemente, enquanto que suas larvas raramente completam o primeiro instar quando supridas com alimento inadequado (Silva *et al.* 2009).

Fêmeas de *T. notata* não reproduziram quando alimentadas com ovos de *A. kuehniella*, mas iniciaram postura logo após receberem *F. virgata* como alimento. Seagraves (2009) argumenta que as joaninhas necessitam ingerir uma quantidade de nutrientes acima do nível de manutenção para reproduzirem e que a decisão de oviposição é diretamente influenciada pela quantidade e qualidade do alimento disponível. Os ovos de *A. kuehniella* foram abundantemente ofertados ao predador, o que sugere que esta presa é nutricionalmente inadequada à reprodução de *T. notata*.

Dentre as três presas testadas, *T. notata* somente completou seu ciclo biológico predando *F. virgata*. Este resultado corrobora aqueles obtidos por Dreyer *et al.* (1997a) que avaliaram o efeito de diferentes presas na sobrevivência, desenvolvimento e reprodução de uma linhagem brasileira e outra colombiana de *T. notata* e concluíram que ambas as linhagens somente completaram o ciclo predando cochonilhas da família Pseudococcidae. Além disso, o tempo médio de desenvolvimento larva-adulto de *T. notata* foi semelhante ao relatado por Dreyer *et al.* (1997a) para a linhagem brasileira alimentada com *P. manihoti*, *P. madeirensis* e *F. virgata* que foi de 32,5; 34,3 e 28,5 dias, respectivamente. Observa-se ainda que o quarto instar larval de *T. notata*

corresponde à maior parte do período de desenvolvimento larval, o que é comum entre os coccinelídeos (Oliveira *et al.* 2004, Omkar & Sahu 2009, Silva *et al.* 2009, Stathas *et al.* 2011). Isto é devido à necessidade de se acumular nutrientes para empupar e passar à fase adulta (Scriber & Slansky 1981, Stathas 2000).

Quanto ao consumo de *F. virgata* por *T. notata* verificou-se que algumas larvas, e até mesmo adultos do predador atacaram, mas não chegaram a consumir a presa completamente, sobretudo as larvas menos desenvolvidas predando cochonilhas adultas. Todavia, essas presas podem ser consideradas como predadas, visto que virão a morrer em seguida em virtude das injúrias sofridas. Além disso, foram observadas variações significativas no potencial de consumo diário de *T. notata* em função da idade da presa e do predador. Ninfas neonatas de *F. virgata* foram mais predadas independentemente da idade do predador, provavelmente por serem menores (Kaur & Virk 2012) e mais ativas, oferecendo menor resistência e estimulando o ataque do predador, conforme observado por Bortoli *et al.* (2001) para *Pentilia egena* Mulsant predando *Chrysomphalus ficus* Ashmead (Hemiptera: Diaspididae). O maior consumo de ninfas que adultos de cochonilhas é relatado também para outras espécies de joaninhas (Mani 1990, Dreyer *et al.* 1997a, Kaur & Virk 2012).

Nossos resultados demonstraram que *T. notata* não completa o ciclo alimentando-se exclusivamente de *D. opuntiae* nem em ovos de *A. kuehniella*, reforçando a hipótese de se tratar de uma espécie especialista em Pseudococcidae. Esse é um ponto positivo no contexto do controle biológico, tendo em vista que espécies generalistas quando liberadas em campo, são passíveis de explorarem outras presas, inclusive espécies não-alvo. A natureza polífaga de muitos inimigos naturais representa um problema para o controle biológico (Simberloff & Stiling 1996), uma vez que a liberação de predadores generalistas pouco tem contribuído para o controle da espécie alvo (Louda *et al.* 1997). O sucesso de Coccinellidae como agente de controle biológico aplicado

iniciou com *Rodolia cardinalis* (Mulsant) (De Bach & Schlinger 1964, Caltagirone & Doutt 1989), que apresenta limitada gama de presas, restrita a poucas espécies de Margarodidae ou Coccidae (Ponsonby & Copland 1997).

Observando as premissas propostas por Hodek & Honek (1996), *F. virgata* pode ser considerada como presa essencial de *T. notata*, pois suportou seu desenvolvimento e reprodução com desempenho até superior ao alcançado por Dreyer *et al.* (1997a) alimentando-a com *P. manihoti*, considerada sua presa preferencial por estes autores. Entre as presas estudadas, ovos de *A. kuehniella* podem ser considerados como presa alternativa apenas para a manutenção de adultos de *T. notata* sem obter reprodução, ao passo que a cochonilha *D. opuntiae* parece ser tóxica ou pelo menos nutricionalmente inadequada para esse predador, uma vez que tanto as larvas quanto os adultos morreram quando confinados com esta cochonilha.

Larvas de todos os instares e adultos de *T. notata* predaram ninfas e fêmeas adultas de *F. virgata*, sendo o maior consumo de presas registrado para larvas de quarto instar do predador. Observa-se também um certo sincronismo entre o tempo de desenvolvimento larva-adulto de *T. notata* e o desenvolvimento da cochonilha *F. virgata* em algodão que dura em torno de 26 dias a 25 °C (M.D. Oliveira, dados não publicados). Característica importante no que se refere tanto à criação massal quanto à ação deste predador em campo. Este resultado corrobora outros resultados envolvendo *T. notata* tendo como presa *P. herreni* (Carrejo *et al.* 1991, Sullivan *et al.* 1991) e *P. manihoti* (Dreyer *et al.* 1997b). Dessa forma, a criação da cochonilha *F. virgata* em abóbora permite a criação de *T. notata* com sucesso em laboratório. Além disso, a taxa de consumo observada em todas as fases da cochonilha pelas diferentes fases de desenvolvimento da joaninha caracteriza *T. notata* como um potencial predador desta cochonilha, fato que confirma a sua ocorrência natural associada a plantas de algodão infestadas por esta praga.

Agradecimentos

À Dra. Alessandra Rung (Plant Pest Diagnostics Branch, California Department of Food & Commercial Agriculture) e Dr. Douglas R. Miller (Agricultural Research Service, United States Department of Agriculture, EUA) pela confirmação da espécie *F. virgata*. Aos pesquisadores, estagiários e demais funcionários do Laboratório de Entomologia da Embrapa Semiárido pela coleta e envio dos exemplares de *T. notata* de palma forrageira infestada com *D. opuntiae*. À equipe técnica do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) Pesquisadora Deise Maria Passos da Silva (IPA – Recife), Djalma Cordeiro dos Santos (IPA – Arcoverde), Fernando Lucas Torres de Mesquita e Orlando Bezerra (IPA – Sertânia), Osvaldo Ribeiro Silva (IPA – Afogados da Ingazeira) e demais funcionários pelo suporte nas coletas em *D. opuntia*. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), através do Projeto PNPd 2116/2009 pelo suporte a bolsa de estudo para P.R.R.B., e a FACEPE pela bolsa de estudo a M.D.O., e ao CNPq pela bolsa de produtividade a J.B.T.

Literatura Citada

- Adalma-Aguilera, C., C. Llanderal-Cázares, M. Soto-Hernández & L.E. Castillo-Márquez. 2005.** Producción de grana-cochinilla (*Dactylopius coccus* Costa) em plantas de nopal a la intempérie y em microtúneles. *Agrociencia* 39: 161–171.
- Banks, C.J. 1957.** The behaviour of individual coccinellidae larvae on plants. *J. Anim. Behav.* 1: 12–24.
- Baskaran, R.K.M., L.G. Lakshmi & S. Uthamasamy. 1999.** Comparative biology and predatory potential of Australian ladybird beetle (*Cryptolaemus montrouzieri*) on *Planococcus citri* and *Dactylopius tomentosus*. *Ind. J. Agric. Sci.* 69: 605–606.
- Ben-Dov, Y., D.R. Miller & G.A.P. Gibson. 2001.** ScaleNet. <http://www.sel.barc.usda.gov/scalenet/scalenet.htm>.
- Biddinger, D.J., D.C. Weber & L.A. Hull. 2009.** Coccinellidae as predators of mites: Stethorini in biological control. *Biol. Control* 51: 268–283.

- Bonte, M., M.A. Samih & P. De Clercq. 2010.** Development and reproduction of *Adalia bipunctata* on factitious and artificial foods. *BioControl* 55: 458–491.
- Bortoli, S.A., S.R. Benvenga, S. Gravena & J.E. Miranda. 2001.** Biologia de *Pentilia egena* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) e predação sobre *Chrysomphalus ficus* Ashmead (Homoptera: Diaspididae). *Bol. San. Veg. Plagas* 27: 337–343.
- Britto, E.P.J., M.G.C. Gondim Jr., J.B. Torres, K.K.M. Fiaboe, G.J. Moraes & M. Knapp. 2009.** Predation and reproductive output of the ladybird beetle *Stethorus tridens* preying on tomato red spider mite *Tetranychus evansi*. *BioControl* 54: 363–368.
- Caltagirone, L.E. & R.L. Doutt. 1989.** The history of the vedalia beetle importation to California and its impact on the development of biological control. *Annu. Rev. Entomol.* 34: 1–16.
- Carrejo, N.S., A.C. Bellotti & O.R. Gonzales. 1991.** Evaluación de algunos factores determinantes de la eficiencia de *Cleothea notata* (Col.: Coccinellidae) como depredador del piojo harinoso de la yuca *Phenacoccus herreni* (Hom.: Pseudococcidae). *Rev. Colomb. Entomol.* 17: 21–27.
- Crowder, D.W. 2006.** Impact of release rates on the effectiveness of augmentative biological control agents. *J. Insect Sci.* 7: 1–11.
- De Bach, P. & E.I. Schlinger. 1964.** *Biological Control of Insect Pests and Weeds.* London, Chapman and Hall, 844p.
- De Clercq, P., M. Bonte, K. Van Speybroeck, K. Bolckmans & K. Deforce. 2005.** Development and reproduction of *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) on eggs of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Phycitidae) and pollen. *Pest.Manag. Sci.* 61: 1129–1132.
- Delfosse, E.S. 2005.** Risks and ethics in biological control. *Biol. Control* 35: 319–329.
- Dixon, A.F.G. & B.K. Agarwala. 2002.** Triangular fecundity function and ageing in ladybird beetles. *Ecol. Entomol.* 27: 433–440.
- Dreyer, B.S., P. Neuenschwander, J. Baumgärtner & S. Dorn. 1997a.** Trophic influences on survival, development and reproduction of *Hyperaspis notata* (Col., Coccinellidae). *J. Appl. Entomol.* 121: 249–256.
- Dreyer, B.S., P. Neuenschwander, B. Bouyjou, J. Baumgärtner & S. Dorn. 1997b.** The influence of temperature on the life table of *Hyperaspis notata*. *Entomol. Exp. Appl.* 84: 85–92.
- Duque, J.G. 1964.** O Nordeste e as lavouras xerófilas. Fortaleza, Banco do Nordeste do Brasil, 238p.
- Eisner, T. & S. Nowicki. 1980.** Red cochineal dye (carminic acid): its role in nature. *Science* 208: 1039–1042.

- Ferreira, M. de A., F.M. Silva, S.V. Bispo & M. Azevedo. 2009.** Estratégias na suplementação de vacas leiteiras no semiárido brasileiro. *Rev. Bras. Zootec.* 38: 322–329.
- Fiaboe, K.K.M., M.G.C. Gondim Jr., G.J. de Moraes, C.K.P.O. Ogot & M. Knapp. 2007.** Bionomics of the acarophagous ladybird beetle *Stethorus tridens* fed *Tetranychus evansi*. *J. Appl. Entomol.* 131: 355–361.
- Final IRA. 2004.** Mealybugs: *Ferrisia virgata* (Cockerell, 1893) (Hemiptera: Pseudococcidae), p. 115–121. In Longan and lychee fruit from the People's Republic of China and Thailand - Final Import Risk Analysis Report: Part B. Commonwealth of Australia, 176p.
- Franco, J.C., P. Suma, E.B. da Silva, D. Blumberg & Z. Mendel. 2004.** Management strategies of mealybug pests of citrus in Mediterranean countries. *Phytoparasitica* 32: 507–522.
- Ghafoor, A., I. Saba, M.S. Khan, H.A. Farooq, Zubaida & I. Amjad. 2011.** Predatory potential of *Cryptolaemus montrouzieri* for cotton mealybug under laboratory conditions. *J. Anim. Pl. Sci.* 21: 90–93.
- Ghuri, A.S.K. 1960.** Insect Pests of Pakistan. Bangkok, Thailand, FAO Regional Office for Asia and the Far East, 34p. (FAO Technical Bulletin 8).
- Giorgi, J.A., N.J. Vandenberg, J.V. McHugh, J.A. Forrester, S.A. Slipinski, K.B. Miller, L.R. Shapiro, M.F. Whiting. 2009.** The evolution of food preferences in Coccinellidae. *Biol. Control* 51: 215–231.
- Githure, C.W., H.G. Zimmerman & J.H. Hoffmann. 1999.** Host specificity of biotypes of *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae): prospects for biological control of *Opuntia stricta* (Haworth) Haworth (Cactaceae) in Africa. *African Entomol.* 7: 43–48.
- Hagen, K.S. 1962.** Biology and ecology of predaceous Coccinellidae. *Annu. Rev. Entomol.* 7: 289–326.
- Hagen, K.S. & R.V.D. Bosch. 1968.** Impact of pathogens, parasites, and predators on aphids. *Annu. Rev. Entomol.* 13: 325–84.
- Hagen, K.S. 1974.** The significance of predaceous Coccinellidae in biological and integrated control of insects. *Entomophaga* 7: 25–44.
- Herren, H.R. & P. Neuenschwander. 1991.** Biological control of cassava pests in Africa. *Annu. Rev. Entomol.* 36: 257–83.
- Hodek, I. & A. Honek. 1996.** Ecology of Coccinellidae. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 464p.
- Hodek, I. & A. Honek. 2009.** Scale insects, mealybugs, whiteflies and psyllids (Hemiptera, Sternorrhyncha) as prey of ladybirds. *Biol. Control* 51: 232–243.

- Hoffmann, J.H., F.A.C. Impson & C.R. Volchansky. 2002.** Biological control of cactus weeds: implications of hybridization between control agent biotypes. *J. Appl. Ecol.* 39: 900–908.
- Hosking, J.R., P.R. Sullivan & S.M. Welsby. 1994.** Biological control of *Opuntia stricta* (Haw.) Haw. var. *stricta* using *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) in an area of New South Wales, Australia, where *Cactoblastis cactorum* (Berg) is not a successful biological control agent. *Agric. Ecosys. Environ.* 48: 241–255.
- Kato, C.M., V.H.P. Bueno, J.C. Moraes & A.M. Auad. 1999.** Criação de *Hippodamia convergens* Guérin-Meneville (Coleoptera: Coccinellidae) em Ovos de *Anagasta kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). *An. Soc. Entomol. Brasil* 28: 455–459.
- Kaur, H. & J.S. Virk. 2012.** Feeding potential of *Cryptolaemus montrouzieri* against the mealybug *Phenacoccus solenopsis*. *Phytoparasitica* 40: 131–136.
- Liu, T.X. & P.A. Stansly. 1996.** Morphology of *Nephaspis oculatus* and *Delphastus pusillus* (Coleoptera: Coccinellidae), predators of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae). *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 98: 292–300.
- Loehr, B., A.M. Varela & B. Santos. 1990.** Explorations for natural enemies of the cassava mealybug *Phenacoccus manihoti* (Homoptera: Pseudococcidae), in South America for the biological control of this pest introduced in Africa. *Bull. Entomol. Res.* 80: 417–425.
- Louda, S.M., D. Kendall, J. Connor & D. Simberloff. 1997.** Ecological effects of an insect introduced for the biological control of weeds. *Science* 277: 1088–1090.
- Lundgren, J.G. 2009.** Nutritional aspects of non-prey foods in the life histories of predaceous Coccinellidae. *Biol. Control* 51: 294–305.
- Mani, M. 1990.** The grapevine mealybug. *Ind. Hortic.* 35: 28–29.
- Mathenge, C.W., P. Holford, J.H. Hoffmann, R. Spooner-Hart, G.A.C. Beattie & H.G. Zimmermann. 2009.** The biology of *Dactylopius tomentosus* (Hemiptera: Dactylopiidae). *Bull. Entomol. Res.* 99: 551–559.
- Michaud, J. P. 2005.** On assessment of prey suitability in aphidophagous Coccinellidae. *Eur. J. Entomol.* 102: 385–390.
- Michaud, J.P. & A.K. Grant. 2005.** Suitability of pollen sources for the development and reproduction of *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae) under simulated drought conditions. *Biol. Control* 32: 363–370.
- Michaud J.P. & J.L. Jyoti. 2008.** Dietary complementation across life stages in the polyphagous lady beetle *Coleomegilla maculata*. *Entomol. Exp. Appl.* 126: 40–45.
- Obrycki, J.J. 1998.** Predaceous coccinellidae in biological control. *Annu. Rev. Entomol.* 43: 295–321.

- Oliveira, N.C. de, C.F. Wilcken & C.A.O. Matos. 2004.** Ciclo biológico e predação de três espécies de coccinelídeos (Coleoptera, Coccinellidae) sobre o pulgão-gigante-do-pinus *Cinara atlantica* (Wilson) (Hemiptera, Aphididae). Rev. Bras. Entomol. 48: 529–533.
- Omkar, M.G. 2005.** Preference–performance of a generalist predatory ladybird: a laboratory study. Biol. Control 34: 187–195.
- Omkar, G.K. & J. Sahu. 2009.** Performance of a predatory ladybird beetle, *Anegleis cardoni* (Coleoptera: Coccinellidae) on three aphid species. Eur. J. Entomol. 106: 565–572.
- Paterson, I.D., J.H. Hoffmann, H. Klein, C.W. Mathenge, S. Naser & H.G. Zimmermann. 2011.** Biological control of cactaceae in South Africa. Afr. Entomol. 19: 230–246.
- Pilipjuk, V.I., L.N. Bugaeva & E.V. Baklanova. 1982.** On the possibility of breeding of the predatory beetle *Cryptolaemus montrouzieri* Muls. (Coleoptera, Coccinellidae) on the eggs of *Sitotroga cerealella* Ol. Entomol. Obozr. 1: 50–52.
- Ponsonby, D.J. & M.J.W. Copland. 1997.** Coccinellidae and other coleopteran, p. 29–60. In Ben-Dov, Y. & C.J. Hodgson (eds.), Soft scale insects: their biology, natural enemies, and control. Amsterdam, Elsevier, 452p.
- Sabaghi, R., A. Sahragard & R. Hosseini. 2011.** Functional and numerical responses of *Scymnus syriacus* Marseul (Coleoptera: Coccinellidae) to the black bean aphid, *Aphis fabae* Scopoli (Hemiptera: Aphididae) under laboratory conditions. J. Pl. Prot. Res. 51: 423–428.
- SAS Institute. 2001.** SAS User`s guide: statistic version 8 for Windows. SAS Institute, Cary, NC.
- Sanches, N.F. & R.S. Carvalho. 2010.** Procedimentos para manejo da criação e multiplicação do predador exótico *Cryptolaemus montrouzieri*. Cruz das Almas, EMBRAPA, 5p. (Circular Técnica 99).
- Santos, D.C., I. Farias, M.A. Lira, M.V.F.dos Santos, G.P. Arruda, R.S.B. Coelho, F.M. Dias & J.N. Melo. 2006.** Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*) em Pernambuco. Recife, Instituto Agrônômico de Pernambuco, 48p. (IPA. Documentos, 30).
- Scriber, J. M. & F.J. Slansky. 1981.** The nutritional ecology of immature insects. Annu. Rev. Entomol. 26: 183–211.
- Seagraves, M.P. 2009.** Lady beetle oviposition behavior in response to the trophic environment. Biol. Control 51: 313–322.
- Silva, R.B., J.C. Zanuncio, J. E. Serrão, E.R. Lima, M.L.C. Figueiredo & I. Cruz. 2009.** Suitability of different artificial diets for development and survival of stages of the predaceous ladybird beetle *Eriopis connexa*. Phytoparasitica 37: 115–123.
- Silva, M.G.S., J.C.B. Dubeux Júnior, L.C.S.L. Assis, D.L. Mota, L.L.S. Silva, M.V.F.dos Santos & D.C. Santos. 2010.** Anatomy of different forage cacti with contrasting insect resistance. J. Arid Environ. 74: 718–722.

- Simberloff, D. & P. Stiling. 1996.** How risky is biological control? *Ecology* 77: 1965–1974.
- Specty, O., G. Febvay, S. Grenier, B. Delobel, C. Piotte, J.P. Pageaux, A. Ferran & J. Guillaud. 2003.** Nutritional plasticity of the predatory ladybeetle *Harmonia axyridis* (Coleoptera: Coccinellidae): comparison between natural and substitution prey. *Arch. Insect Biochem. Physiol.* 52: 81–91.
- Stathas, G. J. 2000.** *Rhyzobius lophanthae* prey consumption and fecundity. *Phytoparasitica* 28: 203–211.
- Stathas, G.J., D.C. Kontodimas, F. Karamaouna & S. Kampouris. 2011.** Thermal requirements and effect of temperature and prey on the development of the predator *Harmonia axyridis*. *Physiol. Ecol.* 40: 1541–1545.
- Sullivan, D.J., J.A. Castillo & A.C. Bellotti. 1991.** Comparative biology of six species of coccinellid beetles (Coleoptera: Coccinellidae) predaceous on the mealybug, *Phenacoccus herreni* (Homoptera: Pseudococcidae), a pest on cassava in Colombia, South America. *Environ. Entomol.* 20: 685–689.
- Vanegas-Rico, J.M., J.R. Lomeli-Flores, E. Rodríguez-Leyva, G. Mora-Aguilera & J.M. Valdez. 2010.** Enemigos naturales de *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) en *Opuntia ficus-indica* (L.) Miller en el centro de México. *Acta Zool. Mex.* 26: 415–433.
- vanLenteren, J.C., J. Bale, F. Bigler, H.M.T. Hokkanen & A.J.M. Loomans. 2006.** Assessing risks of releasing exotic biological control agents of arthropod pests. *Annu. Rev. Entomol.* 51: 609–634.
- Vieira, G.F., V.H.P. Bueno & A.M. Auad. 1997.** Resposta funcional de *Scymnus* (Pullus) *argentinicus* (Weise) (Coleoptera: Coccinellidae) a diferentes densidades do pulgão verde *Schizaphis graminum* (Rond.) (Homoptera: Aphididae). *An. Soc. Entomol. Brasil* 26: 495–502.
- Volchansky, C.R., J.H. Hoffmann & H.G. Zimmermann. 1999.** Host-plant affinities of two biotypes of *Dactylopius opuntiae* (Homoptera: Dactylopiidae): enhanced prospects for biological control of *Opuntia stricta* (Cactaceae) in South Africa. *J. Appl. Ecol.* 36: 85–91.
- Weber, D.C. & J.G. Lundgren. 2009.** Assessing the trophic ecology of the Coccinellidae: Their roles as predators and as prey. *Biol. Control* 51: 199–214.

Tabela 1. Duração média (\pm EP) e viabilidade (%) das fases imaturas e peso de adultos de *Tenuisvalvae notata* criada com *Ferrisia virgate*, *Dactylopius opuntiae* ou ovos de *Anagasta kuehniella*. Temp.: 25 ± 2 °C, UR: $60 \pm 10\%$, 12L:12E.

Características	<i>Ferrisia virgate</i>	<i>Dactylopius opuntiae</i>	<i>Anagasta kuehniella</i>
Duração (dias)			
Primeiro instar	$2,8 \pm 0,09$ (83,3%)	$1,8 \pm 0,12^1$ (0%)	$0,12 \pm 0,04^1$ (0%)
Segundo instar	$3,1 \pm 0,14$ (100%)	- ²	- ²
Terceiro instar	$4,4 \pm 0,18$ (100%)	-	-
Quarto instar	$6,0 \pm 0,22$ (100%)	-	-
Pré-pupa	$2,8 \pm 0,09$ (100%)	-	-
Pupa	$10,9 \pm 0,11$ (100%)	-	-
Larva-adulto	$30,0 \pm 0,37$ (83,3%)	-	-
Razão sexual	0,56		
Peso macho (mg)	$4,3 \pm 0,09$	-	-
Peso fêmea (mg)	$5,3 \pm 0,10$	-	-

¹Período que a larva viveu neste instar confinadas com essas presas.

²Não há dados disponíveis porque todas as larvas morreram durante o primeiro instar.

Tabela 2. Média diária (\pm EP) de ninfas e fêmeas de *Ferrisia virgata* predadas por larvas e fêmeas de *Tenuisvalvae notata*. Temp.: 25 ± 2 °C, UR: $60 \pm 10\%$, 12L:12E.

Predador	Número de presas consumidas ¹			Estatística
	Ninfas neonatas	Ninfas de 3 ^o instar	Fêmeas	
Larva neonata	50,3 \pm 3,09 Ab ¹	1,0 \pm 0,15 Bd ¹	0,5 \pm 0,17 Bc ¹	F _{2,27} = 598,80; P < 0,0001
Larva 2 ^o instar	57,5 \pm 4,67 Ab	3,7 \pm 0,45 Bbc	1,3 \pm 0,21 Cbc	F _{2,27} = 329,15; P < 0,0001
Larva 3 ^o instar	71,5 \pm 3,42 Aa	4,8 \pm 0,80 Bb	1,4 \pm 0,16 Cbc	F _{2,27} = 611,41; P < 0,0001
Larva 4 ^o instar	83,7 \pm 2,44 Aa	11,4 \pm 0,79 Ba	5,0 \pm 0,33 Ca	F _{2,27} = 858,93; P < 0,0001
Fêmeas	76,1 \pm 2,12 Aa	2,7 \pm 0,47 Bc	2,2 \pm 0,25 Cb	F _{2,27} = 1133,78; P < 0,0001
Estatística	F _{4,45} = 17,50; P < 0,0001	F _{4,45} = 41,56; P < 0,0001	F _{4,45} = 55,37; P < 0,0001	

¹Médias (\pm EP) seguidas da mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey HSD (P > 0,05).

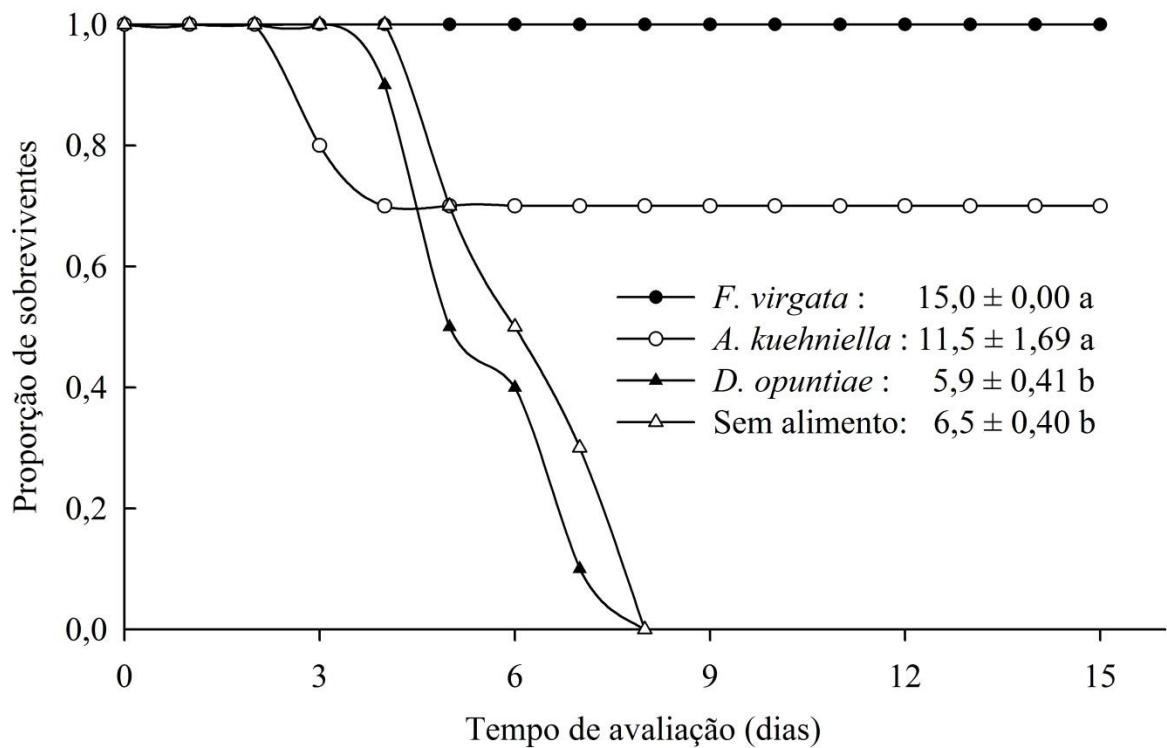


Figura 1. Sobrevivência de fêmeas de *Tenuisvalvae notata* alimentadas com as cochonilhas *Ferrisia virgata* ou *Dactylopius opuntiae*, ovos de *Anagasta kuehniella* ou mantidas sem alimento durante 15 dias de observações. Legenda representada pela sobrevivência calculada pelo método Kaplan-Meier em dias (média \pm EP). Médias seguidas pela mesma letra não diferem pelo teste Log-Rank por pares de comparação ($P > 0,05$).

CAPÍTULO 3

PREDAÇÃO, SOBREVIVÊNCIA E REPRODUÇÃO DA JOANINHA PREDADORA
Tenuisvalvae notata (MULSANT) (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) EM FUNÇÃO DA
DISPONIBILIDADE DA PRESA *Ferrisia virgata* COCKERELL (HEMIPTERA:
PSEUDOCOCCIDAE)

PAULO R.R. BARBOSA¹, MARTIN D. OLIVEIRA¹, JOSÉ A. GIORGI², CHRISTIAN S.A. SILVA-TORRES¹ E
JORGE B. TORRES¹

¹Departamento de Agronomia – Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua
Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, CEP 52171-900, Recife, PE.

²Faculdade de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará. Rua José Porfírio, 2515, São
Sebastião, CEP 68372-040, Altamira, PA.

¹Barbosa, P.R.R., M.D. Oliveira, J.A. Giorgi, C.S.A. Silva-Torres & J.B. Torres. Predação, sobrevivência e reprodução da joaninha predadora *Tenuisvalvae notata* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) em função da disponibilidade da presa *Ferrisia virgata* Cockerell (Hemiptera: Pseudococcidae). A ser submetido.

RESUMO – A disponibilidade de presas para insetos predadores em campo é instável, o que requer adaptações no seu comportamento de predação, reprodução e sobrevivência para se estabelecerem nos agroecossistemas. Assim, este estudo investigou a resposta funcional de *Tenuisvalvae notata* (Mulsant) predando *Ferrisia virgata* Cockerell, bem como o seu desempenho reprodutivo e sobrevivência quando submetida a imprevisibilidade de alimento mediante a escassez de presas. Fêmeas de *T. notata* apresentaram resposta funcional do tipo III predando ninfas neonatas de *F. virgata*, e do tipo II ao predação ninfas de terceiro instar e fêmeas adultas desta cochonilha. Baseado nos resultados da resposta funcional estima-se que fêmeas de *T. notata* podem consumir até 157,9 ninfas neonatas, 3,6 ninfas de terceiro instar ou 2,2 fêmeas adultas de *F. virgata* por dia. Já a partir de um dia sem alimentação, a reprodução e sobrevivência de *T. notata* são significativamente afetadas. Por outro lado, a alimentação diária de *T. notata* em *F. virgata* resulta em 1,23 ovos produzidos para cada ninfa de terceiro instar consumida em 150 dias de observações. Ao final dos 150 dias de observações, fêmeas de *T. notata* alimentadas diariamente, a intervalos de um e dois dias, apresentaram sobrevivência média de 47, 13 e 20% respectivamente, enquanto que aquelas alimentadas em intervalos de 4 e 8 dias sobreviveram em média, 12,5 e 6,9 dias, respectivamente. O incremento de predação em função da disponibilidade de presas e a redução drástica na taxa reprodutiva apresentados por *T. notata* sob escassez de presas, sugerem significativa resposta de *T. notata* às variações na disponibilidade de presas nos agroecossistemas e sua afinidade como predadora de *F. virgata*.

PALAVRAS CHAVE: Coccidofagia, cochonilha de listra, predação, biologia

PREDATION, SURVIVAL AND REPRODUCTION OF *Tenuisvalvae notata* (MULSANT)
(COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) AS FUNCTION OF THE PREY *Ferrisia virgata*
COCKERELL (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE) AVAILABILITY

ABSTRACT – The availability of prey for predaceous insects in the agroecosystems can be uncertain, and thus requiring adjustment in their life history to their maintenance. Thus, this study investigated the functional response of *Tenuisvalvae notata* (Mulsant) preying *Ferrisia virgata* Cockerell and its performance when subjected to prey unpredictability through prey scarcity. Females of *T. notata* exhibited a type III functional response preying upon neonate *F. virgata* nymphs and a type II functional response preying upon third instar nymphs and adults. Based on the functional response parameter handling time, females of *T. notata* consume up to 157.9 neonate nymphs, 3.6 third-instar nymphs and 2.2 females of *F. virgata*. Under prey scarcity, *T. notata* female subjected to one day of feeding interval had already exhibited significant effect on reproduction and survivorship. On the other hand, female fed daily and observed during 150 days produced on average 1.23 eggs per third-instar nymph of *F. virgata* consumed. Further, at 150 days after subjecting to the prey scarcity, females *T. notata* daily fed, at one and two days intervals, showed survival average 47, 13 and 20%. Otherwise, females fed at four and eight days intervals survived only 12.5 and 6.9 days, respectively. The increasing in prey consumption as function of prey availability and sharp reduction in reproduction under prey scarcity suggest a significant response of *T. notata* to the unpredictability of prey and its strong association to the prey *F. virgata*.

KEY WORDS: Coccidophagy, Stripped mealybug, predation, biology

Introdução

Um predador com potencial para ser utilizado na regulação populacional de sua presa, deve apresentar características fisiológicas e comportamentais que o permita atuar densidade dependente em função da disponibilidade de presa. Nos agroecossistemas, a disponibilidade de presas é variável, tanto pela sua natural flutuação populacional como também pelo efeito antrópico oriundo da aplicação de métodos de controle. De acordo com Stearns (1992) alguns predadores possuem a habilidade fisiológica de reduzir sua fecundidade e priorizar a energia para a sua sobrevivência quando submetidos a escassez de presas, adaptando-se às inconstâncias de oferta de alimento. Assim, compreender as adaptações dos predadores às condições bióticas e abióticas do ambiente é de grande relevância para a sua utilização no manejo integrado de pragas. Dessa forma, a resposta funcional e escassez de alimento são importantes fatores a serem considerados em relação ao uso eficiente de predadores em programas de controle biológico.

A joaninha *Tenuisvalvae notata* (Mulsant) (= *Hyperaspis notata*) (Coleoptera: Coccinellidae) é uma espécie predadora que tem como presas preferenciais cochonilhas Pseudococcidae (Dreyer 1997a, b, Cap, 2). Esta espécie é natural da América do Sul e foi introduzida na África na década de 1980 como agente de controle biológico da cochonilha da mandioca *Phenacoccus manihoti* Matille-Ferrero (Hemiptera: Pseudococcidae) (Herren & Neuenschwander 1991, Chakupurakal *et al.* 1994). O efeito da temperatura e de diferentes fontes de alimento sobre parâmetros biológicos de *T. notata* foram investigados por Dreyer *et al.* (1997a, b), mas seu comportamento de predação, sobrevivência e reprodução frente às variações na disponibilidade de presas ainda são desconhecidos.

A cochonilha de listra *Ferrisia virgata* Cockerell (Hemiptera: Pseudococcidae), é uma espécie cosmopolita e altamente polífaga, registrada em diversas partes do mundo sobre plantas de pelo menos 150 gêneros e 68 famílias, sendo muitas destas de importância agrícola (Ben-Dov

2001, Final IRA 2004). No Paquistão essa cochonilha já foi considerada, dentre os insetos sugadores, a principal praga do algodoeiro (Ghouri 1960), na Índia altas infestações foram observadas em plantas de pumelo, *Citrus grandis* (Swingle) (Mani & Krishnamoorthy 2008), e no Brasil, ela vem se destacando como potencial praga do algodoeiro (Silva-Torres *et al.* 2012).

Apesar de o controle químico ser uma das táticas de manejo mais utilizada no controle de Pseudococcidae, a gama de inseticidas efetivos é muito limitada e, em alguns casos, o controle biológico se apresenta como a melhor estratégia (Franco *et al.* 2004). Dentre os predadores utilizados no controle de Pseudococcidae destacam-se além de *T. notata*, outros coccinelídeos como *Nephus reunioni* Fürsch (Franco *et al.* 2004) e *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Mani & Krishnamoorthy 2008, Ghafoor *et al.* 2011, Kaur & Virk 2012).

Dependendo do predador, da disponibilidade de presa e do ambiente envolvido nesta interação, a resposta de consumo de presas pelo predador pode resultar em aumento linear (resposta funcional tipo I), desaceleração na taxa de predação atingindo uma assíntota (resposta funcional tipo II), ou uma relação sigmóide (resposta funcional tipo III) (Juliano 2001). Um agente de controle biológico com resposta funcional do tipo III apresenta maior potencial em regular a população de presas porque, neste caso, a proporção de presas atacadas aumenta com o aumento da sua densidade (Solomon 1949, Oaten & Murdoch 1975). Entretanto, a resposta funcional tipo II, é a mais comumente observada para predadores invertebrados (van Lenteren & Bakker 1976).

Com base na resposta do predador à disponibilidade de presas, Solomon (1949) propôs os conceitos de respostas funcional (resultante do consumo de presas pelo predador) e numérica (resultante da reprodução e agregação do predador), os quais são aceitos até hoje. A resposta funcional é determinada basicamente por dois parâmetros: o tempo de manipulação da presa (T_h) que consiste no tempo requerido para capturar, matar e ingerir cada presa e a taxa de ataque (a')

representada pelo tempo requerido para encontrar e capturar a presa em função da área disponível (Hassell 1978, Casas *et al.* 1993, Aljetlawi *et al.* 2004), enquanto que a resposta numérica está relacionada à conversão de presas consumidas em descendentes produzidos ou atraídos. Uma vez que ambas são influenciadas pela disponibilidade de presas, as respostas funcional e numérica estão interligadas, e podem caracterizar a eficácia do predador sobre uma determinada presa, pois a constante proporcionalidade entre resposta funcional e numérica indica a eficiência com que o predador converte presas consumidas em novos predadores (Torres *et al.* 2004). Dessa forma, a resposta funcional, somada ao potencial reprodutivo do predador em função da disponibilidade de presas, fornece informações importantes sobre os mecanismos relacionados à dinâmica predador-presa (Aljetlawi *et al.* 2004, Milonas *et al.* 2011).

A sobrevivência e reprodução dos insetos predadores são frequentemente determinadas empregando-se diferentes densidades e tamanhos de presas (Hodek & Honek 1996, Britto *et al.* 2009, Sabaghi *et al.* 2011). No entanto, Oliveira *et al.* (2002) relatam que avaliar o potencial desses predadores sob condições de escassez de alimento também é importante, uma vez que, no campo, esta é uma situação imprevisível decorrente de baixas populações em fase inicial de colonização, como consequência da aplicação de inseticidas ou, ainda, devido à ação de outros agentes de controle biológico. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o consumo, sobrevivência e desempenho reprodutivo de fêmeas de *T. notata*, em função da disponibilidade de *F. virgata* como presa.

Material e Métodos

Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Comportamento de Insetos da Área de Fitossanidade do Departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Origem e Criação do Predador e da Presa. Adultos de *T. notata* foram coletados sobre plantas de algodão infestadas por *Phenacoccus solenopsis* Tinsley (Hemiptera: Pseudococcidae) e *F. virgata* no município de Surubim, PE (07°49'59" S, 35°45'17" O) e sobre *Opuntia ficus-indica* Miller infestada por *Dactylopius opuntiae* Cockerell (Hemiptera: Dactylopiidae) no município de Dormentes, PE (09°04'15" S, 40°19'5,4" O). Em seguida, esses predadores foram levados ao laboratório para o estabelecimento da colônia de manutenção, sendo confinados em caixas de acrílico de 40x25x20 cm (comprimento x altura x largura) com aberturas circulares (10 cm de diâmetro) fechadas com tecido organza para favorecer o arejamento interno, e alimentados com a cochonilha *F. virgata*. Esta cochonilha foi coletada em plantas de algodão na área experimental do Departamento de Agronomia da UFRPE e tem sido mantida no referido laboratório sobre abóboras da variedade "Jacarezinho" adquiridas periodicamente no Centro de Abastecimento Alimentar de Pernambuco (CEASA-PE), seguindo metodologia adaptada de Sanches & Carvalho (2010).

Resposta Funcional de *Tenuisvalvae notata* em *Ferrisia virgata*. Neste estudo foi determinada a taxa de predação de *T. notata* sobre *F. virgata* em diferentes densidades e estágios de desenvolvimento. Foram utilizadas fêmeas de *T. notata* com cinco a 10 dias de idade e como presas empregaram-se ninfas neonatas, ninfas de terceiro instar e fêmeas de *F. virgata*. Para ninfas neonatas foram testadas sete densidades: 40, 80, 120, 140, 160, 200 e 240 ninfas com 16, 14, 12, 10, 8, 6 e 6 repetições, respectivamente. Para ninfas de terceiro instar e fêmeas adultas foram estudadas cinco densidades: 2, 4, 6, 8 e 10 ninfas e 1, 2, 4, 6, e 8 fêmeas adultas de *F. virgata*, empregando-se 18, 16, 14, 12 e 10 repetições, respectivamente. Estas densidades foram estabelecidas a partir da taxa média de consumo diária obtida em testes preliminares. Em função do tempo exigido para a contagem de ninfas para o estabelecimento das referidas densidades, os experimentos foram instalados separadamente para cada idade da presa.

As cochonilhas foram ofertadas sobre discos de folhas de algodão de 5,0 cm de diâmetro previamente lavadas com água, detergente neutro e hipoclorito de sódio a 0,5%. Ao secarem, os discos foliares foram dispostos em placas de Petri de 5,5 cm de diâmetro forradas com papel de filtro levemente umedecido com água destilada e, posteriormente, infestados com as cochonilhas nas respectivas densidades. Ninfas neonatas, ninfas de terceiro instar e fêmeas de *F. virgata* foram transferidas de abóboras infestadas da colônia de manutenção para os discos de folhas de algodão com auxílio de pincel de cerdas macias sob esteromicroscópio (Motic, SMZ-168) até completar a densidade desejada. Em seguida, as placas foram fechadas com filme plástico de PVC e acondicionadas em sala climatizada a 25 ± 2 °C, UR de $60 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 12:12h (L:E) por 24h para que as cochonilhas se estabelecessem. No mesmo dia as joaninhas foram confinadas em caixas plásticas contendo apenas algodão hidrófilo umedecido em água, onde permaneceram privadas de alimentação por 24h para igualar o nível de saciedade.

No dia seguinte à transferência das cochonilhas para os discos foliares, o número de presas em cada repetição das respectivas densidades foi aferido e ajustado quando necessário. Cada joaninha foi então pesada em balança com precisão de 0,001g (Bioprecisa, FA-2104N) e transferida individualmente para as placas de Petri de acordo com o tratamento correspondente, onde permaneceu por 24h em câmara climática tipo B.O.D. (Biochemical Oxygen Demand) regulada a 25 ± 1 °C; $60 \pm 10\%$ de UR e 12h de fotofase para consumo das presas. Após esse período, o número de presas vivas remanescentes em cada repetição, bem como o número de joaninhas vivas em cada tratamento foi contabilizado e estas últimas foram novamente pesadas para determinação do ganho de peso em função da densidade de presas ofertada.

O tipo de resposta funcional foi determinado a partir da regressão logística da proporção de presas consumidas em função da densidade de presas ofertada utilizando o Proc CADMOD do SAS seguindo o procedimento proposto por Juliano (1993). Em seguida, os parâmetros da

resposta funcional, T_h (tempo de manipulação) e a' (taxa de ataque) foram estimados utilizando regressão não linear empregando o Proc NLIN do SAS, também, como descrito por Juliano (1993). Os resultados do consumo e ganho de peso médios em função da densidade de presas ofertadas foram submetidos a análise de variância pelo Proc ANOVA do SAS (SAS Institute 2001) e comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Sobrevivência e Oviposição de *Tenuisvalvae notata* Submetida a Diferentes Intervalos de Oferta de Presa. Para investigar a resposta da joaninha *T. notata* à escassez de presas, foram estabelecidos cinco tratamentos caracterizados pelos intervalos de oferta de presa: seis ninfas de terceiro instar de *F. virgata* ofertadas diariamente (intervalo 0); ou a intervalos de um, dois, quatro e oito dias (intervalos 1, 2, 4, e 8, respectivamente). Assim, o experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado composto por cinco tratamentos e 15 repetições cada, sendo cada repetição representada por um casal de *T. notata* proveniente da colônia de manutenção, com idade entre cinco a 10 dias no momento da instalação do experimento.

As cochonilhas, coletadas a partir de abóboras infestadas, foram ofertadas seguindo a mesma metodologia descrita no experimento anterior e as placas contendo as joaninhas e presas foram mantidas em sala climatizada a 25 ± 2 °C, UR de $60 \pm 10\%$ e fotoperíodo de 12:12h (L:E) sendo observadas diariamente por 150 dias.

As placas foram diariamente observadas em estereomicroscópio (Motic, SMZ-168) para contabilização das posturas e remoção dos ovos, contabilização das presas consumidas pelo casal e também quanto à mortalidade das fêmeas de *T. notata*. No tratamento intervalo 0 (oferta diária de presas), a densidade de seis ninfas de terceiro instar de *F. virgata* era repostada diariamente. Para as joaninhas submetidas aos demais tratamentos, a reposição de presas era realizada a cada intervalo pré-determinado e as presas vivas remanescentes no dia seguinte à oferta eram removidas da placa. O papel de filtro e os discos foliares de cada tratamento foram trocados a

cada cinco dias ou sempre que necessário e os machos das joaninhas mortos eram substituídos por outros de mesma idade para evitar perda de fecundidade e fertilidade em decorrência da falta de cópula.

A sobrevivência específica das fêmeas de *T. notata* submetidas à alimentação diária ou aos diferentes intervalos de oferta de presa foi estimada empregando-se o método Kaplan-Meier e as curvas de sobrevivência comparadas pelo teste Log-Rank utilizando o Proc LIFETEST do SAS (SAS Institute 2001). A fecundidade de fêmeas de *T. notata* durante 150 dias de observações em resposta aos diferentes intervalos de oferta de presa ajustou-se ao modelo de regressão não linear devido ao comportamento dos resultados observados (SigmaPlot[®] 10.0 for Windows) usando o PROC Regression Wizard - Equation. Para calcular a eficiência de conversão alimentar, que corresponde à quantidade de ovos produzidos para cada presa consumida, as posturas dos três primeiros dias de todas as fêmeas após serem submetidas às diferentes condições de oferta de presa foram desconsideradas, uma vez que estas poderiam ser reflexo da alimentação abundante obtida ainda na colônia de manutenção e não efeito dos tratamentos propriamente ditos. Assim, em outra etapa, os resultados da fecundidade, número de posturas, consumo e eficiência de conversão alimentar durante 147 dias de observações, foram transformados em $\log(x+1)$ para atender aos requisitos de normalidade e homogeneidade de variância e, então, submetidos a ANOVA e comparados pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Resposta Funcional de *Tenuisvalvae notata* em *Ferrisia virgata*. Fêmeas de *T. notata* predando ninfas neonatas de *F. virgata* (<24h de idade) exibiram resposta funcional do tipo III, enquanto que predando ninfas de terceiro instar e fêmeas desta mesma cochonilha apresentaram resposta funcional do tipo II (Tabela 1). A resposta funcional tipo III encontrada para *T. notata* predando

ninfas neonatas indica uma resposta de predação densidade dependente, representada inicialmente pelo aumento na proporção de ninfas consumidas com posterior desaceleração do consumo, que pode ser mediado por fatores como saciedade e tempo para manipulação da presa. A resposta funcional tipo II encontrada para ninfas de terceiro instar e fêmeas adultas da cochonilha, por outro lado, consiste na desaceleração do número de presas consumidas em função do aumento na sua disponibilidade, e corresponde ao tipo de resposta de predação mais comum entre os coccinelídeos: *Harmonia axyridis* Pallas (Lee & Kang 2004), *Propylea dissecta* Mulsant, *Cheilomenes sexmaculata* Fabr. e *Coccinella transversalis* Fabr. (Omkar & Pervez 2004, Pervez & Omkar 2005), *Stethorus tridens* Gordon (Britto *et al.* 2009), *Adalia fasciatopunctata revelierei* Mulsant (Atlihan *et al.* 2010), *Hippodamia variegata* Goeze (Saleh *et al.* 2010), *Nephus includens* Kirsch (Milonas *et al.* 2011) e *Scymnus syriacus* Marseul (Sabaghi *et al.* 2011).

A proporção de consumo de *F. virgata* nos diferentes estágios de desenvolvimento por fêmeas de *T. notata* variou significativamente. Fêmeas de *T. notata* consumiram aproximadamente 38%, 62% e 48% das ninfas neonatas de *F. virgata* quando ofertadas nas densidades de 40, 160 e 240 ninfas, respectivamente (Tabela 3). Por outro lado, o consumo de ninfas de terceiro instar de *F. virgata* por fêmeas de *T. notata* variou de 1,8 presas na menor densidade (90%) a 3,3 presas na maior densidade ofertada (33%), ao passo que para fêmeas de *F. virgata* o consumo variou de 0,8 a 1,9 presas (80% a 24%), entre a menor e a maior densidade ofertada, respectivamente (Tabela 3). A maior proporção de consumo nas menores densidades de presa é um resultado típico de resposta funcional tipo II, e indica que o predador é mais efetivo em regular populações de presas sob baixas densidades (Atlihan *et al.* 2010).

Tanto a taxa de ataque quanto o tempo de manipulação apresentados por *T. notata* predando ninfas neonatas de *F. virgata* foram significativamente inferiores quando comparados ao estimado para ninfas de terceiro instar ou fêmeas adultas da cochonilha (Tabela 2). Por serem menores e

não terem o corpo coberto por cerosidade como as ninfas de terceiro instar e fêmeas de *F. virgata*, as ninfas neonatas são mais facilmente manipuladas pelo predador e apresentam menor resistência ao ataque do mesmo, e isso pode ter influenciado nesse resultado, semelhantemente ao que é relatado por Bortoli *et al.* (2001) para *Pentilia egena* Mulsant predando *Chrysomphalus ficus* Ashmead. Também, a alta disponibilidade de ninfas neonatas pode ter estimulado o aumento na taxa de predação como é observado na predação de ácaros por *Stethorus tridens* Gordon (Britto *et al.* 2009).

A taxa de ataque e o tempo de manipulação foram variáveis entre as idades da presa estudada (Tabela 2), mas similares entre ninfas de terceiro instar e fêmeas adultas de *F. virgata*. O tamanho tanto da presa quanto do predador, influencia no tempo de manipulação, ao passo que a mobilidade de ambos influencia na taxa de ataque, refletindo assim no resultado da resposta funcional (Aljetlawi *et al.* 2004). Esses resultados concordam com os apresentados por Milonas *et al.* (2011), que relatam redução na taxa de ataque e aumento do tempo de manipulação entre ninfas de segundo instar e fêmeas adultas de *Planococcus citri* Risso e *Planococcus ficus* Signoret pela joaninha *Nephus includens* Kirsch.

O tempo de manipulação é um bom indicador da taxa de consumo e efetividade do predador, pois reflete o tempo gasto na captura, morte, consumo e digestão da presa (Veeravel & Baskaran 1997). Assim, o resultado obtido da razão entre o tempo de experimentação e o tempo de manipulação calculado para fêmeas de *T. notata* predando *F. virgata* reforça o potencial desta joaninha em consumir ninfas e fêmeas da praga (T/T_h , Tabela 2).

A maior taxa de predação de ninfas neonatas refletiu no ganho de peso de *T. notata* que variou significativamente entre as densidades de ninfas neonatas ($F_{6, 69} = 3,94$; $P = 0,0019$), mas não diferiram entre ninfas de terceiro instar ($F_{4, 65} = 0,53$; $P = 0,7168$) ou fêmeas adultas de *F. virgata* ($F_{4, 65} = 1,25$; $P = 0,3003$) (Tabela 3). Somente nas densidades a partir de 80 ninfas

neonatas de *F. virgata* é que o ganho de peso de *T. notata* se equiparou ao obtido quando predando ninfas de terceiro instar ou fêmeas adultas desta cochonilha. Este resultado sugere que densidades abaixo de 80 ninfas neonatas representam escassez de alimento para fêmeas de *T. notata*, induzindo-as a aumentar significativamente sua taxa de predação que culmina em uma resposta funcional do tipo III.

Sobrevivência e Oviposição de *Tenuisvalvae notata* Submetida a Diferentes Intervalos de Oferta de Presas. A sobrevivência de fêmeas de *T. notata* apresentou variação significativa entre os intervalos de disponibilidade de presas captada pelas curvas de sobrevivência (Fig. 1). Fêmeas alimentadas diariamente apresentaram sobrevivência acima de 40% até 150 dias de observações, enquanto que neste mesmo período, fêmeas submetidas aos intervalos sem alimentação apresentaram sobrevivência significativamente menor, especialmente aquelas alimentadas a cada 8 dias que não viveram até a próxima oferta de presa (≈ 7 dias) (Fig. 1).

A fecundidade média de *T. notata* durante 150 dias de observações reduziu abruptamente em resposta ao aumento nos intervalos de alimentação (Fig. 2). Após o terceiro dia do início do experimento, a fecundidade de *T. notata* foi maior para fêmeas alimentadas diariamente ($F_{4, 70} = 46,88$; $P < 0,0001$), mas não diferiu entre os demais intervalos de alimentação. Fêmeas alimentadas diariamente ovipositaram seis vezes mais e apresentaram número de posturas quatro vezes maior que aquelas privadas de alimentação por um dia (Tabela 4). Estas últimas foram significativamente mais fecundas e apresentaram maior número de posturas que aquelas privadas de alimentação por dois, quatro e oito dias que, por sua vez, tiveram desempenho reprodutivo similar (Tabela 4). De acordo com Seagraves (2009), as joaninhas necessitam ingerir uma quantidade de nutrientes acima do nível de manutenção para reproduzirem e a decisão de oviposição é diretamente influenciada pela quantidade e qualidade do alimento disponível. Estes resultados indicam que grande parte da energia obtida por *T. notata* é destinada para a reprodução,

característica sustentada pela oviposição diária exibida por esta espécie quando alimentada diariamente.

A forma como os organismos dividem a energia entre crescimento, armazenamento e reprodução sob condições de limitação de recursos, pode ser decisiva no seu desempenho ao longo da vida (Fisher 1930). Quando o alimento torna-se escasso, a energia obtida é usada inicialmente para manutenção do metabolismo, crescimento e desenvolvimento e só então é destinada à reprodução (Beddington *et al.* 1976, Hassell 1978), indicando que intervalos de alimentação prolongados condicionam menor acúmulo de nutrientes necessários para o desenvolvimento do sistema reprodutivo (Wiedenmann & O'Neil 1990). Nossos resultados indicam, portanto, que um dia sem alimento já caracteriza escassez de alimento para *T. notata* que, embora mantenha a sobrevivência por período de tempo similar entre 1 e 2 dias, reduz drasticamente sua reprodução (Fig. 2).

Ao final dos 150 dias de observações, o consumo de ninfas de terceiro instar de *F. virgata* pelos casais de *T. notata* alimentados diariamente foi cerca de duas vezes e meia maior que daqueles privados de alimentação por um dia. Estes, por sua vez, não diferiram daqueles privados de alimentação por dois dias, mas foram significativamente superiores àqueles alimentados a cada quatro ou oito dias (Tabela 4) ($F_{4, 70} = 36,04$; $P < 0,0001$). Dessa forma, a conversão alimentar, com base no número de ovos produzidos para cada ninfa de terceiro instar de *F. virgata* consumida, foi maior para fêmeas alimentadas diariamente ($F_{4, 70} = 73,51$; $P < 0,0001$). Entretanto, como este parâmetro é calculado com base na fecundidade e no consumo total de presas, o resultado final também sofre influência da sobrevivência da fêmea do predador. A maior conversão apresentada pelas fêmeas de *T. notata* alimentadas todos os dias indica que estas provavelmente gastam a energia adquirida tanto na produção de ovos quanto na manutenção das atividades metabólicas, enquanto que aquelas submetidas à escassez de alimento por intervalos de

1, 2 e 4 dias priorizam a sobrevivência em detrimento à reprodução. Isso sugere que o acúmulo de energia de um dia de alimentação não é suficiente para mantê-las vivas a intervalos de 8 dias, uma vez que elas morreram antes de realizarem a próxima alimentação.

Baseado nesses resultados, conclui-se que *T. notata* demonstra potencial para ser empregada no controle de *F. virgata*, pois apresenta elevado consumo de ninfas neonatas e também consome ninfas mais desenvolvidas e fêmeas adultas dessa praga quando disponíveis. Os resultados demonstram também que sob condição de escassez de presa, *T. notata* suprime a reprodução e prioriza a sobrevivência, o que pode contribuir para sua manutenção em áreas com baixos níveis de infestação caracterizados pela fase inicial de colonização da praga. O ciclo biológico de *F. virgata* em algodoeiro, por exemplo, é de aproximadamente 30 dias, somente então haverá uma explosão de produção de ninfas pelas fêmeas oriundas da colonização inicial da planta (M.D. Oliveira, dados não publicados). Assim, considerando a biologia reprodutiva de *F. virgata* com produção de altas densidades de ninfas neonatas localizadas e em curto espaço de tempo, a resposta de *T. notata* através de sua taxa de predação demonstra o seu potencial em regular a população da presa, como é caracterizado para o tipo de resposta funcional tipo III (Solomon 1949, Hassell 1978) quando expostas a população da praga predominantemente no primeiro instar. No entanto, para comprovação desta efetividade de *T. notata* no controle de *F. virgata*, é necessário realizar experimentos onde outros fatores como a área a ser explorada, associação com outras presas e predadores e fatores climáticos se interagem.

Agradecimentos

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), através do Projeto PNPd 2116/2009 pelo suporte a bolsa de MSc. a P.R.R.B., e a FACEPE pela bolsa DSc. a M.D.O., e a bolsa de produtividade a J.B.T.

Literatura Citada

- Aljetlawi, A.A., E. Sparrevik & K. Leonardsson. 2004.** Prey-predator size dependent functional response: derivation and rescaling to the real world. *J. Anim. Ecol.* 73: 239–252.
- Atlihan, R., M.B. Kaydan, A. Yarmbatman & H. Okut. 2010.** Functional response of the coccinellid predator *Adalia fasciatopunctata revelierei* to walnut aphid (*Callaphis juglandis*). *Phytoparasitica* 38: 23–29.
- Beddington, J.R., M.E. Hassell, & J.H. Lawton. 1976.** The components of arthropod predation. II. The predator rate of increase. *J. Anim. Ecol.* 45: 165–186.
- Ben-Dov, Y., D.R. Miller & G.A.P. Gibson. 2001.** ScaleNet. <http://www.sel.barc.usda.gov/scalenet/scalenet.htm>.
- Bonte, M., M.A. Samih & P. De Clercq. 2010.** Development and reproduction of *Adalia bipunctata* on factitious and artificial foods. *BioControl* 55: 458–491.
- Bortoli, S.A., S.R. Benvenga, S. Gravena & J.E. Miranda. 2001.** Biologia de *Pentilia egea* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) e predação sobre *Chrysomphalus ficus* Ashmead (Homoptera: Diaspididae). *Bol. San. Veg. Plagas* 27: 337–343.
- Britto, E.P.J., M.G.C. Gondim Jr., J.B. Torres, K.K.M. Fiaboe, G.J. Moraes & M. Knapp. 2009.** Predation and reproductive output of the ladybird beetle *Stethorus tridens* preying on tomato red spider mite *Tetranychus evansi*. *BioControl* 54: 363–368.
- Casas, J., W.S.C. Gurney, R. Nisbet & O. Roux. 1993.** A probabilistic model for the functional response of a parasitoid at the behavioural time-scale. *J. Anim. Ecol.* 62: 194–202.
- Chakupurakal, J., R.H. Markham, P. Neuenschwander, M. Sakala, C. Malambo, D. Mulwanda, E. Banda, A. Chalabesa, T. Bird & T. Haug. 1994.** Biological control of the cassava mealybug, *Phenacoccus manihoti* (Homoptera: Pseudococcidae), in Zambia. *Biol. Control* 4: 254–262.
- De Clercq, P., M. Bonte, K. Van Speybroeck, K. Bolckmans & K. Deforce. 2005.** Development and reproduction of *Adalia bipunctata* (Coleoptera: Coccinellidae) on eggs of *Ephestia kuehniella* (Lepidoptera: Phycitidae) and pollen. *Pest. Manag. Sci.* 61: 1129–1132.
- Dreyer, B.S., P. Neuenschwander, J. Baumgärtner & S. Dorn. 1997a.** Trophic influences on survival, development and reproduction of *Hyperaspis notata* (Col., Coccinellidae). *J. Appl. Entomol.* 121: 249–256.
- Dreyer, B.S., P. Neuenschwander, B. Bouyjou, J. Baumgärtner & S. Dorn. 1997b.** The influence of temperature on the life table of *Hyperaspis notata*. *Entomol. Exp. Appl.* 84: 85–92.

- Final IRA. 2004.** Mealybugs: *Ferrisia virgata* (Cockerell, 1893) (Hemiptera: Pseudococcidae), p. 115–121. In Longan and lychee fruit from the People's Republic of China and Thailand - Final Import Risk Analysis Report: Part B. Commonwealth of Australia, 176p.
- Fisher, R.A. 1930.** Changes in population, p. 43–44. In Fisher, R.A. The genetical theory of natural selection. Oxford, Clarendon Press, 272p.
- Franco, J.C., P. Suma, E.B. da Silva, D. Blumberg & Z. Mendel. 2004.** Management strategies of mealybug pests of citrus in mediterranean countries. *Phytoparasitica* 32: 507–522.
- Ghafoor, A., I. Saba, M.S. Khan, H.A. Farooq, Zubaida & I. Amjad. 2011.** Predatory potential of *Cryptolaemus montrouzieri* for cotton mealybug under laboratory conditions. *J. Anim. Pl. Sci.* 21: 90–93.
- Ghouri, A.S.K. 1960.** Insect Pests of Pakistan. Bangkok, Thailand, FAO Regional Office for Asia and the Far East, 34p. (FAO Technical Bulletin 8).
- Hassell, M.E. 1978.** The dynamics of arthropod predator-prey systems. Princeton, Princeton University Press, 237p.
- Herren, H.R. & P. Neuenschwander. 1991.** Biological control of cassava pests in Africa. *Annu. Rev. Entomol.* 36: 257–83.
- Hodek, I. & A. Honek. 1996.** Ecology of Coccinellidae. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 464p.
- Juliano, S.A. 1993.** Nonlinear curve fitting: predation and functional response curves, p. 159–182. In S.M. Scheiner & J. Gurevitch (eds.), Design and analysis of ecological experiments. New York, Chapman and Hall, 445p.
- Juliano, S.A. 2001.** Non-linear curve fitting: Predation and functional response curves, p. 178–196. In Schneider, S.M. & J. Gurevitch (eds.), Design and analysis of ecological experiments (2nd. ed.). New York, NY, Chapman and Hall, 432p.
- Kaur, H. & J.S. Virk. 2012.** Feeding potential of *Cryptolaemus montrouzieri* against the mealybug *Phenacoccus solenopsis*. *Phytoparasitica* 40: 131–136.
- Lee, J.H. & T.J. Kang. 2004.** Functional response of *Harmonia axyridis* (Pallas) (Coleoptera: Coccinellidae) to *Aphis gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) in the laboratory. *Biol. Control* 31: 306–310.
- Mani, M. & A. Krishnamoorthy. 2008.** Biological suppression of the mealybugs *Planococcus citri* (Risso), *Ferrisia virgata* (Cockerell) and *Nipaecoccus viridis* (Newstead) on pummel with *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant in India. *J. Biol. Control* 22: 169–172.
- Michaud, J.P. 2000.** Development and reproduction of ladybeetles (Coleoptera: Coccinellidae) on the citrus aphids *Aphis spiraecola* Patch and *Toxoptera citricida* (Kirkaldy) (Homoptera: Aphididae). *Biol. Control* 18: 287–297.

- Milonas, P.G., D.C. Kontodimas & A.F. Martinou. 2011.** A predator's functional response: influence of prey species and size. *Biol. Control* 59: 141–146.
- Oaten, A. & W.W. Murdoch. 1975.** Switching, functional response and stability in predator-prey systems. *Am. Nat.* 109: 299–318.
- Oliveira, J.E.M., J.B. Torres, A.F. Carrano-Moreira & F.S. Ramalho. 2002.** Biologia de *Podisus nigrispinus* predando lagartas de *Alabama argilacea* em campo. *Pesqu. Agropecu. Bras.* 37: 7–14.
- Omkar & A. Pervez. 2004.** Functional and numerical responses of *Propylea dissecta* (Col., Coccinellidae). *J. Appl. Entomol.* 128: 140–146.
- Pervez, A. & Omkar. 2005.** Functional responses of coccinellid predators: an illustration of a logistic approach. *J. Insect Sci.* 5: 1–6.
- Ramalho, F.S., J. Mezzomo, W.P. Lemos, C.M. Bandeira, J.B. Malaquias, J.P.S. Silva, G.L.D. Leite & J.C. Zanuncio. 2008.** Reproductive strategy of *Podisus nigrispinus* Females under different feeding intervals. *Phytoparasitica* 36: 30–37.
- Sabaghi, R., A. Sahragard & R. Hosseini. 2011.** Functional and numerical responses of *Scymnus syriacus* Marseul (Coleoptera: Coccinellidae) to the black bean aphid, *Aphis fabae* Scopoli (Hemiptera: Aphididae) under laboratory conditions. *J. Pl. Prot. Res.* 51: 423–428.
- Saleh, A., I. Ghabeish, F. Al-Zyoud, M. Ateyyat & M. Swais. 2010.** Functional response of the predator *Hippodamia variegata* (Goeze) (Coleoptera: Coccinellidae) feeding on the aphid *Brachycaudus helichrysi* (Kaltenbach) infesting chrysanthemum in the laboratory. *Jordan J. Biol. Sci.* 3: 17–20.
- Sanches, N.F. & R.S. Carvalho. 2010.** Procedimentos para manejo da criação e multiplicação do predador exótico *Cryptolaemus montrouzieri*. Cruz das Almas, EMBRAPA, 5p. (Circular Técnica 99).
- SAS Institute. 2001.** SAS User's guide: statistic version 8 for Windows. SAS Institute, Cary, NC.
- Seagraves, M.P. 2009.** Lady beetle oviposition behavior in response to the trophic environment. *Biol. Control* 51: 313–322.
- Silva-Torres, C.S.A., M.D. Oliveira & J.B. Torres. 2012.** Host selection and establishment of striped mealybug, *Ferrisia virgata*, on cotton cultivars. *Phytoparasitica*, DOI 10.1007/s12600-012-0261-1.
- Solomon, M.E. 1949.** The natural control of animal populations. *J. Anim. Ecol.* 18: 1–35.
- Stearns, S.C. 1992.** The evolution of life histories. Oxford, UK, Oxford University Press, 262p.
- Torres, J.B., C.S.A. Silva Torres & J.R. Ruberson. 2004.** Effect of two prey types on life history characteristics and predation rate of *Geocoris floridanus* (Heteroptera: Geocoridae). *Environ. Entomol.* 33: 964–974.

- van Lenteren, J.C. & K. Bakker. 1976.** Functional responses in invertebrates. *Neth. J. Zool.* 26: 567–572.
- Veeravel, R. & P. Baskaran. 1997.** Functional and numerical responses of *Coccinella transversalis* and *Cheilomenes sexmaculata* Fabr. feeding on the melon aphid, *Aphis gossypii* Glover. *Insect Sci. Appl.* 17: 335–339.
- Wiedenmann, R.N. & R.J. O’Neil. 1990.** Effects of low rates of predation on selected life-history characteristics of *Podisus maculiventris* (Say) (Heteroptera: Pentatomidae). *Can. Entomol.* 122: 271–283.

Tabela 1. Modelos logísticos da proporção da presa *Ferrisia virgata* em diferentes estágios de desenvolvimento consumida por fêmeas da joaninha *Tenuisvalvae notata* em função da densidade inicial de presas ofertadas.

Cochonilha	Parâmetro	Estimativa (\pm EP)	G.L.	χ^2	P
Ninfa neonata	Intercepto	-0,7263 \pm 0,1305	1	30,99	< 0,0001
	Linear	0,0123 \pm 0,0018	1	45,72	< 0,0001
	Quadrático	-0,00004 \pm 5,9x10 ⁻⁶	1	44,11	< 0,0001
Ninfa terceiro instar	Intercepto	2,5397 \pm 0,3593	1	49,97	< 0,0001
	Linear	-0,3361 \pm 0,0477	1	49,66	< 0,0001
	Quadrático	-	-	-	-
Fêmea adulta	Intercepto	1,3155 \pm 0,3390	1	15,06	0,0001
	Linear	-0,3278 \pm 0,0607	1	29,19	< 0,0001
	Quadrático	-	-	-	-

Tabela 2. Estimativa média¹ (IC a 95%) da taxa de ataque (a') e tempo de manipulação (T_h) de fêmeas de *Tenuisvalvae notata* predando ninfas neonatas, ninfas de terceiro instar e fêmeas adultas de *Ferrisia virgata* durante 24h de exposição (T) e número estimado de presas consumidas nesse período (T/T_h).

Cochonilha	Taxa de ataque (a' , h ⁻¹)	Tempo de manipulação (T_h , h)	T/T_h
Neonata	0,00048 (0,0003 - 0,0006) b	0,152 (0,118 - 0,185) c	157,89
Terceiro instar	0,105 (0,136 - 0,250) a	6,63 (5,66 - 7,59) b	3,62
Fêmea adulta	0,130 (0,006 - 0,259) a	11,04 (8,39 - 13,70) a	2,17

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem por pares de comparação mediante o intervalo de confiança a 95% de probabilidade.

Tabela 3. Médias (\pm EP) de consumo e ganho de peso (mg) de fêmeas de *Tenuisvalvae notata* alimentadas por 24h em diferentes densidades e idades da presa *Ferrisia virgata*.

Ninfas neonatas			Ninfas de terceiro instar			Fêmeas adultas		
Densidade da presa	Média do consumo	Ganho de peso do predador (mg)	Densidade da presa	Média do consumo	Ganho de peso do predador (mg)	Densidade da presa	Média do consumo	Ganho de peso do predador (mg)
40	15,3 \pm 2,20 d	0,27 \pm 0,07 b	2	1,8 \pm 0,09 b	0,53 \pm 0,06 a	1	0,8 \pm 0,10 b	0,41 \pm 0,08 a
80	39,5 \pm 4,41 cd	0,44 \pm 0,04 ab	4	3,0 \pm 0,22 ab	0,72 \pm 0,13 a	2	1,4 \pm 0,16 ab	0,54 \pm 0,06 a
120	64,5 \pm 8,08 bc	0,64 \pm 0,09 a	6	3,7 \pm 0,47 a	0,63 \pm 0,10 a	4	1,7 \pm 0,22 a	0,54 \pm 0,08 a
140	70,4 \pm 7,23 b	0,55 \pm 0,09 ab	8	3,5 \pm 0,5 a	0,62 \pm 0,09 a	6	2,0 \pm 0,25 a	0,65 \pm 0,09 a
160	98,6 \pm 2,08 a	0,54 \pm 0,03 ab	10	3,3 \pm 0,42 a	0,63 \pm 0,07 a	8	1,9 \pm 0,35 a	0,59 \pm 0,10 a
200	107,9 \pm 6,26 a	0,51 \pm 0,04 ab	-	-	-	-	-	-
240	116,2 \pm 11,14 a	0,55 \pm 0,04 ab	-	-	-	-	-	-
Estatística	F _{2, 73} = 122,59; P < 0,0001	F _{6, 69} = 3,94; P = 0,0019	F _{2, 67} = 11,11; P < 0,0001	F _{4, 65} = 0,53; P = 0,7168		F _{1, 68} = 18,57; P < 0,0001	F _{4, 65} = 1,25; P = 0,3003	

¹Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey HSD (P > 0,05).

Tabela 4. Médias (\pm EP) da fecundidade, número de posturas, consumo e conversão alimentar de fêmeas de *Tenuisvalvae notata* submetidas a diferentes intervalos de alimentação com ninfas de terceiro instar de *Ferrisia virgata* durante 147 dias.

Intervalos entre alimentações ¹	Fecundidade	Número de posturas/ fêmea	Ninfas consumidas/ casal	Conversão alimentar ²
Diária	606,7 \pm 81,52 a	101,8 \pm 11,27 a	488,4 \pm 54,07 a	1,23 \pm 0,06 a
1 dia	92,7 \pm 25,87 b	25,47 \pm 6,53 b	194,0 \pm 42,72 b	0,31 \pm 0,07 b
2 dias	12,4 \pm 4,19 b	7,0 \pm 2,21 bc	114,3 \pm 25,79 bc	0,09 \pm 0,02 c
4 dias	0,5 \pm 0,19 b	0,4 \pm 0,16 c	14,2 \pm 1,52 c	0,03 \pm 0,01 c
8 dias	0,9 \pm 0,38 b	0,4 \pm 0,16 c	5,5 \pm 0,19 c	0,18 \pm 0,07 bc
Estatística	F _{4, 70} = 46,88; P < 0,0001	F _{4, 70} = 52,97; P < 0,0001	F _{4, 70} = 36,04; P < 0,0001	F _{4, 70} = 73,51; P < 0,0001

¹Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey HSD (P > 0,05).

²Número de ovos produzidos por fêmeas de *Tenuisvalvae notata* para cada ninfa de terceiro instar de *Ferrisia virgata* consumida.

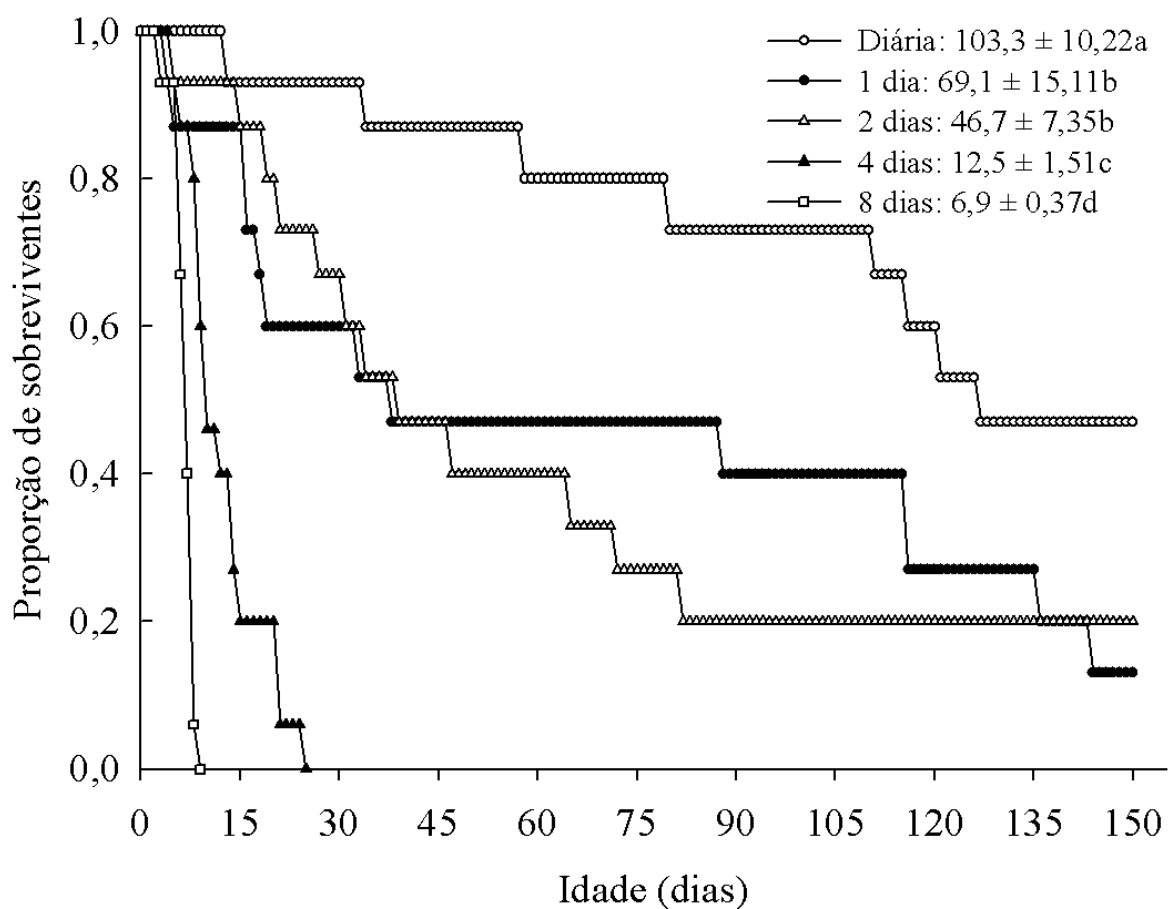


Figura 1. Sobrevivência de fêmeas de *Tenuisvalvae notata* submetidas a diferentes intervalos de alimentação em ninfas de terceiro instar de *Ferrisia virgata* durante 150 dias de observações. Nota: Legenda representa a sobrevivência média calculada mediante curvas de sobrevivência, determinadas pelo método Kaplan-Meier em dias (média \pm EP) e comparadas pelo teste de Log-Rank ($\chi^2 = 84,40$; $P < 0,0001$; GL = 4).

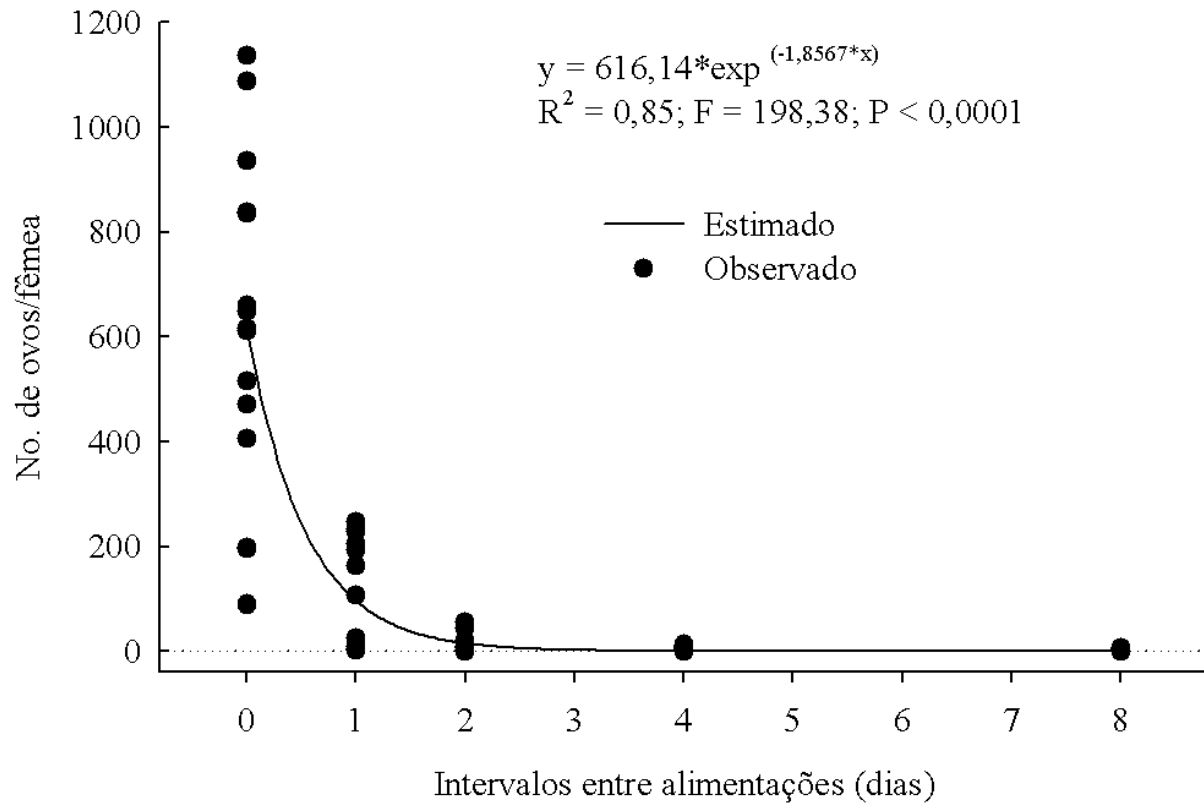


Figura 2. Fecundidade de fêmeas de *Tenuisvalvae notata* alimentadas diariamente com seis ninfas de terceiro instar de *Ferrisia virgata* (intervalo 0) ou quando submetidas a intervalos de 1, 2, 4 ou 8 dias entre alimentações durante 150 dias de observações.