

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROTEÇÃO DE PLANTAS

EDSON FERREIRA DE LIMA

**ASPECTOS BIOECOLÓGICOS DE *Zagreus bimaculosus* (Mulsant)
(COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) PREDADOR DE COCHONILHAS
DE ESCAMAS E FARINHENTAS**

Rio Largo – AL

2022

ASPECTOS BIOECOLÓGICOS DE *Zagreus bimaculosus* (Mulsant)
(COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) PREDADOR DE COCHONILHAS
DE ESCAMAS E FARINHENTAS

Tese apresentada ao Programa de Pós - Graduação em Proteção de Plantas, do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial para a obtenção do título de Doutor em Proteção de Plantas.

Orientadora: Prof^ª Dra. Roseane Cristina Predes Trindade

Coorientador: Prof. Dr. Mauricio Silva de Lima

Rio Largo – AL

2022

Catálogo na Fonte Universidade Federal de Alagoas

Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias

Bibliotecário Responsável: Erisson Rodrigues de Santana

L732a Lima, Edson Ferreira de.

Aspectos bioecológicos de *Zagreus bimaculosus* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) predador de cochonilhas de escamas e farinhentas. / Edson Ferreira de Lima. – 2022.

61f.: il.

Orientadora: Roseane Cristina Predes Trindade. Coorientador: Mauricio Silva de Lima.

Tese (Doutorado em Proteção de Plantas.) – Programa de Pós-graduação em Proteção de Plantas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2022.

Inclui bibliografia

1. Insecta. 2. Interações. 3. Fatores ecológicos. 4.

ASPECTOS BIOECOLÓGICOS DE *Zagreus bimaculosus* (Mulsant)
(COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) PREDADOR DE COCHONILHAS
DE ESCAMAS E FARINHENTAS

Tese submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas, do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas e aprovada em 25 de fevereiro de 2022.

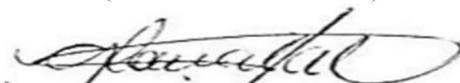
 Documento assinado digitalmente
ROSEANE CRISTINA PREDES TRINDADE
Data: 15/05/2022 11:54:52-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Prof. Dra. Roseane Cristina Predes Trindade - Universidade Federal de Alagoas
Orientadora

Banca examinadora:

 Documento assinado digitalmente
Edmilson Santos Silva
Data: 22/03/2022 23:35:32-0300
Verifique em <https://verificador.itl.br>

Prof. Dr. Edmilson Santos Silva - Universidade Federal de Alagoas
(Examinador Interno)



Prof. Dra. Glaucilane dos Santos Cruz - Universidade Federal Rural de Pernambuco
(Examinador Externo)



Prof. Dr. Douglas Rafael e Silva Barbosa – Instituto Federal do Maranhão
(Examinador Externo)

Rio Largo – AL

2022

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, *João Manoel da Silva (In memorian)* e *Maria Ferreira de Lima* pela criação, educação e amor sempre disponível.

DEDICO

Aos meus irmãos *Francilene, Francineide, Francisco, Franciscleide, Vanicleide e Valdineide (In memorian)* e às minhasfilhas *Maria Júlia e Alice Cavalcante*.

OFEREÇO

Ao senhor Deus, que em sua infinita misericórdia permitiu-me chegar até aqui, mesmo quando o desânimo tomou conta de mim e os obstáculos pareciam não ter solução.

“Até aqui nos ajudou o Senhor”

I Samuel 7:12

AGRADECIMENTOS

A Universidade Federal de Alagoas (UFAL), enquanto instituição Pública de Ensino Superior, e ao Programa de Proteção de Pós-graduação em Proteção de Plantas, pela oportunidade de obtenção de título tão honroso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsa de Doutorado.

À Secretaria do Curso de Proteção de Plantas, nas pessoas de Maxuel e Gustavo, pelo suporte sempre que necessário, grato.

Ao meu Coorientador, Prof. Maurício Silva de Lima, a quem me faltam palavras de gratidão, admiração e retidão, de um caráter ímpar e um homem justo, muito obrigado.

Ao Prof. José Wagner Melo pela ajuda nas análises estatísticas, grato.

Aos professores do curso de Pós-graduação em Proteção de Plantas por todos os ensinamentos compartilhados. Grato.

À minha tia Alaíde e seu esposo José Paulo, por terem me permitido morar com eles, durante minha graduação, onde seus exemplos de vida me acompanham até hoje, muito obrigado.

À minha tia Francisca que muito me ajudou em momentos de angústias e suas palavras acalentaram minha alma, muito obrigado.

A Amaro Balbino que muito me ajudou no sonho de poder realizar meu curso de graduação, muito obrigado.

A Janine de Andrade Bispo, a quem me deu palavras de ânimo para que eu pudesse continuar nessa jornada, muito obrigado.

À minha mãe, que em suas abundantes orações e seu exemplo de vida foram combustíveis em meus momentos de fraqueza, gratidão eterna.

A Deus, que ao permitir-me sair de casa aos 16 anos pra estudar em colégio agrícola, e posterior faculdade tão distante me fez amadurecer na vida. Ao todo foram quase oito anos à beira das rodovias, esperando carona pra concluir o sonho de me formar. Chegar a esse título jamais imaginado, só me faz ter a certeza do seu amor e misericórdia. Muito obrigado.

A todos que de alguma forma contribuíram para a idealização deste trabalho.

RESUMO

Os coccinelídeos são um importante grupo de insetos, por serem excelentes agentes de controle biológico de diversas pragas em vários agroecossistemas. Dentre as diversas pragas que acometem as culturas, as cochonilhas pertencentes as famílias Diaspididae e Pseudococcidae popularmente conhecidas como cochonilhas de escamas e farinhentas, têm se destacado pelo fato de atacarem uma grande gama de plantas cultivadas, o que vem trazendo inúmeros prejuízos aos produtores. Assim sendo, este trabalho teve como objetivo principal comparar a biologia e a capacidade predatória de *Zagreus bimaculosus*, alimentando-se de *Diaspis echinocacti* e *Planococcus citri*, bem como testar a viabilidade do predador nas fases de larva de quarto ínstar e adulto sobre as cochonilhas farinhentas *Ferisia dasyliirii* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae) e *Planococcus citri* (Risso) (Hemiptera: Pseudococcidae). Para isso, foi feita a biologia comparada de *Z. bimaculosus* alimentando-se de duas presas diferentes *D. echinocacti*, cochonilha de escamas e *P. citri*, cochonilha farinhenta. Os resultados mostraram diferenças em algumas variáveis biológicas, demonstrando melhor resultado nas fases de desenvolvimento, oviposição, viabilidade e longevidade de machos e fêmeas quando *Z. bimaculosus* alimentou-se de *D. echinocacti*. Independente da presa e de sua fase, *Z. bimaculosus* apresentou resposta funcional do tipo II, mostrando ser um excelente predador já na fase jovem de quarto ínstar. O número de presas consumidas foi semelhante entre os estágios de desenvolvimento do predador, porém o estágio larval apresentou em geral proporção de presas consumidas levemente menor. Os resultados desse trabalho demonstraram que *Z. bimaculosus* se apresenta como potencial controlador de cochonilhas Diaspididae e Pseudococcidae, uma vez que consegue completar seu ciclo e reproduzir com esses tipos de presas, indicando se tratar de um alimento ideal para esse predador, além de mostrar eficácia no controle dessas espécies de cochonilhas.

Palavras chave: Insecta, Interações, Fatores ecológicos, Controle biológico

ABSTRACT

Coccinellids are an important group of insects because they are excellent biological control agents of several pests in various agroecosystems. Among the various pests that affect crops, the mealybugs belonging to the Diaspididae and Pseudococcidae families, popularly known as scale and mealy bugs, have stood out because they attack a wide range of cultivated plants, bringing numerous losses to producers. Therefore, this work had as main objective to compare the biology and predatory capacity of *Zagreus bimaculosus* feeding on *Diaspis echinocacti* and *Planococcus citri*, as well as to test the viability of the predator at the fourth-stage larval and adult stages on the mealybugs *Ferisia dasyliirii* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae) and *Planococcus citri* (Risso) (Hemiptera: Pseudococcidae). For this, a comparative biology of *Z. bimaculosus* feeding on two different prey *D. echinocacti*, scale mealybug and *P. citri*, mealybug was performed. The results showed differences in some biological variables, showing better results in developmental stages, oviposition, viability and longevity of males and females when *Z. bimaculosus* fed on *D. echinocacti*. Regardless of the prey and its stage, *Z. bimaculosus* presented functional response type II, showing to be an excellent predator already in the young fourth-stage stage. The number of prey consumed was similar among the developmental stages of the predator, but the larval stage showed in general a slightly lower proportion of prey consumed. The results of this work showed that *Z. bimaculosus* presents itself as a potential controller of Diaspididae and Pseudococcidae mealybugs, since it can complete its cycle and reproduce with these types of preys, indicating that it is an ideal food for this predator, besides showing efficacy in the control of these mealybug species.

Keywords: Insecta, Interactions, Ecological factors, Biological control

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Criação e multiplicação de <i>Planococcus citri</i> em bandejas de criação no laboratório de entomologia e controle alternativo de pragas (LECAP).	32
Figura 2. Gaiola de criação e multiplicação de <i>Z. bimaculosus</i> no Laboratório de entomologia e controle alternativo de pragas (LECAP).	33
Figura 3. Resposta funcional de larvas (•) e adultos (o) de <i>Z. bimaculosus</i> em diferentes densidades de ninfas de <i>P. citri</i>	53
Figura 4. Resposta funcional de larvas (•) e adultos (o) de <i>Z. bimaculosus</i> em diferentes densidades de adultos de <i>P. citri</i>	54
Figura 5. Resposta funcional de larvas e adultos de <i>Z. bimaculosus</i> em densidades de <i>F. dasyliri</i>	58

LISTA DE TABELA

Tabela 1: Desenvolvimento em dias de <i>Zagreus bimaculosus</i> Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae), alimentados com <i>Planococcus citri</i> (Hemiptera: Pseudococcidae) e <i>Diaspis echinocacti</i> (Hemiptera: Diaspidadae).....	38
Tabela 2: Parâmetros reprodutivos de <i>Zagreus bimaculosus</i> Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) alimentados com <i>Planococcus citri</i> (Hemiptera: Pseudococcidae) e <i>Diaspis echinocacti</i> (Hemiptera: Diaspididae).....	40
Tabela 3. Equação de Holling e tipo de resposta funcional de larvas e adultos de <i>Zagreus bimaculosus</i> predando ninfas e adultos de <i>Planococcus citri</i>	52
Tabela 4. Equação de Holling e tipo de resposta funcional de larvas e adultos de <i>Zagreus bimaculosus</i> predando ninfas e adultos de <i>Ferrisia dasyliirii</i>	56
Tabela 5. Tempo de manipulação e taxa de ataque de larvas e adultos de <i>Zagreus bimaculosus</i> alimentados com <i>Ferrisia dasyliirii</i>	57

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL.....	11
2	REVISÃO DE LITERATURA	14
	2.1 Resposta Funcional	14
	2.2 Cochonilhas farinhentas - <i>Planococcus citri</i>	16
	2.3 Cochonilhas de escamas – <i>Diaspis echinocacti</i>	18
	2.4 Coccinélidos como controladores biológicos.....	19
	2.5 <i>Zagreus bimaculosus</i>	21
	REFERÊNCIAS	23
3	CAPÍTULO 1: BIOLOGIA COMPARADA DE <i>Zagreus bimaculosus</i> (Mulsant) (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) SOBRE <i>Diaspis echinocacti</i> (Bouché) (HEMIPTERA: DIASPIDIDAE) E <i>Planococcus citri</i> (Risso, 1813) (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE)	27
	RESUMO	27
	ABSTRACT.....	28
	3.1 INTRODUÇÃO.....	29
	3.2 MATERIAL E MÉTODOS	31
	3.2.1 Local de execução do experimento.....	31
	3.2.2 Criação e multiplicação de <i>Planococcus citri</i> (Risso, 1813) (Hemiptera: Pseudoccidae).	31
	3.2.3 Criação e Multiplicação de <i>Diaspis echinocacti</i> (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae).	32
	3.2.4 Criação e multiplicação de <i>Zagreus bimaculosus</i> (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae).	32
	3.2.5 Desenvolvimento de imaturos de <i>Zagreus bimaculosus</i> em <i>Planococcus citri</i> e <i>Diaspis echinocacti</i>	33
	3.2.5 Longevidade e reprodução de adultos de <i>Zagreus bimaculosus</i>	35
	3.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
	3.3.1 Desenvolvimento de <i>Zagreus bimaculosus</i>	36
	3.3.2 Longevidade e Reprodução de <i>Zagreus bimaculosus</i>	38
	3.3.3 Conclusões.	41
	REFERÊNCIAS.....	42
4	CAPÍTULO 2: TAXA DE PREDACÃO E RESPOSTA FUNCIONAL DE <i>Zagreus bimaculosus</i> (Mulsant) (COLEOPTERA:COCCINELLIDAE) SOBRE <i>Planococcus citri</i> (Risso, 1813) E <i>Ferrisia dasyliirii</i> (Cockerell) (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE)	44
	RESUMO.....	44
	ABSTRACT	45
	3.3 INTRODUÇÃO	46
	3.4 MATERIAL E MÉTODOS	48
	3.4.6 Local do experimento.....	48
	3.4.7 Criação e multiplicação de <i>Ferrisia dasyliirii</i> (Cockerell) e <i>Planococcus citri</i> (Risso, 1813) (Hemiptera: Pseudoccidae).....	48
	3.4.8 Criação e multiplicação de <i>Zagreus bimaculosus</i> (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae).....	49
	3.4.9 Resposta funcional de <i>Zagreus bimaculosus</i> sobre as cochonilhas <i>Ferrisia dasyliirii</i> e <i>Planococcus citri</i>	49
	3.5 Análise Estatística	50
	3.6 RESULTADOS E DISCUSSÃO	51
	3.7 CONCLUSÕES	59
	REFERÊNCIAS	60

1 INTRODUÇÃO GERAL

Dentre os insetos que merecem destaque no controle biológico de pragas, destaca-se a família Coccinellidae. Nela estão os insetos denominados joaninhas, cujo tamanho variam de 1 a 10 mm de comprimento, de formato arredondado ou oval, com superfície dorsal convexa e a ventral plana, coloração geralmente amarelo, alaranjado ou vermelho com pintas pretas nos élitros (JOSHI, 2010). Atuam no controle biológico de pragas, de forma direta, mantendo assim, o equilíbrio nos agroecossistemas (LUNDGREN, 2009; LIMA et al., 2016). Essa característica ocorre, graças a variedade que esses insetos têm de se alimentar de uma gama de insetos herbívoros, tais como pulgões, cochonilhas, psilídeos, trips e larvas de lepidópteros (VANDENBERG, 2002; LIMA et al., 2011). Diversos coccinelídeos consomem o mesmo tipo de alimento nas fases larval e adulta (HODEK; HONEK, 1996), no entanto, nem sempre esse alimento regularmente consumido pelos adultos, é nutricionalmente adequado para assegurar a reprodução, maturação dos ovos ou o desenvolvimento larval (GIORGI et al., 2009). Dessa forma o desenvolvimento embrionário e pós- embrionário, assim como a longevidade, fecundidade e a fertilidade dos adultos vai depender em muito da quantidade e qualidade do alimento consumido por esses coccinelídeos (HODEK; HONEK, 1996; OMKAR; PERVEZ, 2004; LUNDGREN, 2009).

O primeiro exemplo mais enfático de controle biológico bem sucedido envolvendo coccinelídeos e cochonilhas ocorreu nos Estados Unidos, o predador *Novius cardinalis* (Mulsant) foi introduzido em 1888 na Califórnia para controlar a cochonilha *Icerya purchasi* Maskell em pomares de citrus (DEBACH; SCHLINGER, 1964; CALTAGIRONE; DOUTT, 1989). Além desse, outros exemplos são amplamente vistos na literatura como em Michigan, *Chilocorus stigma* e *Microweisea misella* que reduziram em média 70% a população de cochonilhas da espécie *Chionaspis pinifoliae* e *Chionaspis heterophyllae* (FONDREN; MCCULLOUGH, 2005). A espécie *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant, nativa da Austrália, é conhecida por ser uma voraz predadora de cochonilhas, uma vez que cada larva pode consumir cerca de 250 ninfas e por isso tem sido introduzida em muitos países (PORCAR et al., 2010),

inclusive no Brasil para controle da cochonilha dos citrus *Planococcus citri*.

Dentre as diversas pragas que acometem às culturas, as cochonilhas pertencentes a família Pseudococcidae popularmente conhecidas como cochonilhas farinhentas, tem se destacado pelo fato de atacarem uma grande gama de plantas cultivadas, o que vem trazendo inúmeros prejuízos aos produtores (OLIVEIRA et al., 2014), por sugarem a seiva das plantas fazendo com que algumas retardem seu desenvolvimento, enquanto que outras começam a amarelar suas folhas e em alguns casos provocarem a senescência dessas, podendo, em algumas espécies, transmitir doenças como viroses (COPLAND et al., 1985).

Dentre as cochonilhas farinhentas, duas espécies têm ganho destaque no cenário nacional, a cochonilha de listra *Ferrisia dasyliirii* (Cockerell) e *Planococcus citri* (Risso, 1813) (Hemiptera: Pseudococcidae), a primeira com ocorrência na região nordeste, causando inúmeros problemas aos produtores, além de ser uma espécie que ataca diversos grupos de plantas dado ao fato de ser uma espécie cosmopolita (SILVA- TORRES et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2014). A segunda é uma praga mundial com ocorrência no Brasil e com potencialidade muito grande de se tornar uma das principais pragas de fruteiras de todo território nacional, dada a sua capacidade de atacar inúmeras outras plantas, cultivadas ou não (BLUMBERG; VAN DRIESCHE, 2001).

Dentre os coccinelídeos predadores destaca-se *Zagreus bimaculosus* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae), de ampla ocorrência no Brasil. Essa espécie está associada a vários insetos pragas, com destaque para as cochonilhas de escamas *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae), do carmim *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae) e farinhenta *Ferrisia dasyliirii* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae) (LIMA et al., 2011; 2016).

Estudos sobre agentes de controle biológico já adaptado às condições locais, especialmente na região Nordeste do Brasil ainda são precários, por isso, a necessidade de se estudar de forma mais aprofundada a fauna de coccinelídeos nessa região, por serem promissores como agentes de controle biológico de pragas de diversas culturas, especialmente aquelas que desempenham importante papel do ponto de vista econômico e social para a região.

Considerando a potencialidade que os coccinélídeos têm como controladores biológicos desse grupo de insetos, este trabalho teve como objetivo principal comparar a biologia e a capacidade predatória de *Z. bimaculosus*, alimentando-se de *Diaspis echinocacti* e *Planococcus citri*, bem como testar a viabilidade do predador nas fases de larva de quarto ínstar e adultos sobre as cochonilhas farinhentas *F. dasyliirii* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae) e *P. citri* (Risso) (Hemiptera: Pseudococcidae), fornecendo assim, subsídios para decisões futuras sobre um possível programa de controle biológico aplicado para *D. echinocacti* e espécies de cochonilhas farinhentas como *P. citri* e *F. dasyliirii*. visando ter informações que subsidiem o uso desse predador no manejo integrado desses insetos pragas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Resposta Funcional

Para desenvolver suas funções vitais, os insetos necessitam de uma quantidade mínima de alimento para se manter, crescer e reproduzir. Desta forma, o aumento na oferta de presas, tende a elevar o consumo do predador, seu gasto de tempo e energia, definindo então, o tipo de resposta funcional (BEGON et al., 1990).

A capacidade de predação, varia de cada inseto predador, todavia ela é medida por sua habilidade em localizar presas, da capacidade de sobreviver quando a densidade de presas é baixa, da flexibilidade de mudar para recursos alternativos quando os preferenciais não estão disponíveis, da sincronia sazonal reprodutiva predador-presa e do seu poder de dispersão (BEGON & MORTIMER, 1986).

De acordo Solomon (1949), resposta funcional e resposta numérica, caracterizam, às mudanças de comportamento do predador e o aumento da população do mesmo, através da reprodução, em função da abundância de presas. Para a combinação destes dois tipos de resposta o autor atribuiu o termo resposta global.

Uma característica comum na relação predador-presa é a ocorrência de ciclos regulares, isto é, nas oscilações da população de ambos que se interagem. Os primeiros trabalhos que analisaram essas oscilações foram feitos por Lotka e Volterra na década de 20, os quais elaboraram as primeiras descrições matemáticas das interações predador-presa (RICKLEFS,1996). Conforme o modelo Lotka-Volterra, os predadores poderão reduzir o número de suas presas e estes, por sua vez teriam seus números reduzidos, devido à escassez de presas. Sendo assim, presa e predador, agiriam como fatores dependentes da densidade (SOLOMON,1980; BERRYMAN,1992).

Os diferentes tipos de resposta dos predadores em relação às suas presas (funcional, numérica e global) formam uma estrutura fundamental neste tipo de interação, visto que os componentes destas respostas poderão determinar até quando um predador afetará o número de presas (HOLLING, 1965). Desta

forma, a resposta funcional é apenas um dos fatores que poderão afetar a dinâmica das populações envolvidas, referindo-se apenas à taxa de consumo do predador diante da densidade de presas sendo estas consideradas em número e/ou peso (biomassa) (BEGON & MORTIMER, 1986; GARCIA,1991).

De acordo, Holling (1959a; 1961) há quatro tipos de resposta funcional, sendo que estes são definidos, principalmente pela densidade de presas. Além deste, deve ser considerado outros fatores que incluem o tempo em que o predador e a presa ficam expostos um ao outro (T); o tempo de busca do predador pela presa (T_b); a taxa instantânea de descoberta ou taxa de ataque (a') (proporção de ataques bem sucedidos durante a busca); a eficiência de busca (E) (considerada um complemento da taxa de ataque) e o tempo de manuseio (T_m).

A resposta funcional do tipo II é observada com mais frequência em invertebrados, sendo encontrada na maioria dos insetos. Porém, alguns fatores intrínsecos do predador, o tipo de substrato onde a presa se encontra, as condições ambientais ou os tipos de presas podem induzir outros tipos de resposta (HASSEL et al.,1976).

O tipo III de resposta funcional, diante de uma densidade de presas elevada, é semelhante ao tipo II. Porém, quando a densidade de presas é mais baixa, há uma fase de aceleração durante a qual, um aumento da densidade poderá conduzir a um aumento mais linear do que a taxa de consumo, ocasionando uma curva sigmoideal (HASSEL et al.,1977). Este tipo de resposta somente surgirá quando um aumento na densidade de presas conduzir ao incremento da taxa de ataque e uma diminuição do tempo de manuseio. Logo, a taxa de consumo diminui nas baixas densidades de presas devido a fatores como a heterogeneidade de habitats, que proporciona maiores esconderijos para as presas; baixa eficiência de caça do predador e troca para fontes alternativas de alimento quando as presas estão escassas (MURDOCH 1973; TREXLER et al., 1988 e RICKLEFS, 1996).

Distingue-se a resposta tipo III da do tipo II devido às suas diferentes contribuições para a estabilidade da interação predador-presa (BEGON et al., 1990). Nas altas densidades de presas, tanto na resposta tipo II como na tipo III, a taxa de consumo do predador diminui, sendo ambas semelhantes e inversamente dependentes da densidade.

Em relação a resposta funcional tipo IV, ela se assemelha ao tipo II, porém nas grandes densidades de presas há um declínio no consumo produzindo uma curva em forma de cúpula. Este tipo de resposta ocorre quando há presença de outras presas (de mesma ou de diferentes espécies) durante o manuseio do predador, ocasionando uma diminuição no número de ataques ou quando as presas possuem mecanismos de defesa que se intensificam nas densidades maiores (HOLLING,1961; JERVIS & KIDD,1996).

Os diversos tipos de resposta funcional poderão exercer diferentes efeitos na relação predador-presa, apresentando tendências estabilizadoras ou não, que podem ser anuladas ou apoiadas por componentes da interação. A dinâmica populacional será afetada pela resposta funcional dependendo do grau em que a taxa de consumo se acelera ou desacelera diante das diferentes densidades exibidas normalmente pela população de presas (BEGON et al.,1990).

2.2 Cochonilhas Farinhentas - *Planococcus citri*

As cochonilhas farinhentas (Hemiptera: Pseudococcidae) representam um grupo de insetos fitófagos de importância econômica em virtude da injúria provocada e sua capacidade de utilizar um amplo número de espécies vegetais como hospedeiro (GULLAN; MARTIN, 2003). As cochonilhas sugam a seiva das plantas e, em grandes infestações, podem ocasionar o definhamento, levando-as à morte (SANTA- CECILIA et al., 2002).

Cerca de 5.000 espécies de cochonilhas são registradas em mais de 250 famílias de plantas. Dentre essas, 56 espécies farinhentas são registradas em 15 gêneros da família Malvaceae, incluindo o algodoeiro e muitas outras plantas de importância econômica para diversas regiões do mundo (BEN-DOV, 2013; PERONTI; RUNG, 2016). Dentre as culturas atacadas destacam-se bananeira, videira, mandioca, cajueiro, tomateiro, goiabeira, mangueira, feijões-guandu, abacaxi (CABI, 2010).

Em todos os pseudococcídeos as ninfas passam por três instares até a fase adulta. O primeiro é conhecido como ínstar de locomoção ou caminchantes - "*crawlers*" - o segundo e o terceiro como instares de alimentação, e o adulto é chamado de fêmea neotênica. Os machos passam pelos dois primeiros instares

semelhantemente às fêmeas e, a partir do final do segundo, entram em dois “instares pupais” de onde emerge o adulto (WILLIAMS; WILLINK, 1992). Enquanto fêmeas depositam seus ovos em um ovissaco branco e filamentosos, produzidos por glândulas de cutícula, ou são ovovivíparas e, nesse caso, geralmente falta a secreção filamentosa (WILLIAMS, 1996).

Pertencente à família Pseudococcidae destaca-se o gênero *Planococcus*, por possuir espécies consideradas pragas em diversas culturas de ordem econômica (CORREA et al., 2008). Esse gênero é originário do velho mundo e contém mais de 43 espécies descritas (BEN-DOV, 2013), sendo que seis ocorrem nas Américas Central e do Sul (WILLIAMS; WILLINK, 1992) destacando-se *Planococcus citri* conhecida como cochonilha branca ou cochonilha dos citros.

Essa cochonilha *P. citri*, é uma praga polífaga e, possivelmente, a mais destrutiva da família Pseudococcidae, devido à severidade das injúrias provocadas às culturas (BLUM-BERG; VAN DRIESCHE, 2001). Pode ocorrer em regiões tropicais, subtropicais e temperadas, colonizando plantas cultivadas em campo e em casa de vegetação (LLORENS, 1990). As fêmeas alimentam-se da seiva de plantas, geralmente em raízes e em fendas na superfície das plantas. Fixam-se à planta e segregam uma camada de cera em usada para a sua proteção. Algumas espécies de cochonilhas farinhentas põem os ovos na mesma camada de cera usada para a sua proteção em quantidades que variam entre 50 - 100 ovos; outras espécies nascem diretamente da fêmea. Os machos, por outro lado, têm vida curta já que não se alimentam durante toda a fase adulta, vivendo apenas o suficiente para fertilizar as fêmeas (GALO et al., 2002).

A identificação dessas cochonilhas tem sido um dos obstáculos visando implantar técnicas de manejo integrado dessas pragas, pois esta é realizada por poucos especialistas, além disso, uma alta diversidade de espécies ocorre no Brasil. (DEMONTIS et al., 2007; CAVALIERI et al., 2008). Quando se trata de cultura para exportação, este grupo de insetos possui importância quarentenária. Quando as espécies não estão presentes no país de destino, ou quando a cochonilha não pode ser identificada ao nível de espécie, resulta na rejeição dos lotes (GONZÁLEZ; VOLOSKY, 2004; CICHÓN et al., 2009).

2.3 Cochonilhas de escamas – *Diaspis echinocacti*

A cochonilha *Diaspis echinocacti* (Bouché, 1833) (Hemiptera: Diaspididae), é praga de várias espécies dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea cochenillifera* Salm Dyck no Nordeste do Brasil (SANTOS et al., 2006). As fêmeas são cobertas por uma carapaça de coloração marrom claro, com exúvia larval central ou subcentral marrom escuro, medindo de 2,2 a 2,5 mm de diâmetro. A escama protege o corpo do inseto, que tem formato piriforme e coloração amarela, medindo de 1,3 a 1,6 mm de comprimento por 1,0 a 1,2 mm na parte mais larga. Como acontece com a maioria dos coccídeos, principalmente com a família Diaspididae, *D. echinocacti* apresenta acentuado dimorfismo sexual, sendo as fêmeas desenvolvidas totalmente desprovidas de apêndices locomotores, enquanto os machos têm vida livre.

Os machos são pequenos, com uma duração de vida de dois a três dias, tempo suficiente para fecundar as fêmeas, e não se alimentam (ARRUDA-FILHO; ARRUDA, 2002). O ciclo de vida de fêmeas de *D. echinocacti* tem duração média de 35 dias à temperatura de 27°C, umidade relativa de 70% e fotoperíodo de 12 horas, passando pelas fases de ovo, três fases de ninfas e adultos. Somente as ninfas de primeiro ínstar se locomovem, fixando-se a partir do segundo ínstar (GILL, 1997).

O ataque dessas cochonilhas na cultura da palma forrageira é caracterizado pela agressividade e explosão populacional, debilitando as plantas até a morte, causando elevados danos e perdas de produção que alcançam até 100%, o que tem gerado grande prejuízo econômico e social à região nordeste, especialmente os estados da Paraíba, Alagoas e Pernambuco (SANTOS et al., 2006).

O estado de Alagoas é detentor da maior área plantada com palma forrageira do nordeste brasileiro, onde se estima que haja 500.000 ha cultivados, conseqüentemente as cochonilhas de escamas denotam grande preocupação a esta cultura (SANTOS et al., 2006).

As causas da persistência de *D. echinocacti* para a região da bacia leiteira de Alagoas são o plantio de propágos já infestados e o clima, com temperatura e umidade relativa altamente favorável à sua adaptação e multiplicação (SILVA,

1984; SILVA; BARBOSA, 1984).

A praga infesta os cladódios (raquetes) ou artículos, sugando a seiva para se alimentar, provocando danos diretos, pela ação espoliadora que ocasiona clorose das raquetes, e danos indiretos, que por se tratar de um inseto picador sugador, abre orifício por onde penetram microrganismos que causam o apodrecimento e queda das raquetes e, conseqüentemente, a morte da planta (SANTOS et al., 2006).

Qualquer parte da planta pode ser atacada, ficando revestida de escamas onde são observadas, com o auxílio de uma lupa de campo, com aumento de dez vezes, fêmeas adultas, ovos e ninfas neonatas em movimento, além de ninfas fixas (CARVALHO et al., 1978). Entre as cochonilhas, esse grupo é o que apresenta o mais alto nível de evolução, tanto por ser sésil, quanto por secretar carapaça cerosa. Além, de possuir carapaça protetora, característica da família, essa espécie ainda apresenta uma característica reprodutiva importante que leva a um alto potencial de infestação, representada pela coexistência de dois tipos de reprodução: a partenogênese telítoca, que é a mais comum, em que, fêmeas originam somente fêmeas e a anfignonia, que origina machos e fêmeas (MILLER; KOSZTARAB, 1979).

2.4 Coccinelídeos como controladores biológicos

A família Coccinellidae é uma das maiores famílias da ordem Coleoptera com mais de 5.000 espécies descritas e que apresentam predadores tanto na fase de larva quanto na fase adulta (GUERREIRO, 2004), sendo que 1.310 espécies ocorrem na região Neotropical, e destas, 325 presentes no Brasil (CORRÊA, 2008). São besouros conhecidos popularmente de joaninhas. Formam um grupo bem conhecido de insetos pequenos, ovais, convexos e frequentemente de coloração brilhante, que apresentam tarsos com três segmentos, sendo principalmente predadores. Quanto à metamorfose são holometábolos, com larvas alongadas, achatadas e cobertas por pequenos tubérculos ou espinhos (BORROR; DELONG, 1988).

A grande maioria dos coccinelídeos é predadora de várias pragas dos sistemas agroflorestais. São consideradas eficazes agentes no controle biológico de pragas, atuando diretamente sobre a população das pragas. O caso

mais famoso de controle biológico de pragas considerado um marco pelo sucesso e aplicabilidade, foi o uso da joaninha *Novius cardinalis* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) que em sua fase larval predava a cochonilha *Icerya purchasi* Maskell (Hemiptera: Margarodidae) praga de citrus. Fato que ocorreu no ano de 1889, na Califórnia nos Estados Unidos, onde enfrentavam um sério problema com esta praga e importaram da Austrália o predador (GUERREIRO, 2004).

Os principais grupos utilizados como alimento pelos coccinelídeos são os Aphididae; Coccidae; ácaros; Adelgidae; Aleyrodidae; formigas; larvas de Chrysomelidae; além dos Heteroptera e Homoptera, Pentatomidae, Cicadellidae e Phylloxeridae. Nesse grupo o comportamento das larvas é semelhante ao dos adultos, utilizando-se inclusive dos mesmos recursos alimentares, sendo, portanto, considerados mais eficientes do que grupos de predadores que atuam apenas na fase de larva ou apenas na fase adulta.

Apresentam grande atividade de busca, sendo muito vorazes (PARRA et al., 2002). Devido ao seu hábito alimentar, diversas espécies de joaninhas são atualmente utilizadas no controle biológico das pragas ou apresentam potencial de serem utilizadas (OBRYCKI et al., 2009). Entre essas espécies, cabe destacar a *Cryptolaemus montrouzieri*.

A espécie *C. montrouzieri* é um inseto nativo da Austrália e extensivamente usado em muitos programas de controle biológico clássico em todo o mundo. Os adultos dessa espécie medem cerca de 3-4 mm de comprimento. Possuem o corpo com coloração preto amarronzado e a parte posterior da cabeça, assim como a porção posterior do abdômen, de cor alaranjada. O dimorfismo sexual é reconhecido pela diferença de coloração do primeiro par de pernas; onde nos machos é de coloração marrom alaranjado e nas fêmeas preto (RAMESHBABU; AZAMI, 1987).

A espécie *C. montrouzieri* foi utilizada em pomares americanos de citrus no controle de diversas espécies de cochonilhas, especialmente *P. citri*. Esse coccinelídeo também tem sido utilizado no controle de diversas outras culturas, como *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Hemiptera: Pseudococcidae) (MANI, 1989), *Pseudococcus affinis* (Maskell) (Hemiptera: Pseudococcidae) (COPLAND et al., 1985), *Nipaecoccus viridis* (Newstead) (Hemiptera: Pseudococcidae) (MANI, 1989).

Outras espécies de coccinélídeos de ocorrência no Brasil apresentam potencial em ser aplicadas ao controle biológico, tendo em vista, que já realizam o controle natural de cochonilhas em cactáceas. Neste sentido, o *Zagreus bimaculosus* é uma espécie de coccinélídeo nativo com potencial de aplicação ao controle biológico.

2.5 *Zagreus bimaculosus*

O predador *Zagreus bimaculosus* (Mulsant) é um predador nativo da cochonilha de escama *D. echinocacti*, importante praga da palma forrageira, *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill, considerada importante base alimentar na cadeia produtiva dos rebanhos bovinos, caprinos e ovinos do semiárido brasileiro. Ele também tem sido encontrado comumente em áreas infestadas com a cochonilha do carmim, *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae) (LIMA et al., 2011). *Z. bimaculosus* ocorre entre outras culturas, soja, jurubeba, abóbora, couve e citros, predando diversas espécies de cochonilhas, pulgões e mosca branca, porém, pesquisas científicas sobre essa espécie ainda são escassas, principalmente quando se trata de cochonilhas farinhentas (RESENDE et al., 2007).

Tem-se observado em campo a presença das cochonilhas farinhentas (*Planococcus citri*) em diversas culturas, o que despertou interesse em estudar o comportamento deste predador diante da cochonilha *P. citri*, e assim, analisar sua capacidade predatória. No entanto, os trabalhos até então encontrados com o *Z. bimaculosus* não tratam de *P. citri*, ficando limitados, mesmo que poucos, apenas as espécies de *D. echinocacti* e *D. opuntiae*.

Alguns trabalhos como o de Castro (2011), figuram como um dos poucos estudos que retratam aspectos biológicos de *Z. bimaculosus* alimentado com as cochonilhas *D. opuntiae* e *D. echinocacti* em laboratório. Tais resultados mencionam período embrionário variando entre 14,39 e 11,88 dias com *D. opuntiae* e *D. echinocacti*. A duração dos estádios de *Z. bimaculosus* alimentado com *D. opuntiae* e *D. echinocacti* foi respectivamente, de: (I) 6,32 e 7,35; (II) 5,14 e 5,29; (III) 5,67 e 6,49 e (IV) 10,87 e 10,14 dias.

As fases de pré pupa e pupa apresentaram durações de 2,44 e 8,33 dias sobre *D. opuntiae* e 3,32 e 11,46 dias sobre *D. echinocacti*. As durações do período ovo-adulto foram de 52,25 e 55,72 dias e os valores de viabilidade de 60,6 e 60%, respectivamente, para indivíduos criados sobre *D. opuntiae* e *D. echinocacti*. O período de pré-oviposição foi de 37,8 e 40,9 dias sobre *D. opuntiae* e *D. echinocacti* e os valores de fecundidade foram 145,4 e 112, 71 ovos/fêmea sobre essas presas, respectivamente. As fêmeas apresentaram longevidade média de 93,75 e 85,5 dias e o machos 116,68 e 111,83 dias quando alimentados com *D. opuntiae* e *D.echinocacti*. Outro trabalho que avaliou os aspectos biológicos de *Z. bimaculosus* foi o de Lima, (2016), observou que o tipo de alimento não influenciou no desenvolvimento (ovo - adulto) de *Z. bimaculosus*, porém, fêmeas desse predador quando alimentadas com *F. dasylirii* foram mais longevas que aquelas alimentadas com ovos de *A. kuehniella*, 100,7 dias; 22,9 dias.

REFERÊNCIAS

- ARRUDA FILHO, G. P.; ARRUDA, G. P. Manejo integrado da cochonilha *Diaspis echinocacti*, praga da palma forrageira em Brasil. **Manejo Integrado Plagas Agroecologia**, v. 64, p.1-4, 2002.
- BEGON, M., HARPER, J. L. & TOWNSEND, C. R., 1990, Ecology: individuals, populations and communities. **Blackwell Scientific Publications**, Oxford, 945p.
- BEGON, M. & MORTIMER, M., 1986, Population ecology: a unified study of animals and plants. **Blackwell Scientific Publications**, Oxford, 219p.
- BEN-DOV Y.; MILLER, D. R.; GIBSON, G. A. P. Scalet Net. Disponível em: <http://www.sel.barc.usda.gov/scalenet.html> >.2013 Acessado em: 04 de jul. de 2019.
- BERRYMAN, A. A., 1992, The origins and evolution of predator prey theory. **Ecology**, 73: 1530-1535.
- BLUMBERG, D.; VAN DRIESCHE, R. G. Encapsulation rates of three encyrtid parasitoids by three mealybug species (Homoptera: Pseudococcidae) found commonly as pests in commercial greenhouses. **Biological Control**, Amsterdam, v. 22, p. 191-199, 2001.
- BORROR, D.J. DELONG, D.M. **Introdução ao estudo dos insetos**. São Paulo, Blucher, p. 653,1988.
- CABI. Disponível em: <http://www.cabi.org/isc/datasheet/10153>. 2010, acessado em 11 de nov. de 2021.
- CARVALHO, M. B.; ARRUDA, G. P.; ARRUDA, E. P. A cochonilha da “palma-forrageira” *Diaspis calyptroides* (Homoptera, Diaspididae) seus inimigos naturais em Pernambuco e Alagoas. **Caderno Ômega**, Recife, v.2, n.1, p.125-30, 1978.
- CASTRO, R. M. **Biologia e exigências térmicas de *Zagreus bimaculosus* (MULSANT) (COLEOPTERA:COCCINELLIDAE)**. (Dissertação de mestrado em Entomologia Agrícola) - Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife, 2011.
- CAVALIERI, V.; MAZZEO, G.; GARZIA, G. T.; BUENOCORE, E.; RUSSO, A. **Identification** of *Planococcus ficus* and *Planococcus citri* (Hemiptera: Pseudococcidae) by PCR-RFLP of COI gene. **Zootaxa**, v. 1816, p. 65–68, 2008.
- CICHÓN, L.; GARRIDO, S.; FERNÁNDEZ, D. *Cochinilla harinosa*. **Fruticultura & Diversificación**, v. 60, p. 24–31, 2009.
- COPLAND, M. J. W. et al. Biology of glasshouse mealybugs and their predators and parasitoids. In: HUSSEY, N.W.; SCOPES, N.E.A. (Ed.). **Biological pest control: the glasshouse experience**. New York: **Cornell University**, p. 82-86, 1985.

CORREA, G. H. **Estudo de seis gêneros Neotropicais de Chilicorini e revisão de *Harpasus*** Mulsant, 1850 (Coleoptera, Coccinellidae, Chilicorini). Dissertação de mestrado. Pós graduação em Ciências Biológicas. Curitiba: UFPR, 2008.

CORREA, L. R. B.; SOUZA, B.; SANTA-CECÍLIA, L. V. C. Desenvolvimento da Cochonilha branca *Planococcus citri* (Risso, 1813) (Hemiptera: Pseudococcidae) em frutíferas. **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 78, n. 2, p. 233-240, 2008.

EMONTIS, M. A.; ORTU, S.; COCCO, A.; LENTINI, A.; MIGHELI, Q. Diagnostic markers for *Planococcus ficus* (Signoret) and *Planococcus citri* (Risso) by random amplification of polymorphic DNA - polymerase chain reaction and species – specific mitochondrial DNA primers. **Journal of Applied Entomology**, v. 131, p. 59–64, 2007.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIN, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, p. 920, 2002.

GARCIA, M. A., 1991, Ecologia nutricional de parasitóides e predadores terrestres. In: A.R. PANIZZI & PARRA, J. R. P. (Eds.), Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas. **Manole, São Paulo**.

GILL, R. J. The scale insects of California. Part 3. The armored scales (Homoptera: Coccoidea: Coccidae). Technical Series in Agricultural Biosystematics and Plant Pathology N° 3. Sacramento, California, USA, **California Department of Food and Agriculture**, p. 307, 1997.

GONZÁLEZ, R. H.; VOLOSKY, C. F. Chanchitos blancos y polillas de la fruta: Problemas cuarentenarios de la fruticultura de exportación. **Revista Fruticola**, v. 25, n. 2, p. 41 – 62, 2004.

GUERREIRO, J.C. A importância das joaninhas no controle biológico de pragas no Brasil e no mundo. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, n.5, p.1-4, 2004.

GULLAN, P. J.; MARTIN, J, H. 2003. Sternorrhyncha (jumping plant lice, whiteflies, aphids, and scales), p. 1079-1089. In V.H. Resh & R.T. Cardé (eds.) **Encyclopedia of insects**. Amsterdam, Academic Press, p. 1266, 2003.

HASSEL, M.P., 1976, The components of arthropod predation. **J. Anim. Ecol.**, 45: 135-164.

HASSEL, M.P., LAWTON, J. H. & BEDDINGTON, J. R., 1977, Sigmoid functional responses by invertebrate predators and parasitoids. **J. Anim. Ecol.**, 46: 249-262.

HOLLING, C. S., 1961, Principles of insect predation. **Annu. Rev. Entomol.**, 6: 163-183.

HOLLING, C. S., 1959a, Some characteristics of simple types of predation and parasitism. **Can. Ent.**, 91: 385-398.

HOLLING, C. S., 1965, The functional response of predators to prey density and its role mimicry and population regulation. **Mem. Entomol.Soc. Can.**, 45: 1-60.

JERVIS, M. A. & KIDD N. A., 1996, Insect natural enemies: practical approaches to their study and evaluation. **Chapman & Hall**, London, 491p.

LIMA, M. S.; da SILVA, D. M. P.; FALCÃO, H, M.; MELO, M. F.; DANTAS, D. S.; PARANHOS, B. A. J. Predadores associados á *Dactilopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) em palma forrageira no estado de Pernambuco, Brasil. **Revista Chilena de Entomologia**, v. 36, p. 51–54, 2011.

LIMA, M. S.; MELO, J. W. S.; BARROS, R. Biology of *Zagreus bimaculosus* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae), a predator of *Ferrisia dasyliirii* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae). **The Coleopterists Bulletin**, v. 70, n. 2, p. 314–320, 2016.

LLORENS, J.M. Homoptera I – Cochinillas de los cítricos y su control biológico. Valencia: Pisa Ediciones, p. 260, 1990. MILLER, D. R.; KOSZTARAB, M. M. Recent advances in the study of scale insects. **Annual Review of Entomology**, v, 24, p. 1-27, 1979.

MANI, M. A review of the pink mealybug (*Maconellicoccus hirsutus* Green). **Insect Science and Its Application**, v,10, n. 2, p. 157–167, 1989

MURDOCH, W., 1973, The functional response of predators. **J. Appl. Ecol.**, 10: 335-341.

OBRYCKI, J.J.; HARWOOD, J. D.; KING, T. J.; O’Neil, R. J. 2009. Aphidophagy by Coccinellidae: application of biological control in agroecosystems. **Biological Control**, v, 51, p. 244–254, 2009.

PARRA, J. R. P; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. Controle biológico: terminologia, p. 1-16. IN: PARRA, J. R. P; BOTELHO, P. S. M.; CORRÊA FERREIRA, B. S.; BENTO, J. M. S. (eds.) Controle biológico no Brasil – parasitoides e predadores. **Piracicaba, Ed. Manole**, p. 609, 2002.

PERONTI, A. L. G. B; RUNG, A. Coccoidea. In: **Catálogo Taxonômico da Fauna do Brasil**. Disponível em: <http://fauna.jbrj.gov.br/fauna/faunadobrasil/>. Acesso em: 14. Ago. 2021.

RAMESH BABU, T.; AZAM, K. M. Biology of *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coccinellidae: Coleoptera) in relation with temperature. **Entomophaga**, v. 34, n. 4, p. 381 – 386, 1987.

RESENDE, A. L. S.; SILVA, E. E.; GUERRA, J. G. M.; ÁGUIA-MENEZES, E. L. Ocorrência de insetos predadores de pulgões em cultivo orgânico de couve em sistema solteiro e consorciado com adubos verdes. Seropédica-RJ, **EMBRAPA**, p. 6, 2007.

RICKLEFS, R. E., 1996, A economia da natureza. **Guanabara Koogan**, Rio de Janeiro, 470p.

SANTA-CECÍLIA, L. V. C.; REIS, P.R.; SOUZA, J. C. Sobre a nomenclatura das espécies de cochonilhas farinhentas do cafeeiro nos estados de Minas Gerais e Espírito Santo. **Neotropical. Entomology**, v. 31, p. 333-334, 2002.

SANTOS, D.C.; FARIAS, I.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V.; ARRUDA, G. P.; COELHO, R.S. B.; DIAS, F. M.; MELO, J. N. Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*) em Pernambuco. Recife, **Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária - IPA** (Documentos 30), p. 33, 2006.

SILVA, C.C.A. da. Flutuação populacional da cochonilha *Diaspis echinocacti* (Bouché) e seus predadores em palma forrageira *Nopalea cochenillifera* (L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, Londrina. Resumos. Londrina: **Sociedade Entomológica do Brasil**, p. 195, 1984.

SILVA, C. C. A.; BARBOSA, S. M. L. Ciclo biológico de *Zagreus bimaculosus* (Muls.) (Coleoptera, Coccinellidae), um predador da cochonilha da palma forrageira *Diaspis echinocacti* (Bouché, 1833). Maceió. (**EPEAL, Boletim de Pesquisa, 2**). EPEAL, p 15, 1984.

SOLOMON, M. E., 1949, The natural control of animal populations. **J. Anim. Ecol.**, 18: 1- 35.

SOLOMON, M. E., 1980, **Dinâmica de populações**. EPU, São Paulo, 78p.

TREXLER, J. C., McCULLOCH, C. E. & TRAVIS, J., 1988, How can the functional response best be determined? **O ecologia**, 76: 206-214.

WILLIAMS, D. J. Australian mealybug. London: **British Museum Natural History**, p. 431, 1996.

WILLIAMS, D.J.; WILLINK, M. C. G. Mealybug of Central and South América. **Walingford, CABI**. p, 629, 1992.

3 - CAPÍTULO 1: BIOLOGIA COMPARADA DE *Zagreus bimaculosus* (Mulsant) (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) SOBRE *Diaspis echinocacti* (Bouché) (HEMIPTERA: DIASPIDIDAE) E *Planococcus citri* (Risso, 1813) (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE)

RESUMO

Zagreus bimaculosus (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) é um predador nativo da cochonilha de escama, *D. echinocacti* e, frequentemente, tem sido encontrado em áreas infestadas. Além disso, tem-se observado em diversos cultivos a presença de cochonilhas farinhentas, dentre elas *Planococcus citri*. A incidência das cochonilhas *D. echinocacti*, é bastante conhecida pelos produtores de palma forrageira, *Opuntia ficus-indica* Mill, no Semiárido nordestino brasileiro. Por outro lado, pouquíssimos são os estudos referentes às cochonilhas farinhentas atacando culturas, bem como a eficácia de predadores naturais sobre elas. Assim sendo, este trabalho comparou-se a biologia de *Z. bimaculosus* quando alimentados sobre as duas cochonilhas. Houve diferença significativa no período de desenvolvimento larva-adulto, quando alimentado com *P. citri* (38,7 dias), em relação a *D. echinocacti* (42,5 dias). Quando os casais foram alimentados somente por *P. citri* apresentaram valores significativos em relação a *D. echinocacti*: I) Pré oviposição (7,43 dias); (5,25 dias) II) Oviposição (81,62 dias); (92,5 dias); III) pós oviposição (19,0 dias); (6,8 dias). Embora, o número de ovos seja semelhante, em relação a dieta oferecida: (197,2) contra (285,4), foi na viabilidade dos mesmos, onde a diferença foi bastante significativa, onde *D. echinocacti* obteve 70,6% contra 50,02%, demonstrando com isso alta capacidade reprodutiva. Quanto a razão sexual, praticamente foi a mesma: (0,51); (0,50). Com base nesses dados, observa-se que *Z. bimaculosus* consegue se desenvolver alimentando-se de ambas as cochonilhas o que indica uma adaptação desse predador a diferentes presas.

Palavras chave: Bioecologia, Insecta, Predadores, Sobrevivência.

3 - CHAPTER 1: COMPARED BIOLOGY OF *Zagreus bimaculosus* (Mulsant) (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) ON *Diaspis echinocacti* (Bouché) (HEMIPTERA: DIASPIDIDAE) AND *Planococcus citri* (Risso, 1813) (HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE)

ABSTRACT

Zagreus bimaculosus (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) is a native predator of the scale mealybug *D. echinocacti* and has been frequently found in infested areas. In addition, mealybugs, among them *Planococcus citri*, have been observed in several crops. The incidence of the mealybug *D. echinocacti* is well known by producers of forage palm, *Opuntia ficus-indica* Mill, in the Brazilian northeastern semiarid region. On the other hand, there are very few studies concerning mealybugs attacking crops, as well as the efficacy of natural predators on them. Therefore, this work compared the biology of *Z. bimaculosus* when fed on the two mealybugs. There was a significant difference in the larva-adult development period when fed on *P. citri* (38.7 days) compared to *D. echnocacti* (42.5 days). When the pairs were fed only on *P. citri* they showed significant values in relation to *D. echnocacti*: I) Pre oviposition (7.43 days); (5.25 days) II) Oviposition (81.62 days); (92.5 days); III) post oviposition (19.0 days); (6.8 days). Although, the number of eggs is similar, in relation to the diet offered: (197.2) against (285.4), it was in their viability, where the difference was quite significant, where *D. echnocacti* obtained 70.6% against 50.02%, demonstrating with this high reproductive capacity. As for the sex ratio, it was practically the same: (0.51); (0.50). Based on these data, it is observed that *Z. bimaculosus* can develop feeding on both mealybugs, which indicates an adaptation of this predator to different preys.

Keywords: Bioecology, Insecta, Predators, Survival

3.1 INTRODUÇÃO

Embora os coccinelídeos predadores tenham uma preferência por determinados grupos de presas (cochonilhas, pulgões, moscas brancas etc.), eles possuem a capacidade de sobreviverem alimentando-se de presas que não fazem parte do seu repertório comum de alimento (SEAGRAVES, 2009), isso é possível graças a sua plasticidade em alimentar-se do que alguns autores como Hodek (1973) chamam de presas alternativas.

Essas presas alternativas permitem ao coccinelídeo adulto sobreviver, sem conseguir reproduzir-se. No entanto, quando esse coccinelídeo consegue se desenvolver e reproduzir-se alimentando-se de uma determinada presa, ela é considerada um alimento essencial (EVANS et al., 1999).

O coccinelídeo *Zagreus bimaculosus* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae) é uma espécie considerada nativa do Brasil, com ampla ocorrência em todo território nacional, sendo comumente encontrado associado a *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae) que ataca palma forrageira na região nordeste do Brasil (MENEZES et al., 2005), sendo posteriormente encontrado associado a *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae) conhecida como cochonilha do carmim (LIMA et al., 2011). Lima et al., (2016) avaliou o desenvolvimento e a reprodução de *Z. bimaculosus* em *Ferrisia dasyliirii* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae), e determinou que essa cochonilha também pode ser considerada uma presa essencial para *Z. bimaculosus*.

Algumas espécies de cochonilhas têm ganhado destaque no cenário nacional por atacarem um grande número de plantas cultivadas e se tornarem pragas severas, dentre essas cochonilhas podemos destacar *Planococcus citri* (Risso, 1813) (Hemiptera: Pseudococcidae), que embora seja considerada uma espécie exótica já se encontra disseminada no Brasil (MARTINELLI et al., 2015), atacando uma ampla variedade de culturas de importância como algodoeiro, bananeira, cana-de-açúcar, citros, coqueiro, figueira, goiabeira, mangueira, videira, graviola, e plantas ornamentais (SANTA-CECÍLIA et al., 2009; SOUZA et al., 2012; BENDOVI et al., 2013; GARCIA et al., 2017). Um dos entraves para o controle desse tipo de cochonilha é o fato de não existirem inseticidas registrados para o controle desses insetos pragas (AGROFIT, 2021).

Os coccinelídeos podem ser uma alternativa viável como controladores biológicos dessas cochonilhas, sejam elas as Diaspididae ou Pseudococcidae. Exemplos na literatura demonstram essa capacidade no caso do coccinelídeos (NARDO et al., 1999; GRAVENA, 2003). No entanto, o desconhecimento dos diferentes aspectos envolvidos no processo de produção para posterior liberação e monitoramento de predadores, parece ser o principal motivo do pouco uso como agentes de controle biológico. As principais limitações se referem tanto a falta de padronização de variáveis biológicas, bem como o estabelecimento de parâmetros a elas correspondentes, e ainda estratégias para liberação e monitoramento da eficiência predatória em campo.

Dessa forma, em virtude das poucas informações relacionadas aos coccinelídeos predadores que ocorrem na região nordeste do Brasil, o presente trabalho teve por objetivo avaliar os aspectos biológicos de *Z. bimaculosus* alimentando-se de *D. echinocacti* e *P. citri* em condições de laboratório.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Local de execução do experimento

O presente trabalho foi desenvolvido no laboratório de entomologia e controle alternativo de pragas (LECAP) do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, localizada na cidade de Rio Largo em Alagoas.

3.2.2. Criação e multiplicação de *Planococcus citri* (Risso, 1813) (Hemiptera: Pseudococcidae)

A criação da cochonilha *P. citri*, iniciou-se a partir de criação provinda do laboratório de entomologia aplicada (LEA), da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Para criação e multiplicação desse pseudococcídeo, foi adaptada a técnica de criação de SANCHES et al., (2002). A criação foi desenvolvida em sala climatizada com condições controladas a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $72 \pm 15\%$ UR e fotofase de 12 horas.

Abóboras da variedade jacarezinho, foram compradas na central de abastecimento (CEASA) em Maceió, levadas ao laboratório, onde foi feita a assepsia das mesmas, através de lavagem em água corrente com uso de detergente neutro. Após a lavagem foram secadas e colocadas em bandejas plásticas forradas com papel toalha, sendo duas abóboras por bandeja, das abóboras serviram então, com o substrato para multiplicação da cochonilha *P. citri* (Figura1).

Quando as abóboras estavam infestadas com a cochonilha, novas abóboras em estágio inicial de maturação eram colocadas sobre as anteriores passando também a serem infestadas com as cochonilhas, essas serviam para manutenção das presas e para alimentação dos coccinelídeos predadores.

Figura 1. Criação e multiplicação de *Planococcus citri* em bandejas de criação no Laboratório de Entomologia e Controle Alternativo de pragas (LECAP).



Fonte: Autor (2020).

3.2.3 Criação e multiplicação de *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae)

Para a criação da cochonilha *D. echinocacti*, esta iniciou-se a partir de coletas de palmas forrageiras da variedade *Nopalea cochenillifera*, conhecida como palma doce ou miúda, infestadas com as cochonilhas de escamas, essas raquetes foram então levadas ao Laboratório de Entomologia e Controle Alternativo de Pragas (LECAP), da Universidade Federal de Alagoas (UFAL). A criação foi então desenvolvida em sala climatizada com condições controladas a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $72 \pm 15\%$ UR e fotofase de 12 horas.

No laboratório as raquetes contendo as cochonilhas eram colocadas em bandejas plásticas, forradas com papel toalha, após a total infestação dela, novas raquetes limpas eram colocadas sobre as infestadas para que as ninfas caminchantes infestassem as novas raquetes mantendo uma quantidade de cochonilhas, que tanto serviriam para os experimentos, quanto para a manutenção dos predadores.

3.2.4 Criação e Multiplicação de *Zagreus bimaculosus* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae)

Larvas e adultos de *Z. bimaculosus* advindos de coleta realizada em palmas infestadas de cochonilhas de escamas, no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias,

foram coletados e levados ao laboratório, onde foram separados larvas e adultos e então transferidos para respectivas gaiolas (Neonatas e adultos) (Figura 2).

Figura 2. Gaiola de criação e multiplicação de *Z. bimaculosus* no Laboratório de Entomologia e Controle Alternativo de pragas (LECAP).



Fonte: Autor (2020).

As gaiolas plásticas possuíam 50 x 30 x 25 cm (comprimento x altura x largura), contendo aberturas retangulares (35 x 20 cm) nas laterais, fechadas com tecido organza permitindo assim a aeração. As gaiolas 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 abóbora infestada e a gaiola foram trocadas sempre que necessário, mantendo assim a abundância de alimento. Nas caixas também eram ofertados pedaços de algodão para servir como sítio de oviposição das fêmeas.

3.2.5 Desenvolvimento de imaturos de *Zagreus bimaculosus* em *Planococcus citri* e *Diaspis echinocacti*

Para iniciar esse experimento foram separados 20 casais de *Z. bimaculosus*, recém emergidos, estes casais foram colocados em placas de Petri com 5,5 cm de diâmetro, vedadas com plástico filme. Dentro da placa de Petri foi colocado recorte de papel filtro, esse serviria como substrato para a oviposição das fêmeas. Todos os

casais foram alimentados a vontade com a cochonilha *P. citri* nas fases adultos e ninfas.

O recorte de papel filtro, bem como a placa de Petri eram vistoriados diariamente, com auxílio de um estereomicroscópio, visando observar se ocorreram posturas e quantificar o número de ovos, além de repor a alimentação dos adultos, visando a disponibilidade contínua do alimento.

Após a retirada do papel filtro, os ovos eram separados em placas de Petri, identificados com etiquetas para avaliar a duração (desenvolvimento embrionário) e a viabilidade dessa fase. Logo após a eclosão das larvas, cem indivíduos foram então transferidos de forma manual com auxílio de pincel de cerdas macias e individualizados em placas de Petri, onde eram oferecidas ninfas neonatas da cochonilha *P. citri*.

Essas larvas eram então avaliadas diariamente através de estereomicroscópio, para determinar as mudanças de ínstar, que era caracterizado pelo aumento da larva e pela exúvia deixada após o processo de muda. A partir do segundo ínstar, essas larvas recebiam tanto ninfas quanto adultos de *P. citri*, até a fase de pré-pupa, isso porque a partir desse ínstar a capacidade predatória das larvas é muito grande e elas procuram mais adultos que ninfas da cochonilha para se alimentar. Na fase de pré-pupa, também foram observadas diariamente visando determinar sua duração e viabilidade. Todos os dados de desenvolvimento foram anotados diariamente em planilhas específicas.

Para as joaninhas que foram alimentadas com a cochonilha *D. echinocacti*, a metodologia foi igual para os indivíduos alimentados com *P. citri*, sendo que após a eclosão com larvas foram individualizadas e transferidas com auxílio de pincel de cerdas macias para placas de Petri, contendo recorte de papel filtro onde foi ofertada como alimento à cochonilha em pedaços de palma forrageira. As formas imaturas foram acompanhadas conforme mencionado para os indivíduos alimentados com *P. citri*, para determinar o desenvolvimento e a viabilidade desse estágio.

Para analisar a influência do tipo de alimento sobre o tempo e a viabilidade de cada estágio de desenvolvimento ovo, larva (1º ínstar, 2º ínstar, 3º ínstar, 4º ínstar), pré-pupa, pupa e larva-adulto, foram utilizados os modelos lineares generalizados (GLM) (Proc GLM, teste de Fisher, $P=0,05$; SAS Institute 2002).

3.2.5 Longevidade e reprodução de adultos de *Zagreus bimaculosus* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae)

Logo após a emergência dos adultos de *Z. bimaculosus* foi feita a sexagem desses indivíduos através da observação do pronotro. Os machos possuem este de cor clara, enquanto as fêmeas são de cor escura. A partir daí foram formados quarenta casais colocados em placas de Petri, fechadas com plástico filme, desses quarenta casais, vinte foram alimentados com a cochonilha *P. citri* e vinte casais foram alimentados com a cochonilha *D. echinocacti*, sendo colocados recortes de papel filtro nas placas de Petri para servir como substrato de oviposição para as fêmeas. Esses recortes de papel eram vistoriados diariamente com auxílio de um estereomicroscópio para quantificar o número de ovos. Esses ovos eram então devidamente separados e identificados em etiquetas para avaliar a duração e a viabilidade dessas fases. Para todos os casais foram acompanhados os períodos de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição, fecundidade e fertilidade, bem como, a longevidade de machos e fêmeas.

Para analisar a influência do tipo de alimento sobre os parâmetros biológicos (longevidade, pré-oviposição, oviposição, número de ovos por fêmea e viabilidade de ovos), foram utilizados os modelos lineares generalizados (GLM) (Proc GLM, teste de Fisher, $P=0,05$; SAS Institute 2002).

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Desenvolvimento de *Zagreus bimaculosus*

Os resultados demonstraram que não houve diferença significativa no período embrionário de *Z. bimaculosus* quando foram alimentados com *D. echinocacti* (11,1 dias) ou a cochonilha *P. citri* (11,3 dias), já a viabilidade dos ovos foi de 70,6 e 50,0%, para indivíduos alimentados com *D. echinocacti* e *P. citri* respectivamente, mostrando uma acentuada diferença nesse parâmetro biológico (Tabela 2).

Embora, os resultados desse trabalho não mostraram diferença no período de desenvolvimento dos ovos, variações nessa etapa de vida de *Z. bimaculosus*, têm sido relatados por outros autores. Castro (2011), encontrou valores de 14,4 e 11,9 dias para o desenvolvimento de ovo, quando os adultos foram alimentados com *Dactylopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) e com *D. echinocacti*. Outros autores como Silva; Barbosa (1984) que também estudaram a biologia de *Z. bimaculosus* em *D. echinocacti*, observaram o tempo de desenvolvimento embrionário de 6,5 dias. Já Lima et al., (2016), obteve valores de 33,1 dias quando alimentado com ovos de *A. kuehniella* e de 33,6 quando alimentados com *Ferrisia dasyliirii* (Hemiptera: Pseudococcidae).

Variação no tempo de desenvolvimento e na viabilidade em ovos de coccinelídeos também ocorrem a depender do tipo de alimento, isso pode estar relacionado ao fato que espécies polípagas de coccinellidae podem ter um equilíbrio favorável de nutrientes importantes a depender do tipo de alimento (HODEK; HONEK, 1996). Fato confirmado por De Clercq et al., (2005), que obteve maior viabilidade de ovos do coccinelídeo *Adalia bipunctata* quando alimentados com suplemento alimentar.

Em relação ao tempo de desenvolvimento do período larval de *Z. bimaculosus* houve diferença significativa quando esse coccinelídeo foi alimentado com *D. echinocacti* ou com a cochonilha farinhenta *P. citri*, apresentando menor tempo de desenvolvimento larval para a *P. citri*. O mesmo ocorrendo para o desenvolvimento total larva-adulto que foi de 38,7 para larvas alimentadas com *P. citri* e de 42,5 dias para indivíduos alimentados com *D. echinocacti* (Tabela1).

Em relação ao período pupal houve diferença significativa, pois quando os indivíduos foram alimentados com *P. citri* desenvolveram - se mais rapidamente que aqueles alimentados com *D. echinocacti*, essa fase teve duração média de 10,3 e 11,5 dias, respectivamente (Tabela1).

Esses resultados de variação no tempo de desenvolvimento, corroboram com outros trabalhos que também encontraram resultados semelhantes quando alimentaram a fase larval com diferentes alimentos (CASTRO, 2011; LIMA et al., 2016). Alguns coccinelídeos quando alimentados com diferentes presas podem acelerar ou retardar seu tempo de desenvolvimento larval, e quando esse tempo de desenvolvimento é reduzido, indica que sua presa possui ótima qualidade nutricional (PANIZZI; PARRA,2009).

Um aspecto importante é que *Z. bimaculosus* já tenha conseguido se desenvolver alimentando-se de *F. dasyliirii* (LIMA et al., 2016) uma cochonilha farinhenta. O fato dele conseguir se desenvolver alimentando-se de *P. citri*, é um marco inédito e passa a ser um ponto muito importante no estudo desse coccinelídeo, para eventuais trabalhos de multiplicação em laboratório, uma vez que predadores precisam de tempo para se adaptar e utilizar certos tipos de presas pela primeira vez, especialmente predadores com digestão extra oral, como é o caso dos coccinelídeos (DE CLERCQ, 2005).

Embora, *Z. bimaculosus* seja um predador associado à cochonilha de escamas, as larvas desse coccinelídeo tiveram uma alta viabilidade, indicando que ambas cochonilhas *D. echinocacti* e *P. citri*, possuem boa qualidade nutricional, permitindo seu desenvolvimento. Esse fato é comprovado uma vez que, larvas de coccinelídeos raramente completam o primeiro ínstar larval quando estas não se alimentam de forma adequada ou quando o alimento é de má qualidade nutricional (MICHAUD, 2005).

Tabela 1: Desenvolvimento em dias de *Zagreus bimaculosus* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae), alimentados com *Planococcus citri* (Hemiptera: Pseudococcidae) e *Diaspis echinocacti* (Hemiptera: Diaspididae).

Presas	<i>Planococcus citri</i> (75) ¹	<i>Diaspis echinocacti</i> (75)
Larva		
1° Instar	4,73 ± 0,08 A	7,68 ± 0,08 A
2° Instar	5,94 ± 0,09 A	5,84 ± 0,09 B
3° Instar	6,81 ± 0,07 A	6,58 ± 0,07 B
4° Instar	11,5 ± 0,10 A	10,7 ± 0,20 B
Pupal	10,3 ± 0,05 B	11,5 ± 0,12 A
Larva - adulto	38,7 ± 0,14 B	42,5 ± 0,22 A

¹ Número de insetos testados

Médias (±EP) seguidas por letras iguais na linha não diferem entre si (Teste de Fisher: $P=0.05$)

3.3.2 Longevidade e Reprodução de *Zagreus bimaculosus*

Os períodos de oviposição e pós oviposição foram influenciados pelo tipo de alimento, sendo inferiores quando os insetos foram alimentados com *P. citri*, porém, superior no período de pré oviposição quando alimentados por *D. echinocacti* (Tabela 2).

Com relação a longevidade, fêmeas alimentadas com *D. echinocacti* foram mais longevas que aquelas alimentadas com *P. citri*, apresentando médias de 123,5 dias e 108,1 dias respectivamente (Tabela 2). As características reprodutivas de *Z. bimaculosus* quando alimentados com *D. echinocacti* apresentaram oviposição média de 285,4 ovos por fêmea com viabilidade de 70,6%, oviposição superior a observada quando *Z. bimaculosus* foram alimentados com *P. citri* que tiveram uma média de 197,2 ovos e viabilidade de 50,0% (Tabela 2).

Uma característica interessante em relação aos ovos depositados por fêmeas, é que as que foram alimentadas com *D. echinocacti*, seus ovos apresentavam coloração amarelo brilhante após a postura e escurecendo próxima a eclosão das larvas, enquanto, que ovos depositados por fêmeas alimentadas com ovos de *P. citri* apresentavam coloração opaca e escureciam próximo a eclosão das larvas, além de maiores intervalos de oviposição. Esse fato pode estar relacionado aos constituintes nutricionais das presas. É sabido que alimentos diferentes de coccinélídeos

complementam sua alimentação, com pólen e néctar visando melhorar seu desempenho reprodutivo (LUDGREN, 2009). Como é a primeira vez que *Z. bimaculosus* se alimenta desse tipo de cochonilha, essa coloração mais opaca dos ovos pode indicar uma necessidade de suplementação alimentar.

Variação nos períodos de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição, não tem sido incomum em coccinelídeos. Lima et al., (2016) ao avaliar os parâmetros reprodutivos de *Z. bimaculosus* sobre *F. dasyliirii* observou que esses apresentam períodos reprodutivos de pré-oviposição, oviposição e pós-oviposição maiores do que quando alimentados com ovos de *A. kuehniella*.

Essa mesma diferença também foi encontrada nos trabalhos de Castro (2011), observou que esses mesmos parâmetros tiveram variações quando o alimento ofertado era diferente. Essa variação indica que os alimentos ofertados têm influência direta na reprodução.

Os períodos de pré-oviposição, oviposição e de pós-oviposição também podem ser influenciados pelo tipo de alimento (HODEK; HONEK, 2012). Um maior período de pré-oviposição indica que as fêmeas de *Z. bimaculosus* necessitam ingerir uma quantidade maior de nutrientes para maturar seus ovários (SEAGRAVES, 2009), demonstrando que fêmeas dessas espécies necessitam de uma quantidade de nutrientes maior que a necessária para sua manutenção, a alocação desses recursos energéticos demanda um período de tempo maior para essas fêmeas a depender do tipo de alimento ofertado.

Foi possível observar que fêmeas de *Z. bimaculosus* apresentam maior longevidade quando são alimentadas com *D. echinocacti* do que quando o alimento é *P. citri*. Diferentes tipos de alimentos podem influenciar na longevidade dos adultos, seja para mais ou para menos (HODEK; HONEK, 2012). Como visto por Omkar et al (2009) que tiveram maiores longevidades do coccinelídeo *Anegleis cardoni* quando alimentados com *Aphis gossypii* em comparação com o pulgão *Lipaphis pseudobrassicae*. Diferentes tipos de presa podem levar também a variação do potencial reprodutivo de predadores (PARAJU- LEE; PHILLIPS, 1993).

Os resultados demonstram que tanto a cochonilha *P. citri* quanto a cochonilha *D. echinocacti* podem ser utilizados para criação e multiplicação em laboratório de *Z. bimaculosus*, uma vez que ambas as cochonilhas proporcionaram alta sobrevivência nas

fases imaturas do predador. No momento da decisão sobre a multiplicação, é importante considerar que embora os dois alimentos permitam ao coccinelídeo chegar a fase adulta, a cochonilha *D. echinocacti* demonstrou ser um alimento ideal para os adultos, permitindo uma maior oviposição e longevidade das fêmeas.

Os resultados encontrados nesse experimento, poderão desencadear pesquisas com criações massais desse predador, objetivando multiplicação em condições de laboratório, pois se trata de trabalho de caráter inédito para *Z. bimaculosus* alimentando-se de *P. citri* uma cochonilha com status de praga quarentenária para o Brasil.

Tabela 2: Parâmetros reprodutivos de *Zagreus bimaculosus* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) alimentados com *Planococcus citri* (Hemiptera: Pseudococcidae) e *Diaspis echinocacti* (Hemiptera: Diaspididae)

Presa		<i>Planococcus citri</i>	<i>Diaspis echinocacti</i>	P
N		20	20	
Longevidade	Machos (dias)	95,3 ± 1,57B	96,5 ± 1,52A	0,578 7
	Fêmeas (dias)	108,1 ± 1,33B	123,5 ± 1,28A	<,000 1
Fertilidade	n*	16	20	
	Pré-oviposição (dias)	7,43 ± 0,19 A	5,25 ± 0,36 B	0,002 2
	Oviposição (dias)	81,62 ± 3,84 A	92,51 ± 0,63 B	<,000 1
	Pós-oviposição (dias)	19,0 ± 0,47A	26,8 ± 0,14 B	<,000 1
	Ovos por fêmea	197,2 ± 10,0 B	285,4 ± 13,8 B	<,000 1
	Viabilidade de ovos%	50,02 ± 4,8	70,6 ± 6,6	
	Estágio de duração dos ovos	11,3 ± 0,13A	11,1 ± 0,13A	<,000 1
Razão sexual		0,51	0,50	

Médias seguidas pela mesma letra na linha não diferem estatisticamente pelo Teste de Fisher:

P = 0.05)

N = Número de casais estudados

3.3.3 CONCLUSÕES

Zagreus bimaculosus consegue se desenvolver e reproduzir alimentando-se das cochonilhas *Diaspis echinocacti* e *Planococcus citri*.

As cochonilhas *Diaspis echinocacti* e *Planococcus citri* são alimentos ideais para *Zagreus bimaculosus*.

O coccinelídeo *Z. bimaculosus* se apresenta como potencial controlador de cochonilhas de escamas e farinhentas.

Quando alimentado com *D. echinocacti*, *Z. bimaculosus* apresentou melhores resultados, tanto do ponto de vista biológico quanto de taxa de predação.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT. Sistemas de agrotóxicos fitossanitários. Disponível em: http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em 20 jan. 2021
- BEN-DOV Y.; MILLER, D. R.; GIBSON, G. A. P. **Scalet Net**. Disponível em: <http://www.sel.barc.usda.gov/scalenet.html> >.2013 Acessado em: 04 de jul. de 2019.
- DE CLERCQ, P.; BONTE, M.; VANSPEBROECK, K.; BOLCKMANS, K.; DEFORCE, K. Development and reproduction of *Adalia bipunctata* (Coleoptera Coccinellidae) on eggs of *Ephesia kuehniella* (Lepidoptera: Phycitidae) and pollen. **Pest Management Scienci**, v.61, n.11, p.1129-1132, 2005.
- EVANS, E. W.; STEVENSON, T.; RICHARDS, D. R. Essential versus alternative foods of insect predators: benefits of a mixed diet. **O ecologia** v. 121, p. 107–112, 1999.
- GARCÍA MORALES M.; DENNO B. D.; MILLER D. R.; MILLER G. L.; BEN-DOV Y.; HARDY N. B. ScaleNet: **A literature-based model of scale insect biology and systematics**. Database. Disponível em: <http://scalenet.info> Acesso em: 27.jan.2021.
- GRAVENA, S. Manejo ecológico da cochonilha branca dos citros, com ênfase no controle biológico pela joaninha *Cryptolaemus montrouzieri*. **Laranja, Cordeirópolis**, v.24, p.71-82, 2003.
- HODEK, I. Biology of Coccinellidae. Academia Publishing House of the Czechoslovak, **Academy of Sciences**, Prague, Czechoslovakia. 1973.
- HODEK, I.; HONEK, A. Ecology of Coccinellidae. **Kluwer Academic Publishers**, Dordrecht.1996.
- NARDO, E.A.B. Perspectivas do controle biológico da praga quarentenária cochonilha rosada no Brasil *Maconellicoccus hirsutus* (Green) (Hemiptera: Pseudococcidae). Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 1999. 38p. (**Embrapa Meio Ambiente. Documentos**, 2).
- LIMA, M. S.; da SILVA, D. M. P.; FALCÃO, H, M.; MELO, M. F.; DANTAS, D. S.; PARANHOS, B. A. J. Predadores associados a *Dactilopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) em palma forrageira no estado de Pernambuco, Brasil. **Revista Chilena de Entomologia**, v. 36, p. 51– 54, 2011.
- LIMA, M. S.; MELO, J. W. S.; BARROS, R. Biology of *Zagreus bimaculosus* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) a predator of *Ferrisia dasyliirii* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae). **The Coleopterists Bulletin**, v. 70, n. 2, p. 314–320, 2016.
- LUNDGREN, J.G. Nutritional aspects of nonprey foods and the life histories of predaceous Coccinellidae. **Biological Control** v. 51, p. 294–305, 2009.
- MARTINELLI, N. M.; PERONTI, A. L. B. G.; ALENCAR, M. A. V.; ANDRADE, S. C.; MELVILLE, C. C.; VALENTE, F. I. Artrópodes invasores associados a plantas de importância econômica no estado de São Paulo, In: **Tópicos em Entomologia Agrícola VII**, Jaboticabal, SP: **Maria de Loudes Brandel**, v. 7, p.392, 2015.

- MENEZES, R. S. C.; SIMÕES, D. A.; SAMPAIO E. V. S. B. A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso. **Editora Universitária UFPE**, Recife, Brazil, 2005.
- MICHAUD, J. P.; GRANT, A. K. 2005. Suitability of pollen sources for the development and reproduction of *Coleomegilla maculata* (Coleoptera: Coccinellidae) under simulated drought conditions. **Biological Control** v.32, p. 363–370, 2005.
- PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. 2009. Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas. **Embrapa Informação Tecnológica**, Brasília, Brazil, 2009.
- SANCHES, N. F.; CARVALHO, R. S.; SILVA, E.; SANTOS, I. P.; SANTOS, R. C. Técnica de criação do predador exótico *Cryptolaemus montrouzieri* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae) em laboratório. Circular Técnica 47. **Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas**, Brazil, 2002.
- SANTA-CECÍLIA, L. V. C.; SOUZA, B.; SOUZA J. C.; PRADO, E.; MOINO JUNIOR A.; FORNAZIER, M. J.; CARVALHO, G. A. Cochonilhas farinhentas em cafeeiros: bioecologia, danos e métodos de controle. Belo Horizonte, **Epamig**. 48p. (Boletim técnico, 79), 2009.
- SAS INSTITUTE - SAS. **SAS/STAT user's guide**: version 8.02 - TS level 2MO. Cary: SAS Institute. Inc.2002.
- SEAGRAVES, M. P. Lady beetle oviposition behavior in response to the trophic environment. **Biological Control**, v. 51, n. 2, p. 313–322, 2009.
- SOUZA A.; SOUZA B.; SANTA-CECÍLIA, L. V. C.; PRADO E. Especificidade alimentar: em busca de um caráter taxonômico para a diferenciação de duas espécies crípticas de cochonilhas do gênero *Planococcus* (Hemiptera: Pseudococcidae). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, p. 744-749, 2012.

4 - CAPÍTULO 2: TAXA DE PREDACÃO E RESPOSTA FUNCIONAL DE
Zagreus bimaculosus (Mulsant) (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE)
SOBRE *Planococcus citri* (Risso, 1813) E *Ferrisia dasyliirii* (Cockerell)
(HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE)

RESUMO

Predação é uma relação ecológica em que animais predadores se alimentam de outros animais para obter os recursos necessários para sobrevivência, evitando a soberania de uma espécie mais hábil em um determinado habitat gerado pela competição. Por sua vez, a resposta funcional é a taxa de consumo alimentar em relação à disponibilidade de presas ou recursos disponíveis. Desta forma, os coccinelídeos apresentam-se como potenciais agentes de controle biológico no controle de insetos pragas, devido sua alta capacidade predatória e ampla disseminação nos agroecossistemas. Dentre os coccinelídeos predadores ocorre *Zagreus bimaculosus* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae), de ampla ocorrência no Brasil, está associado a vários insetos pragas, com destaque para as cochonilhas de escamas *Diaspis echinocacti*, do carmim *Dactylopius opuntiae* e a farinha *Ferrisia dasyliirii*. O presente trabalho avaliou a taxa de predação e resposta funcional do coccinelídeo nativo *Z. bimaculosus* nas suas fases de larva e adulto, sobre as cochonilhas farinhentas *F. dasyliirii* e *P. citri*, visando ter informações que subsidiem o uso desse predador no manejo integrado desses insetos pragas. Foram avaliadas a taxa de predação e a resposta funcional de larvas e adultos de *Z. bimaculosus* sobre as fases de ninfas e adultos de *F. dasyliirii* e *P. citri*. A taxa de predação variou entre as larvas e adultos de *Z. bimaculosus*. Larvas e adultos de *Z. bimaculosus* apresentam resposta funcional do tipo II.

Palavras chave: Predadores, Controle biológico, Ecologia, Interação.

**4 - CHAPTER 2: PREDATION RATE AND FUNCTIONAL RESPONSE OF
Zagreus bimaculosus (Mulsant) (COLEOPTERA: COCCINELLIDAE) ON
Planococcus citri (Risso, 1813) AND *Ferrisia dasyliirii* (Cockerell)
(HEMIPTERA: PSEUDOCOCCIDAE)**

ABSTRACT

Coccinellids are important biological control agents for several pests in various agroecosystems. This fact is since this group can feed on a wide range of herbivorous insects such as aphids, mealybugs, psyllids, thrips and lepidopteran larvae. Among the predatory coccinellids there is *Zagreus bimaculosus* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae), of wide occurrence in Brazil, it is associated with several insect pests, especially the scale mealybugs *Diaspis echinocacti*, the carmine *Dactylopius opuntiae* and the mealy bug *Ferrisia dasyliirii*. The present work evaluated the predation rate and functional response of the native coccinellid *Z. bimaculosus* in its larval and adult stages, on mealybugs *F. dasyliirii* and *P. citri*, in order to obtain information to support the use of this predator in the integrated management of these pest insects. Predation rate and functional response of larvae and adults of *Z. bimaculosus* on nymphs and adults of *F. dasyliirii* and *P. citri* were evaluated. Predation rate varied between larvae and adults of *Z. bimaculosus*. Larvae and adults of *Z. bimaculosus* show a type II functional response.

Keywords: Predators, Biological control, Ecology, Interaction.

4.1 INTRODUÇÃO

Diante da necessidade de sobrevivência, os animais predadores se alimentam de outros, ao mesmo tempo evitam a soberania de outra espécie, mantendo o equilíbrio populacional nos agroecossistemas. Por sua vez, a taxa de consumo alimentar em relação à disponibilidade de presas ou recursos disponíveis está relacionada à taxa funcional.

O estudo de quantificação das interações predador-presa é feito através da determinação das curvas de resposta funcional. I, II e III (HOLLING, 1959). Estas curvas representam a intensidade e o modo como os predadores consomem as presas (SOLOMON, 1949; ENGLUND et al., 2011). Em concreto, estas curvas descrevem a taxa de consumo per capita de presas pelo predador, a qual é afetada pela disponibilidade, procura, captura (a) e manipulação (h) dos recursos por parte do consumidor ou predador (HOLLING, 1959). Nas respostas funcionais de tipo I (curva linear) e III (curva sigmoidal), a taxa de consumo de presas não aumenta com a sua densidade e não é verificada uma saturação gradual, ao invés da resposta de tipo II (curva hiperbólica) (HOLLING, 1959; DENNY, 2014). Nesta última, o predador fica saciado ao longo do tempo (T) e é frequentemente verificada em invertebrados (HOLLING, 1965; HOLLING, 1966). A resposta funcional, não só pode variar de local para local, se os ambientes forem distintos, como também pode variar consoante o predador, resultado da combinação de diversos efeitos diretos e indiretos, a nível individual e populacional (EWALD et al., 2013).

As cochonilhas pertencentes a família Pseudococcidae popularmente conhecidas como cochonilhas farinhentas, tem se destacado pelo fato de atacarem uma grande gama de plantas cultivadas, o que vem trazendo inúmeros prejuízos aos produtores (OLIVEIRA et al., 2014), por sugarem a seiva das plantas fazendo com que algumas retardem seu desenvolvimento, enquanto que outras começam a amarelar suas folhas e em alguns casos provocarem a senescência dessas, sendo que espécies de cochonilha farinhenta também transmitem doenças como viroses (COPLAND et al., 1985).

Dentre as cochonilhas farinhentas, duas espécies têm ganhado destaque no cenário nacional a cochonilha de listra *Ferrisia dasyliirii* (Cockerell) e *Planococcus*

citri (Risso, 1813) (Hemiptera: Pseudococcidae), a primeira com ocorrência na região nordeste e causando inúmeros problemas aos produtores de algodão nessa região, além de ser uma espécie que ataca outras plantas dado ao fato de ser uma espécie cosmopolita (SILVA- TORRES et al., 2013; OLIVEIRA et al., 2014). A segunda é uma praga mundial com ocorrência no Brasil e com potencialidade muito grande de ser tornar uma das principais pragas de fruteiras de todo território nacional, dada a sua capacidade de atacar inúmeras outras plantas, cultivadas ou não (BLUMBERG; VAN DRIESCHE, 2001).

Diante dos impactos econômicos que esses insetos pragas podem causar, passou-se a buscar alternativas de controle sustentável, eficazes e de baixo custo, dentre eles o uso dos coccinelídeos. (VANDENBERG, 2002; LIMA et al., 2011).

Dentre os coccinelídeos predadores destaca-se *Zagreus bimaculosus* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae), de ampla ocorrência no Brasil, essa espécie está associada a vários insetos pragas, com destaque para as cochonilhas de escamas *Diaspis echinocacti* (Bouché) (Hemiptera: Diaspididae), do carmim *Dactylopius opuntiae* (Cockerell) (Hemiptera: Dactylopiidae) e farinha *Ferrisia dasyliirii* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae) (LIMA et al., 2011; 2016).

O controle biológico pode ser definido como sendo o componente fundamental do equilíbrio da natureza, cuja essência se baseia no mecanismo da densidade recíproca, ou seja, o aumento da densidade populacional de um inseto praga implica em maior quantidade de alimento disponível aos seus inimigos naturais, cujas populações também aumentam, provocando um decréscimo na densidade da praga (EVONEO; MACEDO, 2010). Fato esse que faz com que o controle biológico seja uma alternativa viável no controle de pragas, de insetos herbívoros que não possuem inseticidas registrados ou que esses não sejam tão eficientes no controle desses insetos. Considerando que ainda não existem inseticidas registrados para esses pseudococcídeos pragas, e levando-se em conta a potencialidade que os coccinelídeos têm como controladores biológicos desse grupo de insetos, o presente trabalho avaliou a taxa de predação e resposta funcional do coccinelídeo nativo *Z. bimaculosus* nas suas fases de larva e adulto, sobre as cochonilhas farinhentas *F. dasyliirii* e *P. citri*, visando ter informações que subsidiem o uso desse predador no manejo integrado desses insetos pragas.

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Local do experimento

O presente trabalho foi desenvolvido no laboratório de entomologia e controle alternativo de pragas (LECAP) do Campus de Engenharias e Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas, localizada na cidade de Rio Largo em Alagoas.

4.2.2 Criação e multiplicação de *Ferrisia dasyliirii* (Cockerell) e *Planococcus citri* (Risso, 1813) (Hemiptera: Pseudococcidae)

A criação das cochonilhas *F. dasyliirii* e *P. citri*, iniciou-se a partir de criações provindas dos laboratórios de entomologia aplicada (LEA), da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) e do Laboratório de Biologia de Insetos (LABIN), da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Para criação desses pseudococcídeos foram adaptadas as técnicas de criação de SANCHES et al., (2002). As criações foram desenvolvidas em sala climatizada com condições controladas a $25 \pm 1^\circ\text{C}$, $72 \pm 15\%$ UR e fotofase de 12 horas.

Abóboras da variedade jacarezinho, foram compradas na central de abastecimento (CEASA) em Maceió, levadas ao laboratório onde foi feita a assepsia das mesmas, através de lavagem em água corrente com uso de detergente neutro, após a lavagem foram secadas e colocadas em bandejas plásticas forradas com papel toalha, sendo duas abóboras por bandeja. As abóboras serviam então, como substrato para multiplicação das cochonilhas *F. dasyliirii* e *P. citri*, cada abóbora era infestada com um tipo específico de cochonilha.

Quando as abóboras estavam infestadas com as cochonilhas, então novas abóboras em estágio inicial de maturação eram colocadas sobre as anteriores passando também a serem infestadas com as cochonilhas, essas serviam para manutenção das presas e também para alimentação dos coccinélídeos predadores.

4.2.3 Criação e multiplicação de *Zagreus bimaculosus* (Mulsant) (Coleoptera: Coccinellidae)

Larvas e adultos de *Z. bimaculosus* advindos de coleta realizada em palmas infestados de cochonilhas de escamas, no Campus de Engenharias e Ciências Agrárias foram coletados e levados ao laboratório onde foram separados larvas e adultos e então transferidos para respectivas gaiolas (Neonatas e adultos).

As gaiolas plásticas possuíam 50 x 30 x 25 cm (comprimento x altura x largura), contendo aberturas retangulares (35 x 20 cm) nas laterais, fechadas com tecido organza permitindo, assim a aeração. Dentro das caixas eram ofertadas raquetes infestadas com cochonilhas de escamas em diferentes estágios de desenvolvimento. Nas caixas também eram ofertados pedaços de algodão para servir como sítio de oviposição das fêmeas. Sempre que necessário o alimento era substituído, mantendo assim a abundância do mesmo.

4.2.4 Resposta Funcional de *Zagreus bimaculosus* sobre as cochonilhas *Ferrisia dasyliirii* e *Planococcus citri*

Para determinar a taxa de predação de *Z. bimaculosus* sobre as cochonilhas *F. dasyliirii* e *P. citri* foram utilizadas variadas densidades. Nesse experimento foram utilizadas larvas de quarto ínstar e adultos de *Z. bimaculosus* recém emergidos e ninfas e adultos das cochonilhas *F. dasyliirii* e *P. citri*. Para larvas de *Z. bimaculosus* foram testadas seis densidades: 02;04;08;12;16 e 20 cochonilhas para ambas as espécies, com 15 repetições por densidade, respectivamente. As densidades foram estabelecidas a partir da taxa média de consumo diário obtida em testes preliminares. As joaninhas utilizadas no estudo foram privadas de alimentação por 24hs para igualar o nível de saciedade.

4.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Na primeira parte das análises dessa pesquisa, a forma da curva de resposta funcional foi analisada através de regressão logística da proporção de presas consumidas em função das densidades originais de presas pelos predadores usando para isso o Proc CATMOD do programa SAS. Inicialmente, foi testado o modelo cúbico devido à capacidade de capturar todas as possíveis variações das curvas de resposta funcional. Em seguida, fizeram-se as reduções dos termos da equação até a obtenção de significância desses.

O sinal do termo linear da equação gerada a partir da proporção de presas consumidas/mortas pela densidade de presas foi utilizado para determinar o tipo de resposta funcional, este quando não significativo indica resposta funcional Tipo I, quando negativo indica resposta funcional Tipo II e quando positivo resposta funcional Tipo III. Na segunda etapa determinaram-se os parâmetros: tempo de manipulação (T_h) e taxa de ataque (a') da resposta funcional. Estes parâmetros foram estimados por regressão não linear empregando o método dos quadrados mínimos (PROC NLIN do SAS) comparados pelo intervalo de confiança de 95%.

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O consumo médio de ninfas e adultos de *P. citri* por larvas e adultos de *Z. bimaculosus* em diferentes densidades tendem a se estabilizar quando em maior número de presas, resultando em uma curva de resposta funcional do tipo II (Tabela 3). Este tipo de resposta é evidenciado estatisticamente pelo sinal negativo do coeficiente linear e o valor de probabilidade significativo. Valores de probabilidade pelo menos próximos a 1 em todas as curvas de resposta funcional indicam bom ajuste da equação de Holling.

De acordo com a equação logística, o tempo de manipulação de adultos de *P. citri* predados por adultos de *Z. bimaculosus* foi estimado em 3,63 h, assim como, quando ninfas de *P. citri* foram atacadas por larvas de *Z. bimaculosus*, obteve-se o mesmo tempo. Já para adultos de *P. citri* sendo predados por larvas de *Z. bimaculosus* a taxa de ataque foi de 2,81 h, enquanto em adulto de *Z. bimaculosus* predando ninfas de *P. citri*, observou o tempo de 3,84 h (Tabela 3).

Tabela 3. Equação de Holling e tipo de resposta funcional de larvas e adultos de *Zagreus bimaculosus* predando ninfas e adultos de *Planococcus citri*.

Tratamentos	Equação de Holling	χ^2	GL	P	Coeficientes de regressão logística		³ RF
					¹ I (P)	² L (P)	
Presa: Ninfas de <i>P. citri</i>							
Predador:	$y = \exp [(-0.16x) + 3.63] /$	25.35	58	0.99	3,63	-0.16	II
Larvas de <i>Z. bimaculosus</i>	$1 + \exp [(-0.16x) + 3.63]$				(<.0001)	(<.0001)	
Predador:	$y = \exp [(-0.16x) + 3.84] /$	27.13	72	1.00	3,84	-0.16	II
Adultos de <i>Z. bimaculosus</i>	$1 + \exp [(-0.16x) + 3.84]$				(<.0001)	(<.0001)	
Presa: Adultos de <i>P. citri</i>							
Predador:	$y = \exp [(-0.16x) + 2.81] /$	31.45	58	0.99	2,81	-0.16	II
Larvas de <i>Z. bimaculosus</i>	$1 + \exp [(-0.16x) + 2.81]$				(<.0001)	(<.0001)	
Predador:	$y = \exp [(-0.16x) + 3,63] /$	41.60	72	0.99	3,63	-0.16	II
Adultos de <i>Z. bimaculosus</i>	$1 + \exp [(-0.16x) + 3,63]$				(<.0001)	(<.0001)	

¹Intercepto e probabilidade (P). ²Coefficiente linear e probabilidade (P). ³Resposta funcional.

De acordo com os resultados de tempo de manipulação e taxa de ataque, observou-se que o predador *Z. bimaculosus* já em sua fase larval se mostra como excelente alternativa no controle da cochonilha *P. citri*.

Observou-se que o tempo de ataque do predador *Z. bimaculosus* na fase larval e adulta foi o mesmo quando a presa *P. citri* encontrava-se nas fases de ninfa e adulto. Para ninfas de *P. citri* predadas por larvas e adultos de *Z. bimaculosus* foi observado resposta funcional do tipo II que é o tipo mais comum entre invertebrados, na qual a taxa de procura é constante e densidades maiores promovem menor taxa de predação. Esse resultado é evidenciado pela redução do número de presas consumidas diretamente proporcional ao aumento da densidade (Figura 1).

O número de presas consumidas foi semelhante entre os estágios de desenvolvimento do predador, porém o estágio larval apresentou em geral proporção de presas consumidas levemente menor.

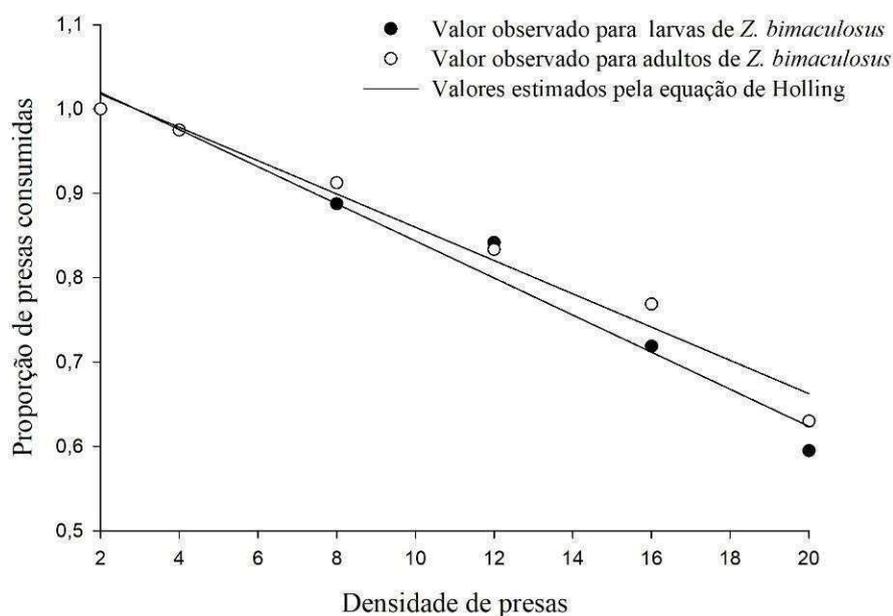


Figura 3. Resposta funcional de larvas (●) e adultos (○) de *Z. bimaculosus* em diferentes densidades de ninfas de *P. citri*.

Para adultos de *P. citri* predados por larvas e adultos de *Z. bimaculosus* também foi observado resposta funcional do tipo II, com redução do número de presas consumidas em relação direta ao aumento da densidade (Figura 4). Assim, como para a predação no estágio larval, o número de presas consumidas em estágio adulto também foi semelhante entre os dois estágios de desenvolvimento do predador, porém com o estágio larval apresentando um número de presas consumidas um pouco menor, especialmente na maior densidade (16 indivíduos).

O menor consumo de presas pode estar relacionado ao fato de que larvas de último ínstar necessitam adquirir nutrientes para a fase de pupa, sendo que esse consumo depende muito da quantidade necessária desses nutrientes para suportar essa fase de não alimentação, o que é diferenciado no caso dos adultos, uma vez que a alimentação não servirá apenas para a manutenção do indivíduo, mais parte desse alimento deve ser convertido em nutrientes e investido para a reprodução em alguns casos, suplementando essa alimentação, o que inclui um gasto energético muito grande por parte dos adultos, seja macho ou fêmea, fazendo com que consumam uma quantidade maior de alimentos quando comparados a outras fases de desenvolvimento (DAVEY, 1997; LIMA et al., 2020).

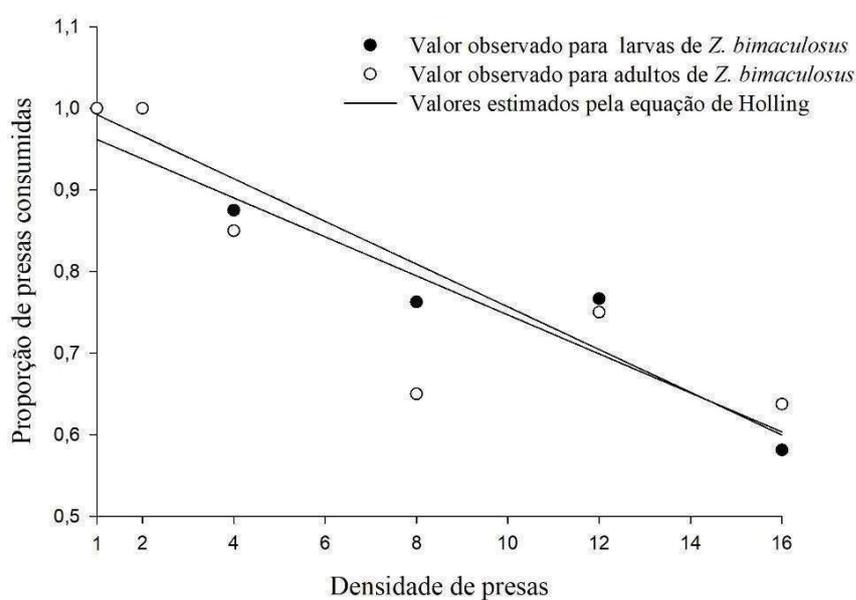


Figura 4. Resposta funcional de larvas (●) e adultos (○) de *Z. bimaculosus* em diferentes densidades de adultos de *P. citri*.

Já o consumo médio de ninfas e adultos de *F. dasyliirii* por larvas e adultos de *Z. bimaculosus*, resultou em uma curva de resposta funcional do tipo II, que ocorre quando o consumo se estabiliza no maior número de presas (Tabela 4). Em relação ao tempo de manipulação da presa, foi estimado em 3,84 h e 2,24 h, quando ninfas de *F. dasyliirii* foram predadas por larvas e adultos de *Z. bimaculosus*. Para adultos de *F. dasyliirii* predados por adultos de *Z. bimaculosus* o tempo de manipulação foi estimado em 3,6 h. Já para adultos de *F. dasyliirii* a taxa de ataque foi estimada em 3,4 h quando predadas por larvas de *Z. bimaculosus*, respectivamente (Tabela 4). A taxa de ataque de ninfas de *F. dasyliirii* foi estimada em 0,23 h e 0,26 h quando predadas por larvas e adultos de *Z. bimaculosus*, respectivamente. Já para adultos de *F. dasyliirii* a taxa de ataque foi estimada em 0,46 h e 1,88 h quando predadas por larvas e adultos de *Z. bimaculosus*, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 4. Equação de Holling e tipo de resposta funcional de larvas e adultos de *Zagreus bimaculosus* predando ninfas e adultos de *Ferrisia dasyliirii*.

Tratamentos	Equação de Holling	χ^2	GL	P	Coeficientes de regressão logística		³ RF
					¹ I (P)	² L (P)	
Presa: Ninfas de <i>F. dasyliirii</i>							
Predador: Larvas de <i>Z. bimaculosus</i>	$y = \exp [(-0.17x)+3.84]/$ $1 + \exp [(-0.17x)+3.84]$	48.84	57	0.77	3.84 (<.0001)	-0.17 (<.0001)	II
Predador: Adultos de <i>Z. bimaculosus</i>	$y = \exp [(-0.12x)+2.24]/$ $1 + \exp [(-0.12x)+2.24]$	35.04	42	0.76	2.24 (<.0001)	-0.12 (<.0001)	II
Presa: Adultos de <i>F. dasyliirii</i>							
Predador: Larvas de <i>Z. bimaculosus</i>	$y = \exp [(-0.17x)+3.40]/$ $1 + \exp [(-0.17x)+3.40]$	43.22	57	0.91	3.40 (<.0001)	-0.17 (<.0001)	II
Predador: Adultos de <i>Z. bimaculosus</i>	$y = \exp [(-0.15x)+3.60]/$ $1 + \exp [(-0,15x)+3.60]$	21.81	42	0.99	3.60 (<.0001)	-0.15 (<.0001)	II

¹Intercepto e probabilidade (P). ²Coeficiente linear e probabilidade (P). ³Resposta funcional.

Tabela 5. Tempo de manipulação e taxa de ataque de larvas e adultos de *Zagreus bimaculosus* alimentados com *Ferrisia dasyliirii*

Tratamentos	Tempo de manipulação (Th, h-1) (IC a 95%)	Taxa de ataque (a', h ⁻¹) (IC a 95%)
Presa (Ninfa) Predador (Larva)	0.03 ± 0.008 (0.02-0.05)	0.23 ± 0.05 (1.83-2.06) C
Presa (Adulto) Predador (Larva)	0.02 ± 0.004 (0.01-0.03)	0.46 ± 0.11 (2.19-2.65) B
Presa (Ninfa) Predador (Adulto)	0.04 ± 0.01 (0.02-0.07)	0.26 ± 0.06 (2.18-2.44) B
Presa (Adulto) Predador (Adulto)	0.03 ± 0.02 (0.03-0.08)	1.88 ± 0.44 (6.21-8.09) A

Taxa de ataque a' (calculada em unidades da razão de presas capturadas pelo predador por unidade de tempo de busca) e tempo de manipulação Th (em unidades do período de exposição proporcional, 24 h).

A equação do disco de Holling tem como função ajustar os resultados para os diferentes estágios da joaninha *Z. bimaculosus* nas diferentes densidades de ambas as cochonilhas (Tabela 4). Quando a proporção de presas aumenta ocorre uma estabilidade no consumo seja para larvas quanto para adultos de *Z. bimaculosus*, quando alimentado com a cochonilha *F. dasyliirii* (Figura 5).

Essa mesma variação foi encontrada por outros autores ao avaliarem a taxa de predação de outros coccinelídeos, como Bortoli et al., (2014) que ao estudar a taxa de predação de *Cryptolaemus montrouzieri* sobre a cochonilha branca *P. citri* observou variação na taxa de predação em larvas de quarto instar variando entre 3 a 10 cochonilhas quando essa temperatura variava.

Os resultados encontrados nesse trabalho demonstram que *Z. bimaculosus* tanto na fase imatura de quarto instar, quanto os adultos, recém emergidos apresentam resposta funcional do tipo II, quando alimentados com *P. citri* ou *F. dasyliirii*. No entanto, o tempo de manipulação foi variável para as fases de larva e adulto. Variações no tempo de manipulação é uma variável importante da eficácia de um predador, uma vez que reflete o tempo que eles têm para matar, consumir e digerir a presa (VEREERAVEL; BASKARAN, 1997). Esse aspecto é um fator importante uma vez que cada predador exibe comportamento predatório diferente com maior disponibilidade de presa; alguns são mais vorazes, especialmente aqueles que exibem menor tempo de manuseio e maiores taxas de ataque (PERVEZ, 2004).

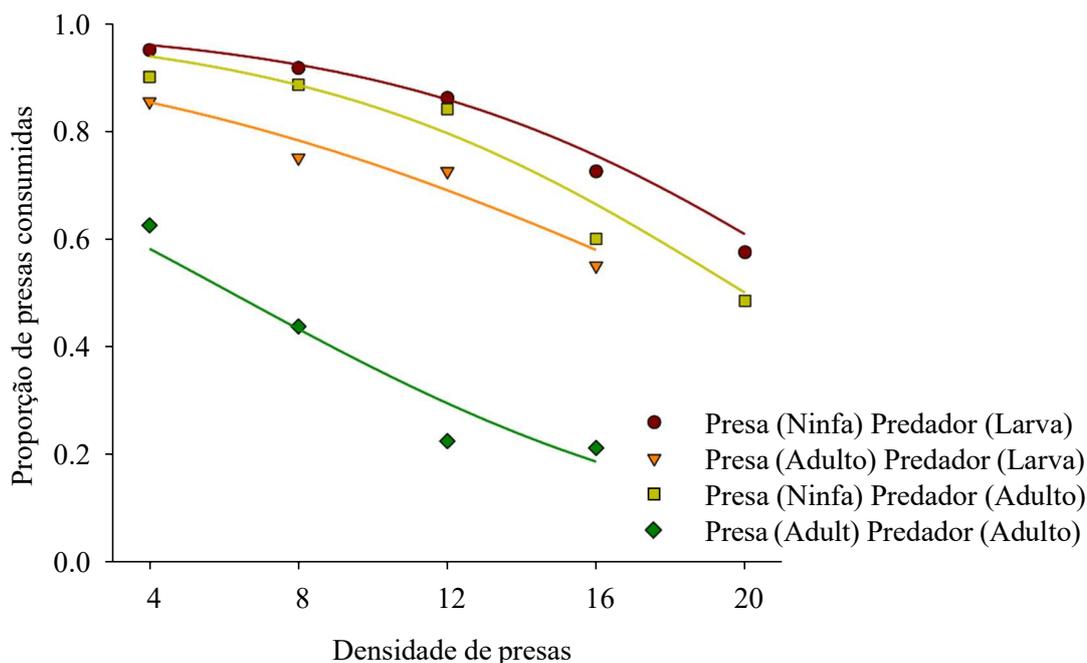


Figura 5. Resposta funcional de larvas e adultos de *Z. bimaculosus* em diferentes densidades de *F. dasylirii*

Variações nos padrões de comportamento de predação não são exclusividade de *Z. bimaculosus*, uma vez que outras espécies também demonstraram essa característica como *E. connexa*, ao alimentar-se dos pulgões *Brevicoryne brassicae* e *Aphis craccivora* obtiveram resposta funcional do tipo II (SANTOS et al., 2020).

Já a joaninha *C. sanguinea* apresentou resposta tipo II ao preda o ácaro *Tetranychus evansi* (BAKER e PRITCHARD, 1960). No entanto, quando a presa era o pulgão *Macrosiphum euphorbiae* (Hemiptera: Aphididae), mostrou uma resposta funcional tipo III (SARMENTO et al., 2007), isso demonstra que os coccinelídeos ao se alimentar fazem uso de diversas estratégias ao atacar organismos diferentes.

Os resultados demonstrados são de grande relevância, uma vez que o potencial de consumo de espécies de cochonilhas obtido nesse trabalho sobre *Z. bimaculosus* não eram conhecidos, embora esta joaninha tenha sido observada associada a infestações de diversas cochonilhas (LIMA et al., 2011, 2016). Pesquisas futuras devem se concentrar no desempenho biológico deste coccinelídeo, também pela ausência de inseticidas registrados para essas pragas.

4.5 CONCLUSÕES

Larvas e adultos de *Z.bimaculosus* apresentam resposta funcional do tipo II, quando alimentados com as cochonilhas *P. citri* e *F. dasyliirii*, demonstrando estabilidade à medida que aumentou o número de presas;

Adultos de *Z.bimaculosus* obtiveram o mesmo tempo de manipulação quando predaram adultos de *P. citri* e adultos de *F. dasyliirii*;

Adulto de *Z.bimaculosus* apresentou menor tempo de manipulação quando alimentou-se de ninfas de *F. dasyliirii* comparado a ninfas de *P.citri* .

Z.bimaculosus na fase larval apresentou menor tempo de resposta funcional quando alimentou-se de ninfas de *P. citri* comparada a ninfas de *F. dasyliirii*.

Quando larvas de *Z.bimaculosus* alimentaram-se de adultos de *P.citri* obtiveram menor tempo de manipulação em relação a fase adulta de *F. dasyliirii*. Por fim, o coccinelídeo *Z.bimaculosus* se apresenta como um potencial controlador de cochonilhas farinhentas dada a sua voracidade seja na fase jovem quanto na fase adulta.

REFERÊNCIAS

- BORTOLI, A. S.; GRAVENA, S. A.; VACARI, A. R.; LAURENTIS, V. L.; BORTOLI, C. P. Resposta funcional da joaninha *Cryptolaemus* predando cochonilha branca em diferentes temperaturas e substratos vegetais. **Caatinga**, v. 27, n. 3, p. 63–71, 2014.
- BLUMBERG, D.; VAN DRIESCHE, R. G. Encapsulation rates of three encyrtid parasitoids by three mealybug species (Homoptera: Pseudococcidae) found commonly as pests in commercial greenhouses. **Biological Control**, Amsterdam, v. 22, p. 191-199, 2001.
- COPLAND, M. J. W. et al. Biology of glasshouse mealybugs and their predators and parasitoids. In: HUSSEY, N.W.; SCOPES, N.E.A. (Ed.). *Biological pest control: the glasshouse experience*. New York: **Cornell University**, p. 82-86, 1985.
- DAVEY, K. G. Hormonal controls on reproduction in female Heteroptera. **Archives of Insect Biochemistry and Physiology**, v. 35, n.4, p. 443 – 453, 1997.
- DENNY, M. (2014). Buzz Holling and the functional response. **The Bulletin of the Ecological Society of America**, 95(3), 200–203
- ENGLUND, G., ÖHLUND, G., HEIN, C.L. & DIEHL, S. (2011). Temperature dependence of the functional response. **Ecology Letters**, 14(9), 914–921.
- EWALD, N., HARTLEY, S., & STEWART, A. (2013). Climate change and trophic interactions in model temporary pond systems: The effects of high temperature on predation rate depend on prey size and density. **Freshwater Biology**, 58(12), 2481–2493.
- HOLLING, C. S., 1959, The components of predation as revealed by a study of small- mammal predation of the european pine sawfly. **Can. Ent.**, 91: 293-329.
- HOLLING, C. S., 1966, The functional response of invertebrate predators to prey density. **Mem. Entomol.Soc. Can.**, 48: 1-78.
- HOLLING, C. S., 1965, The functional response of predators to prey density and its role mimicry and population regulation. **Mem. Entomol.Soc. Can.**, 45: 1-60.
- LIMA, M. S.; SILVA, D. M. P.; HIRAM, M. F.; WELLINGTON, M. F.; LEONARDO, D. S.; PARANHOS, B. A. J. Predadores associados à *Dactilopius opuntiae* (Hemiptera: Dactylopiidae) em palma forrageira no estado de Pernambuco, Brasil. **Revista Chilena de Entomologia**, v. 36, p. 51-54, 2011.
- LIMA, M.S.; MELO, J. W. S.; BARROS, R. Biology of *Zagreus bimaculosus* Mulsant (Coleoptera: Coccinellidae), a predator of *Ferrisia dasyliirii* (Cockerell) (Hemiptera: Pseudococcidae). **The Coleopterists Bulletin**, v. 70, p. 314-320, 2016.
- LIMA, M. S.; PONTES, W. J. T.; NÓBREGA, R. L. Pollen did not provide suitable nutrients for ovary development in a ladybird *Brumoides foudrasii* (Coleoptera: Coccinellidae). **Diversitas Journal**. v. 5, n. 3, p. 1486-1489, 2020.
- OLIVEIRA, M. D.; BARBOSA, P. R. R.; SILVA-TORRES, C. S. A.; TORRES, J. B. Performance of the striped mealybug *Ferrisia virgata* Cockerell (Hemiptera: Pseudococcidae) under variable conditions of temperature and mating. **Neotropical Entomology**, v. 43, p.1–8, 2014.

- PERVEZ A. Functional and numerical responses of *Propylea dissecta* (Mulsant) (Col., Coccinellidae). **Journal Applied Entomology**. v. 128, n. 2, p. 140–146, 2004.
- SANTOS, D. S.; TRINDADE, R. C. P.; TORRES, J. B.; LIMA, M. S.; SANTOS, L. D.; BATISTA, F. C.; Predation of *Brevicoryne brassicae* and *Aphis craccivora* by *Eriopis connexa* depending on availability. **Acta Biológica Colombiana**. v. 26, n.1, p. 99-104, 2020.
- SARMENTO, R. A.; PALLINI, A.; VENZON, M.; SOUZA, O. F. F.; MOLINA -RUGANA A.J.; OLIVEIRA C. L. Functional response of the predator *Eriopis connexa* (Coleoptera: Coccinellidae) to different prey types. **Brazilian Archivos Biology Technology**. v. 50, n.1, p.121-126, 2007.
- SILVA-TORRES, C. S. A.; Oliveira, M. D.; TORRES, J. B. Host selection and establishment of striped mealybug, *Ferrisia virgata*, on cotton cultivars. **Phytoparasitica**, v. 41, p. 31-40, 2013.
- SOLOMON, M. E., 1949, The natural control of animal populations. **J.Anim. Ecol.**, 18: 1- 35.
- VANDENBERG, N. J. Family 93. Coccinellidae Latreille 1807. In: Arnett, R. H.; THOMAS Jr, M. C.; SKELLEY, P. E.; FRANK, J. H. (Eds) American Beetles. v. 2. Polyphaga: Scarabaeoidea through Curculionoidea. CRC Press LLC, **Boca Raton, USA**, p. 371-389, 2002.
- VEERAVELI R.; BASKARAN P. Functional and numerical responses of *Coccinella transversalis* and *Cheilomenes sexmaculata* Fabr. feeding on the melon aphid, *Aphis gossypii* Glover. **Insect Scienci Applied**. v.17, p. 335-339, 1997.