



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA
DOUTORADO EM FITOTECNIA

EWERTON MARINHO DA COSTA

**ASPECTOS DO MANEJO INTEGRADO DA MOSCA MINADORA E
CONSERVAÇÃO DE POLINIZADORES EM MELOEIRO**

MOSSORÓ-RN

2016

EWERTON MARINHO DA COSTA

**ASPECTOS DO MANEJO INTEGRADO DA MOSCA MINADORA E
CONSERVAÇÃO DE POLINIZADORES EM MELOEIRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, como parte dos requisitos para obtenção do Grau de Doutor em Agronomia: Fitotecnia.

Linha de Pesquisa: Proteção de Plantas

Orientador: Prof. Dr. Elton Lucio de Araujo

Co-orientador: Prof. Dr. Rui Sales Junior

MOSSORÓ-RN

2016

©Todos os direitos estão reservados à Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996, e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tornar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata, exceto as pesquisas que estejam vinculadas ao processo de patenteamento. Esta investigação será base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) seja devidamente citado e mencionado os seus créditos bibliográficos.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central Orlando Teixeira – CAMPUS MOSSORÓ
Setor de Informação e Referência

C837a Costa, Ewerton Marinho da.

Aspectos do manejo integrado da mosca minadora e conservação de polinizadores em meloeiro / Ewerton Marinho da Costa. - Mossoró, 2016.
79f: il.

Orientador: Prof. Dr. Elton Lucio de Araujo
Co-Orientador: Prof. Dr. Rui Sales Junior

Tese (DOUTORADO EM FITOTECNIA) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação

1. Melão. 2. Polinizadores. 3. Mosca minadora. 4. Pragas - manejo integrado. 5. Semiárido. I. Título

RN/UFERSA/BOT/037

CDD 635.611

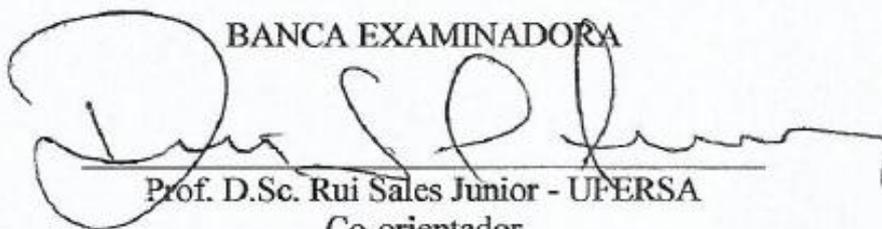
EWERTON MARINHO DA COSTA

**ASPECTOS DO MANEJO INTEGRADO DA MOSCA MINADORA E
CONSERVAÇÃO DE POLINIZADORES EM MELOEIRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-
Árido, como parte dos requisitos para obtenção do
Grau de Doutor em Agronomia: Fitotecnia.

APROVADA EM: 18/02/2016

BANCA EXAMINADORA



Prof. D.Sc. Rui Sales Junior - UFERSA

Co-orientador

Maurício Sekiguchi de Godoy

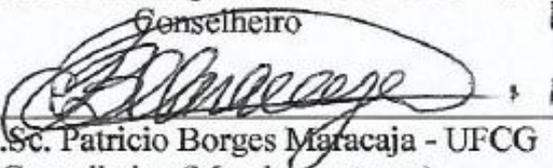
Prof. D. Sc. Mauricio Sekiguchi de Godoy - UFERSA

Conselheiro

Glauber Henrique de Sousa Nunes

Prof. D. Sc. Glauber Henrique de Sousa Nunes - UFERSA

Conselheiro



Prof. D.Sc. Patricio Borges Maracaja - UFCG

Conselheiro (Membro externo)

Maria Goretti Araujo de Lima

Prof. D.Sc. Maria Goretti Araujo de Lima - UECE

Conselheira (Membro externo)

Aos meus pais, Antonio Freire da Costa e Luzeni Marinho da Costa, exemplos de dedicação, esforço e amor, que estiveram sempre presentes em todos os momentos da minha vida.

DEDICO

À minha família, em especial às minhas irmãs Vitoria Marinho e Paula Marinho e à minha amada noiva, Jacqueline Alves de Medeiros Araujo.

OFEREÇO

AGRADECIMENTO

A Deus, por sempre ter me concedido saúde e força de vontade, e por ter me dado a benção de ter uma família maravilhosa.

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

Ao Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA.

Ao Orientador e amigo Professor D. Sc. Elton Lucio de Araujo, exemplo de dedicação e amor à profissão, por todos os ensinamentos repassados, conselhos profissionais e pessoais. Enfim, por toda a confiança depositada em mim e pela valorosa amizade.

Ao professor D. Sc. Rui Sales Junior pela co-orientação, ensinamentos repassados e valorosa amizade construída desde a graduação em agronomia.

Ao Engenheiro Agrônomo e proprietário da Norfruit Nordeste Frutas Ltda., José Wellington, por permitir o desenvolvimento de algumas etapas deste trabalho em suas áreas de produção.

À minha noiva, Jacqueline Alves de Medeiros Araújo, pelo companheirismo e compreensão durante todos esses anos de vida acadêmica.

A Francisco Edivino Lopes da Silva, pela amizade, momentos de descontração e pela parceria estabelecida desde a graduação no desenvolvimento de trabalhos.

Ao amigo D. Sc. Carlos Eduardo de Souza Bezerra, pela amizade, incentivo, valorosas dicas e apoio na realização de algumas etapas desse trabalho.

A todos os integrantes do Laboratório de Entomologia Aplicada da UFERSA, pela amizade e momentos de descontração.

Aos professores do Programa de Pós Graduação em Fitotecnia da UFERSA, pelos ensinamentos repassados.

Aos professores do setor de fitossanidade, especialmente ao D. Sc. Adrian José Molina Rugama e D. Sc. Maurício Sekiguchi de Godoy, pela amizade, conversas, conselhos e ensinamentos.

Aos companheiros de pós-graduação, em especial a Vianney Reinaldo, Romulo Magno, Narjara Walessa, Antonio Francisco, Ana Paula e Adriano Soares, pela amizade, discussões e momentos de descontração.

Enfim, a todos os que contribuíram, direta ou indiretamente, na realização dessa pesquisa e que, por falha de memória, me esqueci de mencionar.

RESUMO

Os objetivos do presente trabalho foram mensurar a área foliar danificada e avaliar as respostas fisiológicas do meloeiro (*Cucumis melo* L.) frente a diferentes níveis de infestação por larvas de *Liriomyza sativae* Blanchard, avaliar o parasitismo natural sobre larvas da referida praga e verificar a toxicidade dos inseticidas utilizados no manejo de insetos praga da cultura sobre *A. mellifera*. Cada objetivo corresponde a um capítulo do trabalho. Área foliar danificada e respostas fisiológicas do meloeiro frente a diferentes níveis de infestação da mosca minadora: O trabalho foi desenvolvido em casa de vegetação e os níveis de infestação foram: 0 (folhas sem infestação), 1, $10 \pm 0,4$, $20 \pm 0,9$ e $30 \pm 1,3$ larvas por folha. Foram observadas médias de área foliar danificada de $1,2 \text{ cm}^2$, $6,3 \text{ cm}^2$, $19,6 \text{ cm}^2$ e $40,8 \text{ cm}^2$ para as infestações de 1, $10 \pm 0,4$, $20 \pm 0,9$ e $30 \pm 1,3$ larvas/folha, respectivamente. Em relação aos aspectos fisiológicos, a taxa fotossintética, condutância estomática e transpiração diminuíram significativamente com o aumento do número de larvas da mosca minadora por folha. Já a concentração interna de CO_2 aumentou com o incremento do número de larvas por folha. Parasitismo natural sobre larvas da mosca minadora em meloeiro no semiárido do Rio Grande do Norte, Brasil: O trabalho foi desenvolvido em áreas de produção comercial de melão, localizadas na zona rural do município de Mossoró-RN, durante as safras de dois anos agrícolas, 2012-2013 e 2013-2014. Foram identificados os parasitoides *Opius scabriventris* Nixon e *Neochrysocharis* sp. parasitando larvas da mosca minadora durante as safras dos dois anos agrícolas. Verificou-se que *Neochrysocharis* sp. apresentou médias de parasitismo superiores ao *O. scabriventris* durante todo o período de avaliação do primeiro ano e que no segundo ano *O. scabriventris* se sobressaiu ao *Neochrysocharis* sp. no início e em meados da safra. Durante o ciclo da cultura, independentemente do momento de cada safra, dos dois anos de avaliação, houve incremento no parasitismo conforme o desenvolvimento das plantas de meloeiro, com picos de parasitismo no momento da colheita dos frutos. Toxicidade de inseticidas utilizados na cultura do meloeiro no Brasil sobre *Apis mellifera* em condições de laboratório: As abelhas foram expostas aos inseticidas abamectina, acetamiprido, cloridrato de cartape, clorfenapir, ciromazina, deltametrina, tiametoxam, flufenoxurom e piriproxifem nas dosagens máximas recomendadas pelos fabricantes para o controle de pragas em meloeiro. A exposição aos inseticidas foi realizada via pulverização direta, alimentando as abelhas com dieta contaminada com inseticida e por meio do contato com folhas pulverizadas. Os resultados indicaram que, independentemente de como as abelhas foram expostas aos inseticidas, tiametoxam, abamectina, e clorfenapir foram extremamente tóxicos para os adultos de *A. mellifera*. Acetamiprido, deltametrina, e cloridrato de cartape foram mais tóxicos quando pulverizados diretamente sobre as abelhas. Ciromazina e piriproxifem causaram baixas taxas de mortalidade a *A. mellifera*, ao passo que flufenoxurom causou mortalidade moderada quando fornecido via dieta contaminada para as abelhas adultas.

Palavras-chave: *Cucumis melo*. *Liriomyza sativae*. Semiárido. Manejo Integrado de Pragas. Preservação de polinizadores.

ABSTRACT

The aims of this study were to measure the damaged leaf area and evaluate the physiological responses of plants of melon (*Cucumis melo* L.) submitted to different levels of infestation per larvae of *Liriomyza sativae* Blanchard, evaluate the natural parasitism of larvae of said pest and check the toxicity of insecticides used in the management of insect pests of culture on *A. mellifera*. Each objective corresponds to a chapter of the work. Damaged leaf area and physiological responses of the melon plants submitted the different levels of infestation of leafminer: The study was conducted in a greenhouse and the infestation levels were: 0 (no infestation leaves), 1; 10 ± 0.4 ; 20 ± 0.9 and 30 ± 1.3 larvae per leaf. We observed averages the damaged leaf area of 1.2 cm^2 , 6.3 cm^2 , 19.6 cm^2 and 40.8 cm^2 for infestations of 1; 10 ± 0.4 ; 20 ± 0.9 and 30 ± 1.3 larvae/leaf, respectively. With respect to the physiological aspects, the rate of photosynthesis, stomatal conductance and transpiration significantly decreased with the increase of leafminer larvae per leaf. On the other hand, the internal CO_2 concentration increased with the increase in the number of larvae per leaf. Natural parasitism of larvae the leafminer in the melon crop in semiarid of Rio Grande do Norte state, Brazil: The study was conducted in areas of commercial production of melon, located in the rural zone municipality of Mossoró-RN, during of period growing season of two agricultural years, 2012-2013 and 2013-2014. We identified the parasitoids *Opius scabriventris* Nixon and *Neochrysocharis* sp. parasitizing larvae of the leafminer during of the two agricultural years. It was found that *Neochrysocharis* sp. presented higher means of parasitism than *O. scabriventris* throughout the evaluation period of the first year and in the second year *O. scabriventris* excelled relative to *Neochrysocharis* sp. in the beginning and mid growing season. During the crop cycle, regardless of the period of each growing season, of two years of evaluation, there was an increase in parasitism with development of melon plants, and parasitism peaks in the moment of fruits harvest. Toxicity of insecticides used in the Brazilian melon crop to the honey bee *Apis mellifera* under laboratory conditions: The bees were exposed to insecticides abamectin, acetamiprid, cartap chloride, chlorfenapyr, cyromazin, deltamethrin, thiamethoxam, flufenoxuron and pyriproxyfen at the highest dosages recommended by the manufacturers for pest control in melon crop. Exposure to the insecticides was performed via direct spray, feeding the bees with diet contaminated with insecticide and through contact with sprayed leaves. Results indicated that, regardless of how the bees were exposed to insecticides, thiamethoxam, abamectin, and chlorfenapyr were extremely toxic to adults of *A. mellifera*. Acetamiprid, deltamethrin and cartap chloride were most toxic when directly sprayed on the bees. Cyromazin and pyriproxyfen caused low mortality rates to *A. mellifera*, whereas flufenoxuron caused moderate mortality when fed to adult bees.

Keywords: *Cucumis melo*. *Liriomyza sativae*. Semiarid. Integrated Pest Management. Preservation of pollinators.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 2

Figura 1	Níveis de infestação por larvas da mosca minadora <i>Liriomyza sativae</i> em folhas de meloeiro, Mossoró-RN, 2016.....	25
Figura 2	Área foliar danificada (cm ²) em plantas de meloeiro, frente a diferentes níveis de infestação (número de larvas/folha) de <i>Liriomyza sativae</i> , Mossoró – RN, 2016.....	27
Figura 3	Taxa fotossintética em folhas de meloeiro, frente a diferentes níveis de infestação (número médio de larvas/folha) da mosca minadora <i>Liriomyza sativae</i> , Mossoró – RN, 2016.....	27
Figura 4	Condutância estomática em folhas de meloeiro, frente a diferentes níveis de infestação (número médio de larvas/folha) da mosca minadora <i>Liriomyza sativae</i> , Mossoró – RN, 2016.....	28
Figura 5	Transpiração em folhas de meloeiro, frente a diferentes níveis de infestação (número médio de larvas/folha) da mosca minadora <i>Liriomyza sativae</i> , Mossoró – RN, 2016.....	29
Figura 6	Concentração interna de CO ₂ em folhas de meloeiro, frente a diferentes níveis de infestação (número médio de larvas/folha) da mosca minadora <i>Liriomyza sativae</i> , Mossoró – RN, 2016.....	29

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 3

- Figura 1 Larva viva da mosca minadora *Liriomyza sativae* em folha de meloeiro (A), larva da mosca minadora *Liriomyza sativae* parasitada em folha de meloeiro (B) e detalhe da pupa do parasitoide idiobionte retirada de larva da mosca minadora *Liriomyza sativae* em folhas de meloeiro (C), Mossoró-RN, 2016..... 40
- Figura 2 Pupas em que não foi observada a emergência de adultos (A) e detalhe da abertura do pupário para constatação do parasitismo sobre as larvas da mosca minadora (B), Mossoró-RN, 2016..... 41
- Figura 3 Parasitismo natural de *Opius scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. sobre larvas da mosca minadora em meloeiro no início, meio e final da safra 2012-2013, Mossoró-RN, 2016..... 42
- Figura 4 Parasitismo natural de *Opius scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. sobre larvas da mosca minadora durante o ciclo da cultura do meloeiro e detalhe da aplicação de inseticidas no início (A), meio (B) e final da safra (C) 2012-2013, Mossoró-RN, Brasil, 2016..... 43
- Figura 5 Parasitismo natural de *Opius scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. sobre larvas da mosca minadora em meloeiro no início, meio e final da safra 2013-2014, Mossoró-RN, 2016..... 44
- Figura 6 Parasitismo natural de *Opius scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. sobre larvas da mosca minadora durante o ciclo da cultura do meloeiro e detalhe da aplicação de inseticidas no início (A), meio (B) e final da safra (C) 2013-2014, Mossoró-RN, Brasil, 2016..... 45

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 4

Figura 1	Sobrevivência (%) de <i>Apis mellifera</i> após ser submetida à pulverização direta com diferentes inseticidas e tempos letais (TL ₅₀) em horas.....	62
Figura 2	Sobrevivência (%) de <i>Apis mellifera</i> após fornecimento de dieta contaminada com inseticidas e tempos letais (TL ₅₀) em horas.....	64
Figura 3	Sobrevivência (%) de <i>Apis mellifera</i> após exposição por contato com resíduos de pulverização de inseticidas sobre folhas de meloeiro e tempos letais (TL ₅₀) em horas.....	65

LISTAS DE TABELAS

CAPÍTULO 3

Tabela 1	Inseticidas utilizados no controle de insetos-praga na cultura do meloeiro nas safras 2012-2013 e 2013-2014, Mossoró-RN, 2016.....	39
Tabela 2	Médias de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação durante o período de realização do trabalho nas duas safras, 2012-2013 e 2013-2014, Mossoró-RN, 2016.....	39

CAPÍTULO 4

Tabela 1	Inseticidas utilizados na cultura do meloeiro que foram avaliados com relação à toxicidade sobre <i>Apis mellifera</i>	59
Tabela 2	Mortalidade de <i>Apis mellifera</i> corrigida pela equação de Abbott em cada método de exposição.....	61

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – INTRODUÇÃO GERAL.....	13
REFERÊNCIAS.....	16
CAPÍTULO 2 - ÁREA FOLIAR DANIFICADA E RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DO MELOEIRO FRENTE A DIFERENTES NÍVEIS DE INFESTAÇÃO DA MOSCA MINADORA.....	21
RESUMO.....	21
ABSTRACT.....	22
1 INTRODUÇÃO.....	23
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
2.1 Obtenções das plantas de meloeiro e infestação por <i>Liriomyza sativae</i>	24
2.2 Avaliações da área foliar danificada e respostas fisiológicas do meloeiro frente a diferentes níveis de infestação por larvas de <i>Liriomyza sativae</i>	25
3 RESULTADOS.....	26
4 DISCUSSÃO.....	30
REFERÊNCIAS.....	32
CAPÍTULO 3 - PARASITISMO NATURAL SOBRE LARVAS DA MOSCA MINADORA EM MELOEIRO NO SEMIÁRIDO DO RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL.....	35
RESUMO.....	35
ABSTRACT.....	36
1 INTRODUÇÃO.....	37
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	38
3 RESULTADOS.....	42
4 DISCUSSÃO.....	46
REFERÊNCIAS.....	49
CAPÍTULO 4 – TOXICIDADE DE INSETICIDAS UTILIZADOS NA CULTURA DO MELOEIRO NO BRASIL SOBRE <i>Apis mellifera</i> EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO.....	54
RESUMO.....	54
ABSTRACT.....	55
1 INTRODUÇÃO.....	56
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	58
2.1 Pulverização direta de inseticidas sobre <i>A. mellifera</i>	59
2.2 Fornecimento de dieta contaminada com inseticida a <i>A. mellifera</i>	60
2.3 Contato de <i>A. mellifera</i> com folhas de meloeiro contaminadas por inseticidas.....	60
2.4 Análises estatísticas.....	61
3 RESULTADOS.....	61
3.1 Efeitos de inseticidas pulverizados diretamente sobre <i>A. mellifera</i>	61
3.2 Efeitos da dieta contaminada por inseticida sobre <i>A. mellifera</i>	63

3.3 Efeito do contato com folhas contaminadas por inseticidas sobre <i>A. mellifera</i>	65
4 DISCUSSÃO	66
4.1 Efeito de inseticidas pulverizados diretamente sobre <i>A. mellifera</i>	66
4.2 Efeito da dieta contaminada por inseticida sobre <i>A. mellifera</i>	68
4.3 Efeito do contato com folhas contaminadas por inseticidas sobre <i>A. mellifera</i>	70
REFERÊNCIAS	72
APÊNDICE A – IMAGEM AÉREA DAS ÁREAS DE PRODUÇÃO DE MELÃO	77
APÊNDICE B – RAMAS DE MELOEIRO COBERTAS COM MANTA TNT (TECIDO NÃO TECIDO)	78
APÊNDICE C – FOLHA DE MELOEIRO INFESTADA POR LARVAS DA MOSCA MINADORA	79

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

O cultivo do meloeiro (*Cucumis melo* L.) é uma das principais atividades agrícolas no semiárido brasileiro, com destaque para os estados do Rio Grande do Norte (RN) e Ceará (CE), maiores produtores e exportadores nacionais de melão (APEX, 2014; IBGE, 2016). A maior parte dos melões produzidos nos referidos estados é destinada a países da União Europeia, que se constitui em um mercado exigente por frutos de tamanho uniforme, polpa firme e, principalmente, com elevado teor de sólidos solúveis totais (°Brix) (SALES JUNIOR et al., 2006; APEX, 2014).

No entanto, mesmo com o cenário produtivo positivo, durante seu cultivo o meloeiro é acometido por diversos problemas de ordem fitossanitária, com destaque ao ataque da mosca minadora *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) (ARAUJO et al., 2013). As larvas da praga consomem o mesófilo foliar, diminuindo a capacidade fotossintética das plantas, o que, conseqüentemente, provoca redução no acúmulo de sólidos solúveis totais nos frutos (°Brix), prejudicando a comercialização da produção (ARAUJO et al., 2007). Além disso, o ataque da mosca minadora ocasiona aberturas para entrada de fitopatógenos e, dependendo do nível de infestação, pode provocar o ressecamento e queda das folhas, expondo os frutos à radiação solar (GUIMARÃES et al., 2009).

Apesar do conhecimento sobre os danos decorrentes do ataque da mosca minadora, não há dados mensurados sobre a área foliar danificada e respostas fisiológicas do meloeiro em função da infestação da praga. Devido à importância de espécies do gênero *Liriomyza* como praga em cultivos de plantas ornamentais e agrícolas em todo o mundo (PARRELA, 1987; MURPHY; LASALLE, 1999), pesquisas visando a avaliar a área foliar danificada e aspectos fisiológicos de plantas infestadas por larvas da mosca minadora foram realizadas em aipo (*Apium graveolens*), tomateiro (*Solanum lycopersicum*), batata (*Solanum tuberosum*), crisântemo (*Chrysanthemum morifolium*), feijão de lima (*Phaseolus lunatus*), feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) e pepino (*Cucumis sativus*) (JOHNSON et al., 1983; PARRELA et al., 1985; TRUMBLE et al., 1985; MARTENS; TRUMBLE, 1987; LEE et al., 2004; AL-KHATEEB; AL-JABR, 2006; BUENO et al., 2007; YILDIRIM et al., 2010).

Diante dos prejuízos que a mosca minadora pode ocasionar à cultura do meloeiro, diversas estratégias de manejo são utilizadas durante o ciclo da cultura, como, por exemplo, a cobertura das ramas com manta TNT (Tecido Não Tecido) de cor branca (durante os primeiros 28 dias da cultura no campo), destruição de restos da cultura após a colheita dos frutos e a aplicação de inseticidas sintéticos no momento em que surgem os primeiros adultos ou larvas nas folhas, sendo este último o principal método de controle utilizado nas áreas de produção de melão (GUIMARÃES et al., 2009; LIMA et al., 2012).

Em virtude das exigências do mercado consumidor por frutos de alta qualidade, cultivados com o mínimo de pulverizações e livres de resíduos tóxicos, têm se intensificado os esforços para o desenvolvimento e inserção do controle biológico no sistema de Manejo Integrado de Pragas (MIP) do meloeiro (ARAUJO et al., 2008). Nesse cenário, desde a constatação da presença do parasitoide *Opius* sp. (Hymenoptera: Braconidae) parasitando larvas da mosca minadora nas áreas de produção de melão do Rio Grande do Norte e Ceará, cresceram as perspectivas de utilização do controle biológico nestas áreas (ARAUJO et al., 2007). Dentre as diversas estratégias utilizadas em programas de MIP, o controle biológico é considerado uma medida básica e fundamental, pois é um método de controle eficiente, ambientalmente seguro e não apresenta riscos de contaminação a trabalhadores e consumidores (GALLO et al., 2002; BARRATT et al., 2010).

Em contrapartida, ainda são incipientes as informações sobre a diversidade e contribuição dos parasitoides no controle da mosca minadora em meloeiro (GUIMARÃES et al., 2009), o que dificulta o manejo e limita a utilização desses inimigos naturais nas áreas de produção. Nas últimas décadas, pesquisas com a finalidade de avaliar o parasitismo natural sobre espécies do gênero *Liriomyza* têm sido realizadas em diferentes culturas de importância econômica e regiões do mundo, destacando-se a ocorrência e o parasitismo de espécies das famílias Braconidae e Eulophidae sobre as larvas da praga (RAUF et al., 2000; GRATTON; WELTER, 2001; PETCHARAT et al., 2002; ASADI et al., 2006; BAHLAI, et al., 2006; AMANO et al., 2008; TRAN, 2009; VALENZUELA-ESCOBOZA et al., 2010; LI et al., 2012).

Outro aspecto importante e também pouco estudado é a preservação de polinizadores em meloeiro, haja vista que o manejo de insetos praga na cultura é baseado na aplicação de inseticidas sintéticos. A abelha *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) é o principal agente

polinizador em áreas de produção de melão (TRINDADE et al., 2004; SOUZA et al., 2009) e não existem informações sobre a toxicidade dos inseticidas utilizados para a cultura, nas dosagens recomendadas, sobre a referida abelha. Dentre as várias causas responsáveis pelo declínio de polinizadores em áreas agrícolas, destaca-se a utilização intensiva de inseticidas, principalmente nas extensas áreas ocupadas com monocultivos (FLETCHER; BARNETT 2003; PINHEIRO; FREITAS, 2010). O uso de produtos fitossanitários é considerado o recurso tecnológico mais impactante para os agentes polinizadores (KEARNS; INOUE, 1997; DEVINE; FURLONG, 2007).

Em síntese, ainda é necessário o esclarecimento de alguns aspectos para incrementar o manejo integrado da mosca minadora na cultura do meloeiro, especialmente relacionados aos prejuízos decorrentes do ataque da praga às plantas e sobre o controle biológico. Além disso, é fundamental a preservação de agentes benéficos às culturas em áreas agrícolas, como é o caso dos polinizadores, para auxiliar na sustentabilidade do cultivo e minimizar o risco de impactos negativos ao meio ambiente. Diante do exposto, os objetivos do trabalho foram mensurar a área foliar danificada e avaliar as respostas fisiológicas do meloeiro frente a diferentes níveis de infestação de *L. sativae*, avaliar o parasitismo natural sobre larvas da referida praga e verificar a toxicidade dos inseticidas utilizados no manejo de insetos praga da cultura sobre *A. mellifera*.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE PROMOÇÃO DE EXPORTAÇÕES E INVESTIMENTOS – APEX BRASIL. **Perfil Exportador de Melões Brasileiros**. 2014. 49p.

AL-KHATEEB, S. A.; AL-JABR, A. M. Effect of leafminer *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) on gas exchange capacity of cucumber, *Cucumis sativus* L. grown under greenhouse conditions. **Acta Horticulturae**, Brasília, v. 710, p. 423-428, 2006.

AMANO, K.; SUZUKI, A.; HIROMORI, H.; SAITO, T. Relative abundance of parasitoids reared during field exposure of sentinel larvae of the leafminers *Liriomyza trifolii* (Burgess), *L. sativae* Blanchard, and *Chromatomyia horticola* (Goureau) (Diptera: Agromyzidae). **Applied Entomology and Zoology**, Tokyo, v. 43, n. 4, p. 625-630, 2008.

ARAÚJO, E. L.; FERNANDES, D. R. R.; GEREMIAS, L. D.; FILGUEIRA, M. A.; GUIMARÃES, J. A.; MESQUITA, A. L. M.; BRAGA SOBRINHO, R. Controle Biológico de pragas do meloeiro. In: BRAGA SOBRINHO, R.; GUIMARÃES, J. A.; FREITAS, J. A. D.; TERAPO, D. (org.). **Produção Integrada de Melão**. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, 2008.

ARAÚJO, E. L.; FERNANDES, D. R. R.; GEREMIAS, L. D.; NETTO, A. C. M.; FILGUEIRA, M. A. Mosca minadora associada à cultura do meloeiro no Semi-Árido do Rio Grande do Norte. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 3, p. 210-212. 2007.

ARAÚJO, E. L.; NOGUEIRA, C. H. F.; MENEZES NETTO, A. C.; BEZERRA, C. E. S.. Biological aspects of the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on melon (*Cucumis melo* L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 4, p. 579-582. 2013.

ASADI, R.; TALEBI, A. A.; FATHIPOUR, Y.; MOHARRAMIPOUR, S.; RAKHSHANI, E. Identification of Parasitoids and Seasonal Parasitism of the Agromyzid Leafminers Genus

Liriomyza (Dip.: Agromyzidae) in Varamin, Iran. **Journal of Agriculture Science and Technology**, v. 8, n. 4, p. 293-303, 2006.

BAHLAI, C. A.; GOODFELLOW, S. A.; STANLEY-HORN, D. E.; HALLETT, R. H. Endoparasitoid Assemblage of the Pea Leafminer, *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae), in Southern Ontario. **Environmental Entomology**, v. 35, n. 2, p. 351-357, 2006.

BARRATT, B.I.P.; HOWARTH, F.G.; WITHERS, T.M.; KEAN, J.M.; RIDLEY, G.S. Progress in risk assessment for classical biological control. **Biological Control**, v. 52 p. 245–254, 2010.

BUENO, A. F.; ZECHMANN, B.; HOBACK, W. W.; BUENO, R. C. O. F.; FERNANDES, O. A. Serpentine leafminer (*Liriomyza trifolii*) on potato (*Solanum tuberosum*): field observations and plant photosynthetic responses to injury. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1510-1517, 2007.

DEVINE, G. J.; FURLONG, M. J. Insecticide use: contexts and ecological consequences. **Agriculture and Human Values**, v. 24, p. 281-306, 2007.

FLETCHER, M.; BARNETT, L. Bee poisoning incidents in the United Kingdom. **Bulletin of Insectology**, Bologna, v. 56, p. 141-145, 2003.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BAPTISTA, G. S.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. Entomologia agrícola. Piracicaba – FEALQ, 2002.

GRATTON, C.; WELTER, S. C. Parasitism of Natural Populations of *Liriomyza helianthi* Spencer and *Calycomyza platyptera* (Thomson) (Diptera: Agromyzidae). **Biological Control**, v. 22, n. 1, p. 81-97, 2001.

GUIMARÃES, J. A.; FILHO, M. M.; OLIVEIRA, V. R.; LIZ, R. S.; ARAUJO, E. L. Biologia e manejo de mosca-minadora no meloeiro. **Comunicação Científica**. EMBRAPA, 2009.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2016. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 02 fev. 2016.

JOHNSON, M. W.; WELTER, S. C.; TOSCANO, N. C.; TING, I. P.; TRUMBLE, J. T. Reduction of tomato leaflet photosynthesis rates by mining activity of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). **Journal of Economic Entomology**, Riverside, v. 76, p. 1061-1063, 1983.

KEARNS, C. A.; INOUE, D. W. Pollinators, flowering plants and conservation biology. **BioScience**, v. 47, p. 297-307, 1997.

LEE, D. H.; PARK, J. J.; CHO, K. Characterization of leaf mining damage of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in cherry-tomato greenhouse. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 7, n. 2, p. 201-205, 2004.

LI, J.; SEAL, D. R.; LEIBEE, G. L.; LIBURD, O. E. Seasonal Abundance and Spatial Distribution of the Leafminer, *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae), and its Parasitoid, *Opius dissitus* (Hymenoptera: Braconidae), on Bean in Southern Florida. **Florida Entomologist**, v. 95, n. 1, p. 128-135, 2012.

LIMA, A. C. C.; COSTA, E. M.; ARAUJO, E. L.; RUGAMA, A. J. M.; GODOY, M. S.; Diagnóstico sobre o uso do MIP nas principais áreas produtoras de melão dos Estados do Rio Grande do Rio Grande do Norte e Ceará. **Revista Agroambiente On-line**, Boa Vista, v. 6, n. 2, p. 172-178, 2012.

MARTENS, B.; TRUMBLE, J. T. Structural and photosynthetic compensation for leafminer (Diptera: Agromyzidae) injury in lima beans. **Environmental Entomology**, v. 16, p. 374-378, 1987.

MURPHY, S. T.; LA SALLE, J. Balancing biological control strategies in the IPM of new world invasive *Liriomyza* leafminers in field vegetable crops. **Biocontrol News and Information**, v. 20, n. 3, p. 91-104, 1999.

PARRELA, M. P. Biology of *Liriomyza*. **Annual Review of Entomology**, v. 32, p. 201-224, 1987.

PARRELA, M. P.; JONES, V. P.; YOUNGMAN, R. R. Effect of leaf mining and leaf stippling of *Liriomyza* spp. on photosynthetic rates of *Chrysanthemum*. **Annals Entomology Society American**, v. 78, p. 90-93, 1985.

PETCHARAT, J.; LING, Z.; WEIQIU, Z.; ZAIFU, X.; QUISONG, W. Larval parasitoids of agromyzid leaf miner genus *Liriomyza* in the southern Thailand: species and their host plants. **Songklanakarin Journal Science Technology**, v. 24, n. 3, p. 467-472, 2002.

PINHEIRO, J. N.; FREITAS, B. M. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 266-281, 2010.

RAUF, A.; SHEPARD, B. M.; JOHNSON, M. W. Leafminers in vegetables, ornamental plants and weeds in Indonesia: Surveys of host crops, species composition and parasitoids. **International Journal of Pest Management**, v. 46, n. 4, p. 257-266, 2000.

SALES JUNIOR, R.; DANTAS, F. F.; SALVIANO, A. M.; NUNES, G. H. S. Qualidade do melão exportado pelo porto de Natal-RN. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 36, n. 1, p. 286-289, 2006.

SOUSA, R. M.; AGUIAR, O. S.; FREITAS, B. M.; NETO, A. A. S.; PEREIRA, T. F. C. Requerimentos de polinização do meloeiro (*Cucumis melo* L.) no município de Acaraú – CE – Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 238-242, 2009.

TRAN, D. H. Agromyzid leafminers and their parasitoids on vegetables in Central Vietnam. **Journal ISSAAS**, v. 15, n. 2, p. 21-33, 2009.

TRINDADE, M. S. A.; SOUSA, A. H.; VASCONCELOS, W. E.; FREITAS, R. S.; SILVA, A. M. A.; PEREIRA, D. S.; MARACAJÁ, P. B. Avaliação da polinização e estudo comportamental de *Apis mellifera* L. na cultura do meloeiro em Mossoró, RN. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, São Cristóvão, v. 4, n. 1, 2004.

TRUMBLE, J. T.; TING, I. P.; BATES, L. Analysis of physiological, growth, and yield responses of celery to *Liriomyza trifolii*. **Entomologia Experimentalis Et Applicata**, v. 38, n. 1, p. 15-21, 1985.

VALENZUELA-ESCOBOZA, F. A.; BAUTISTA-MARTÍNEZ, N.; LOMELÍ-FLORES, J. R.; CORTEZ-MONDACA, E.; VALDEZ-CARRASCO, J. Natural Parasitism of Leafminer *Liriomyza trifolii* (Burgess) in Jalapeño Pepper in Northern Sinaloa, México. **Southwestern Entomologist**, v. 35, n. 4, p. 569-572, 2010.

YILDIRIM, E. M.; ÜNAY, A.; CIVELEK, H. S. The effect of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) on some leaf characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 8, n. 3 e 4, p. 839-841, 2010.

CAPÍTULO 2

ÁREA FOLIAR DANIFICADA E RESPOSTAS FISIOLÓGICAS DO MELOEIRO FRENTE A DIFERENTES NÍVEIS DE INFESTAÇÃO DA MOSCA MINADORA

RESUMO: A mosca minadora *Liriomyza sativae* é uma das principais pragas do meloeiro (*Cucumis melo*) no semiárido brasileiro. Os objetivos do trabalho foram determinar a área foliar danificada e avaliar as respostas fisiológicas de plantas de meloeiro frente diferentes níveis de infestação por larvas de *L. sativae*. O trabalho foi realizado em casa de vegetação, utilizando-se plantas de meloeiro da cultivar Iracema (melão amarelo). O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos [controle (folhas sem infestação) e quatro níveis de infestação (1; $10 \pm 0,4$; $20 \pm 0,9$ e $30 \pm 1,3$ larvas por folha)] e 10 repetições (plantas de meloeiro). Devido à determinação da área foliar danificada necessitar da retirada das folhas da planta, inicialmente foram avaliados os seguintes aspectos fisiológicos: taxa fotossintética ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), condutância estomática ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}$) e transpiração ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Após as aferições dos aspectos fisiológicos, as folhas avaliadas de cada planta foram cortadas rente ao pecíolo e escaneadas individualmente junto com uma escala métrica ao lado, sendo a determinação da área foliar danificada realizada com auxílio de software para processamento e análise de imagens. Foram observadas médias de área foliar danificada de $1,2 \text{ cm}^2$, $6,3 \text{ cm}^2$, $19,6 \text{ cm}^2$ e $40,8 \text{ cm}^2$ para as infestações de 1; $10 \pm 0,4$; $20 \pm 0,9$ e $30 \pm 1,3$ larvas/folha, respectivamente. Em relação aos aspectos fisiológicos, a taxa fotossintética, condutância estomática e transpiração diminuíram significativamente com o aumento do número de larvas da mosca minadora por folha. A concentração interna de CO_2 aumentou com o incremento do número de larvas por folha.

Palavras chave: *Cucumis melo*, *Liriomyza sativae*, danos nas folhas, aspectos fisiológicos

**DAMAGED LEAF AREA AND PHYSIOLOGICAL RESPONSES OF THE MELON
PLANTS SUBMITTED THE DIFFERENT LEVELS OF INFESTATION OF
LEAFMINER**

ABSTRACT: The leafminer *Liriomyza sativae* is one of the main pests of melon crop (*Cucumis melo*) in the Brazilian semi-arid. The aims of this study were to determine the damaged leaf area and assess the physiological responses of plants of melon submitted to different levels of infestation per larvae of *L. sativae*. The study was carried out in a greenhouse, using plants of melon of the cultivar Iracema (Yellow melon). The design utilized was completely randomized, with five treatments [control (no infestation in the leaves) and four infestation levels (1; 10 ± 0.4 ; 20 ± 0.9 and 30 ± 1.3 larvae per leaf)] and 10 replications (melon plants). Due to the determination of the damaged leaf area requiring the withdrawal of plant leaves, were first evaluated the following physiological aspects: photosynthetic rate ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), stomatal conductance ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) internal CO_2 concentration ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}$) and leaf transpiration ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). After the measurements of physiological aspects, the leaves evaluated of each plant were cut close to the petiole and scanned individually with a measuring scale on the side, being the determination of the damaged leaf area performed with the aid of software for processing and analysis of images. Were observed averages the damaged leaf area of 1.2 cm^2 , 6.3 cm^2 , 19.6 cm^2 and 40.8 cm^2 for infestations of 1; 10 ± 0.4 ; 20 ± 0.9 and 30 ± 1.3 larvae/leaf respectively. In relation to the physiological aspects, the rate of photosynthesis, stomatal conductance and transpiration significantly decreased with the increase of leafminer larvae per leaf. The internal CO_2 concentration increased with the increase in the number of larvae per leaf.

Key words: *Cucumis melo*, *Liriomyza sativae*, damage in leaves, physiological aspects

1 INTRODUÇÃO

A mosca minadora *Liriomyza sativae* Blanchard (Diptera: Agromyzidae) é uma das principais pragas do meloeiro (*Cucumis melo* L.) no semiárido brasileiro (ARAUJO et al., 2013). As larvas da praga consomem o mesófilo foliar, diminuindo a capacidade fotossintética das plantas, o que, conseqüentemente, provoca redução no acúmulo de sólidos solúveis totais nos frutos, prejudicando a comercialização da produção (ARAUJO et al., 2007; GUIMARÃES et al., 2009).

Apesar do conhecimento sobre os prejuízos decorrentes do ataque da mosca minadora, não há informações que relacionem o dano provocado pela praga com aspectos fisiológicos nas folhas do meloeiro. Informações sobre as respostas fisiológicas de plantas em função do ataque de insetos podem auxiliar na determinação do nível de controle de pragas e incrementar o sistema de manejo integrado (NEVES et al., 2006), de vez que o nível de controle geralmente é baseado somente no número de insetos por folha, como é o caso na cultura do meloeiro (BRAGA SOBRINHO et al., 2007).

Devido à importância de espécies do gênero *Liriomyza* como praga em cultivos de plantas ornamentais e agrícolas em todo o mundo (PARRELA, 1987; MURPHY; LASALLE, 1999), pesquisas visando a avaliar a área foliar danificada e aspectos fisiológicos, especialmente taxa fotossintética, de plantas infestadas por larvas da mosca minadora já foram realizadas em tomateiro (*Solanum lycopersicum*) (JOHNSON et al., 1983), aipo (*Apium graveolens*) (TRUMBLE et al., 1985), crisântemo (*Chrysanthemum morifolium*) (PARRELA et al., 1985), feijão de lima (*Phaseolus lunatus*) (MARTENS; TRUMBLE, 1987), tomate cereja (*Lycopersicon esculentum*) (LEE et al., 2004), pepino (*Cucumis sativus*) (AL-KHATEEB; AL-JABR, 2006), batata (*Solanum tuberosum*) (BUENO et al., 2007) e feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) (YILDIRIM et al., 2010).

Portanto, devido à falta de informações para cultura do meloeiro, é fundamental o desenvolvimento de pesquisas sobre o tema para ampliar os conhecimentos sobre os danos provocados pela mosca minadora e incrementar o sistema de Manejo Integrado de Pragas (MIP) na cultura. Diante do exposto, os objetivos do trabalho foram quantificar a área foliar danificada por diferentes densidades de larvas de *L. sativae* por folha e avaliar as respostas fisiológicas das folhas nestas respectivas densidades.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi realizado em casa de vegetação, na Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, Rio Grande Norte, Brasil. Para realização do experimento, foram utilizados adultos da mosca minadora *L. sativae* originários da criação do Laboratório de Entomologia Aplicada da UFERSA. A metodologia utilizada foi adaptada de Neves et al. (2006).

2.1. Obtenção das plantas de meloeiro e infestação por *Liriomyza sativae*

Para obtenção das plantas, inicialmente sementes de melão amarelo, cultivar Iracema (SAKATA[®]) (uma das principais cultivares plantadas da região), foram semeadas em bandejas de polietileno (162 células), contendo como substrato fibra de coco (Amifibra Golden Mix[®]). Após 12 dias do semeio, as plântulas foram transplantadas para vasos de polietileno, com capacidade para 0,5 kg, sendo utilizado como substrato areia e matéria orgânica (Pole Fértil) na proporção de 2:1. As mudas foram mantidas em casa de vegetação (ambiente que proporcionou a exposição constante à luminosidade), onde foram regadas três vezes ao dia, até atingir um desenvolvimento vegetativo com no mínimo seis folhas definitivas formadas. Ao atingir um desenvolvimento vegetativo adequado para este estudo, seis folhas formadas, as plantas foram transportadas ao laboratório de Entomologia Aplicada da UFERSA e submetidas à infestação da mosca minadora (adultos com idade entre 24 e 72 horas), em três gaiolas (100 x 100 x 100 cm) revestidas com tela anti-afídeo, contendo cada uma delas uma média de 50, 100 e 200 casais da mosca minadora, respectivamente, de modo a garantir a obtenção de diferentes níveis de infestação nas folhas. O período de infestação foi de 30 minutos. Além das referidas quantidades de casais, foi realizada a infestação individual de 10 plantas de meloeiro com uma única fêmea (idade entre 24 e 72 horas), acasalada, da mosca minadora, sendo monitorado o momento em que o inseto realizava a primeira punctura de oviposição para interromper a infestação, garantindo a obtenção de apenas uma larva por folha. Após o período de infestação, as plantas foram transportadas de volta para casa de vegetação, onde após 96 horas, período necessário para o total desenvolvimento larval, foi contabilizado o número de larvas por folha e realizado o agrupamento das plantas de acordo

com o nível de infestação. As médias de infestação obtidas foram 1; $10 \pm 0,4$; $20 \pm 0,9$ e $30 \pm 1,3$ larvas por folha de meloeiro (Figura 1).

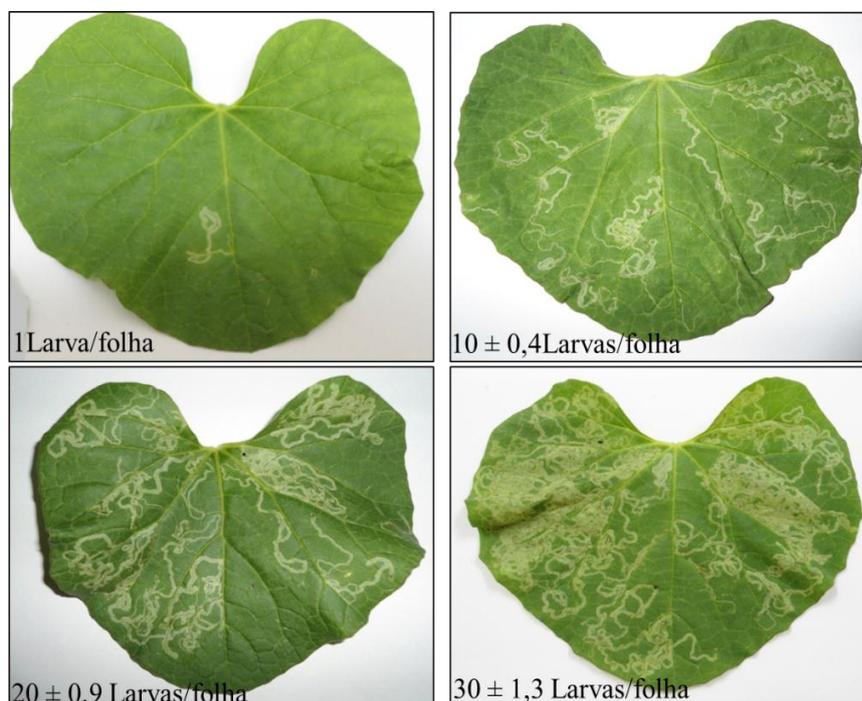


Figura 1. Níveis de infestação por larvas da mosca minadora *Liriomyza sativae* em folhas de meloeiro, Mossoró-RN, 2016.

Fonte: COSTA, E. M., 2015.

2.2. Avaliação da área foliar danificada e respostas fisiológicas do meloeiro frente a diferentes níveis de infestação por larvas de *Liriomyza sativae*

A avaliação da área foliar danificada e da resposta fisiológica para cada folha foi realizada após o total desenvolvimento das larvas, com o máximo de consumo do tecido vegetal. Antes da retirada da folha da planta, para medição da área foliar danificada, foram avaliados os aspectos fisiológicos, com o medidor de fotossíntese portátil LI-6400 (LI-COR Biosciences), calibrado com níveis de CO_2 fixados em $400 \mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$ e intensidade de luz em $1500 \mu\text{moles m}^{-2} \text{s}^{-1}$. As aferições foram realizadas em 6 cm^2 , área máxima do medidor, da folha mais desenvolvida da planta. A área foliar média das folhas avaliadas foi de $90,8 \pm 1,9 \text{ cm}^2$. Os aspectos fisiológicos avaliados foram a taxa fotossintética ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), condutância estomática ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}$) e transpiração ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$). Todas as medidas foram realizadas no período da manhã,

entre 08:00 e 11:00 horas, sob temperatura média do ar 37°C e umidade relativa do ar de 72% (médias obtidas com Termo-Higrômetro).

Para determinação da área foliar danificada, após as aferições dos aspectos fisiológicos, as folhas avaliadas de cada planta foram cortadas rente ao pecíolo e escaneadas individualmente, com uma escala métrica ao lado. Em seguida, com auxílio do *software* para processamento e análise de imagens ImageJ (RASBAND, 1997), foi determinada a área foliar danificada, em cm², para cada nível de infestação da mosca minadora nas folhas de meloeiro.

O experimento foi desenvolvido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos [controle (folhas sem infestação), quatro níveis de infestação (1; 10 ± 0,4; 20 ± 0,9 e 30 ± 1,3 larvas por folha) e 10 repetições (plantas de meloeiro). A unidade experimental foi constituída por uma folha. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, sendo em seguida realizada análise de regressão por meio do programa estatístico R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011).

3 RESULTADOS

A área foliar danificada aumentou significativamente em função do incremento do número de larvas por folha. Para a menor infestação (1 larva/folha), foi observada uma área média danificada de 1,2 cm² por folha, o que correspondeu a 1,5% da área foliar total. Na maior infestação (30 ± 1,3 larvas/folha), a injúria média ocasionada foi de 40,8 cm², representando 44,0% da área foliar total. As infestações de 10 ± 0,4 e 20 ± 0,9 provocaram injúrias com tamanhos médios de 6,3 cm² e 19,6 cm², respectivamente (Figura 2).

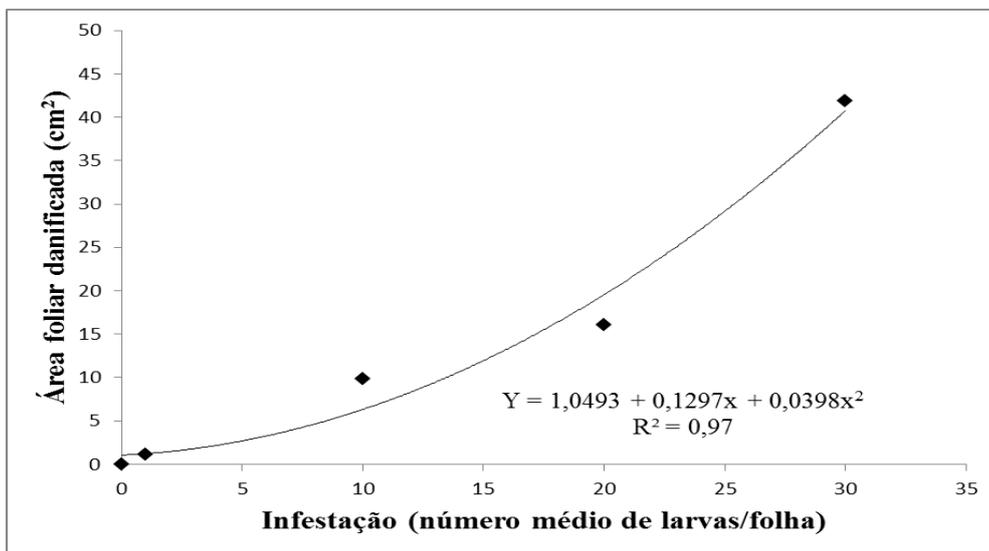


Figura 2. Área foliar danificada (cm²) em plantas de meloeiro, frente a diferentes níveis de infestação (número de larvas/folha) de *Liriomyza sativae*, Mossoró – RN, 2016.
Fonte: COSTA, E. M., 2016.

Em relação às respostas fisiológicas, todos os aspectos avaliados foram influenciados significativamente pelo número de larvas da mosca minadora por folha. A taxa fotossintética das folhas de meloeiro diminuiu com o aumento do número de larvas, sendo obtidos valores médios que variaram de 18,8 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, observados nas folhas sem infestação, a 9,3 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ nas folhas com o maior número de larvas (30 \pm 1,3 larvas/folha), o que representou uma redução de 50,7% na taxa fotossintética (Figura 3).

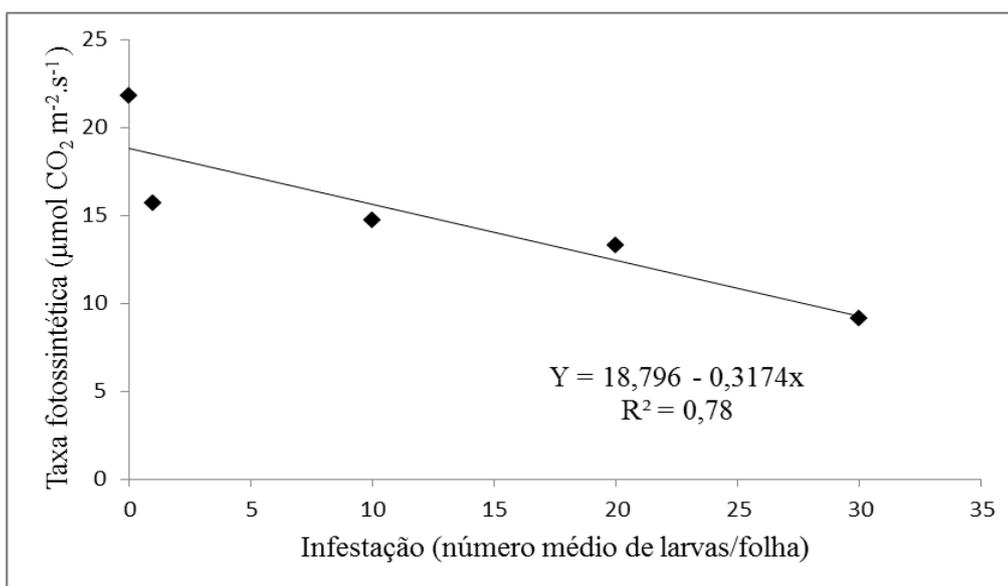


Figura 3. Taxa fotossintética em folhas de meloeiro, frente a diferentes níveis de infestação (número médio de larvas/folha) da mosca minadora *Liriomyza sativae*, Mossoró – RN, 2016.
Fonte: COSTA, E. M., 2016.

A condutância estomática e a transpiração também diminuíram em função do aumento no número de larvas por folha. O valor médio da condutância estomática nas folhas sem infestação foi de $0,46 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, ao passo que nas folhas com a maior densidade de larvas ($30 \pm 1,3$) foi de $0,27 \text{ mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, o que correspondeu a uma redução de 41,4% (Figura 4). Para a transpiração, foi observada variação de $6,5 \text{ mmol.H}_2\text{O m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ a $5,1 \text{ mmol.H}_2\text{O m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ entre as folhas sem infestação e as folhas com a maior densidade de larvas, respectivamente (Figura 5).

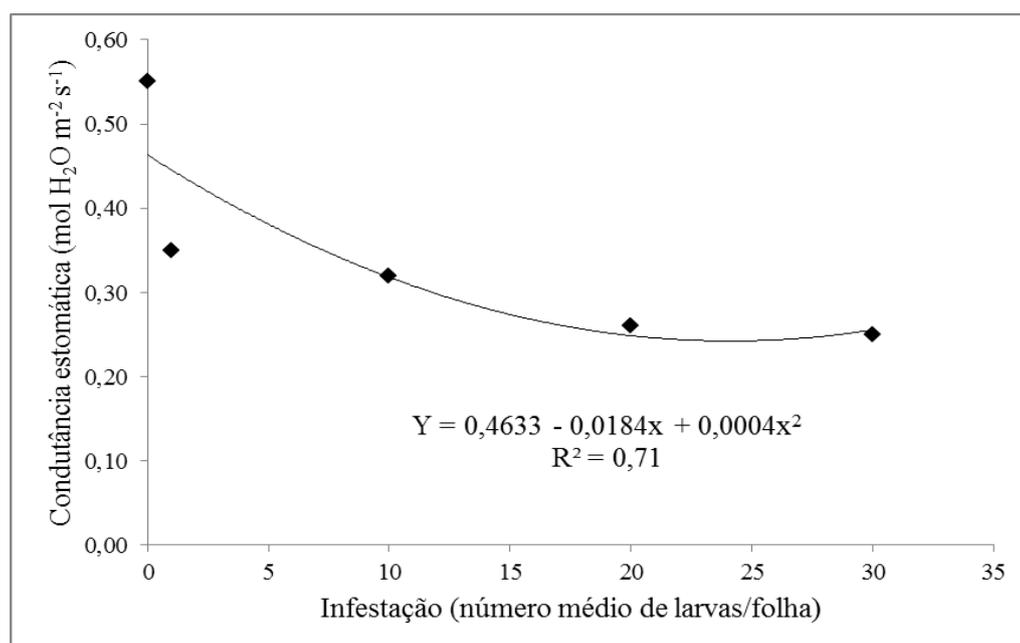


Figura 4. Condutância estomática em folhas de meloeiro, frente a diferentes níveis de infestação (número médio de larvas/folha) da mosca minadora *Liriomyza sativae*, Mossoró – RN, 2016.

Fonte: COSTA, E. M., 2016.

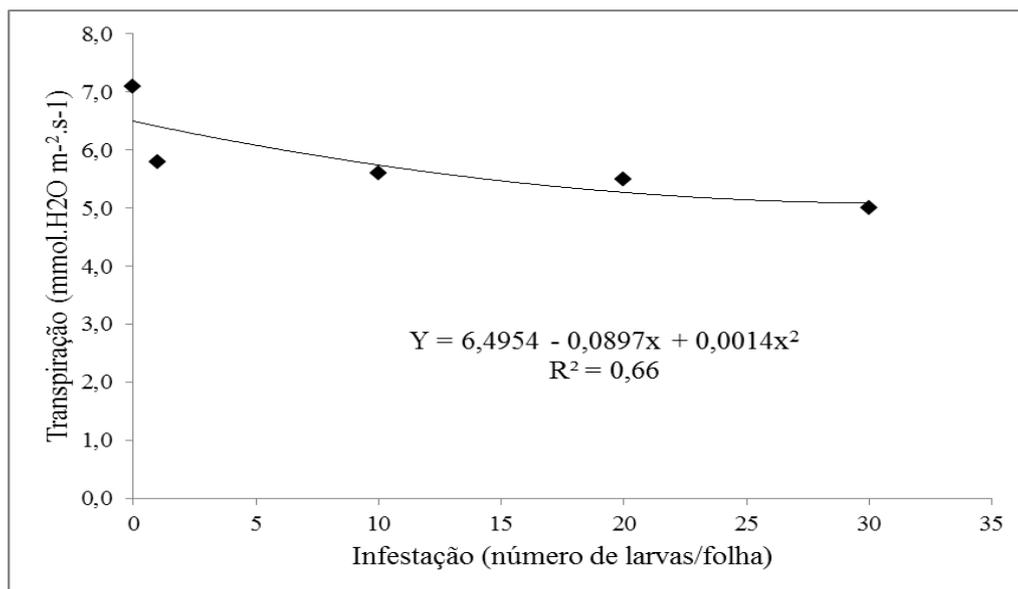


Figura 5. Transpiração em folhas de meloeiro, frente a diferentes níveis de infestação (número médio de larvas/folha) da mosca minadora *Liriomyza sativae*, Mossoró – RN, 2016.
Fonte: COSTA, E. M., 2016.

Por outro lado, a concentração interna de CO₂ nas folhas aumentou de acordo com o incremento da infestação, sendo observada nas folhas com 30 ± 1,3 larvas a concentração de 291,4 μmol CO₂ m⁻², o que correspondeu a um aumento de 7,5% em relação à concentração interna de CO₂ observada nas folhas sem infestação (269,6 μmol CO₂ m⁻²) (Figura 6).

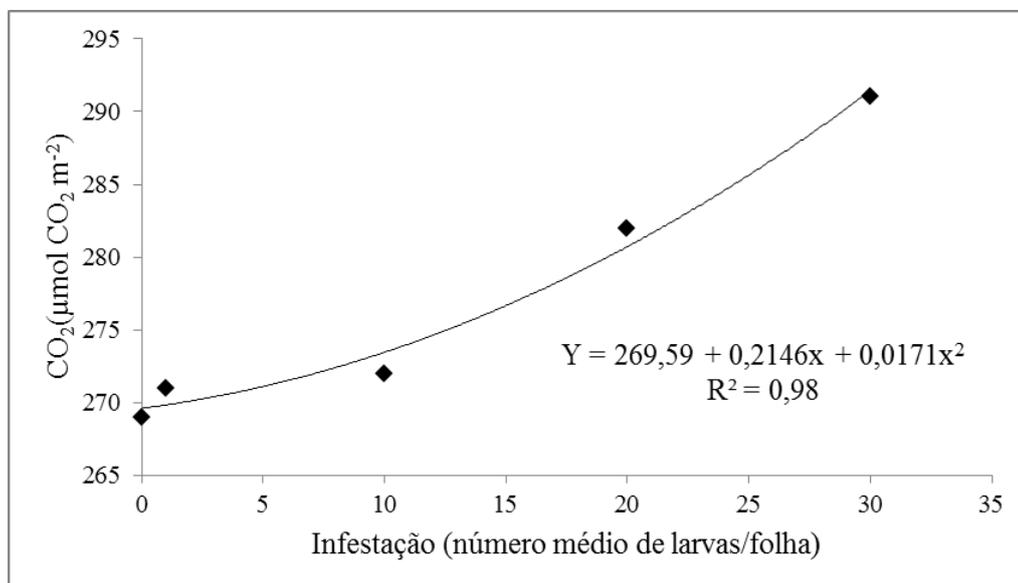


Figura 6. Concentração interna de CO₂ em folhas de meloeiro, frente a diferentes níveis de infestação (número médio de larvas/folha) da mosca minadora *Liriomyza sativae*, Mossoró – RN, 2016.
Fonte: COSTA, E. M., 2016.

4 DISCUSSÃO

Sabe-se que a injúria provocada por larvas da mosca minadora nas folhas do meloeiro prejudica a produtividade e qualidade dos frutos (ARAUJO et al., 2007; GUIMARÃES et al., 2009). No entanto, somente estudos visando a estimar a área foliar durante o desenvolvimento da cultura e em função do tipo de solo e estresse salino foram realizados (NASCIMENTO et al., 2002; LOPES et al., 2007; CARVALHO et al., 2011), não havendo, até a realização do presente trabalho, informações mensuradas sobre a área foliar danificada em função do ataque da mosca minadora. Contudo, o incremento da área foliar danificada em função do aumento na densidade de larvas da mosca minadora por folha já foi relatado para outras culturas de importância econômica. Johnson et al. (1983) verificaram que infestações de 1 e 8 larvas de *L. sativae* por folíolo do tomateiro ocasionaram injúrias de 0,25 cm² e 2,09 cm², respectivamente. Yildirim et al. (2010) observaram reduções de 12,21%, 31,31% e 98,38% na área foliar do feijoeiro *P. vulgaris* para as infestações de 1 a 5, 6 a 15 e 16 a 25 larvas de *Liriomyza trifolii* (Burgess) por folha, respectivamente. Com base nos resultados evidenciados por outros autores e os obtidos no presente trabalho, pode-se afirmar que o tamanho da injúria provocada por larvas da mosca minadora é variável de acordo com a espécie vegetal atacada, especialmente devido ao tamanho das folhas.

A infestação de *L. sativae*, especialmente nas maiores densidades de larva por folha, interferiu em todos os processos fisiológicos (taxa fotossintética, condutância estomática, transpiração e concentração interna de CO₂) do meloeiro, avaliados no presente trabalho. A redução da taxa fotossintética, observada a partir do menor nível de infestação da mosca minadora (1 larva/folha), se deve ao fato das larvas da praga consumirem o mesófilo foliar, que, de acordo com Taiz; Zeiger (2009), é o tecido fotossintético mais ativo nas plantas superiores. Reduções na capacidade fotossintética em virtude do ataque de larvas de *Liriomyza* foram relatadas em folhas de tomateiro (JOHNSON et al., 1983), aipo (TRUMBLE et al., 1985), crisântemo (PARRELA et al., 1985), feijão de lima (MARTENS; TRUMBLE, 1987) e pepino (AL-KHATEEB; AL-JABR, 2006). Além dos referidos trabalhos, em feijoeiro, Yildirim et al. (2010) observaram decréscimo significativo no teor de clorofila em função do aumento na densidade de larvas de *L. trifolii* nas folhas, o que também implica em redução da capacidade fotossintética.

A injúria decorrente do processo de alimentação das larvas da mosca minadora também reduziu significativamente a condutância estomática e a transpiração, porém aumentou a concentração interna de CO₂ nas folhas de meloeiro. Condutância estomática, transpiração e concentração interna de CO₂ estão intimamente relacionadas ao processo fotossintético e interferências no funcionamento normal desses processos podem afetar negativamente as plantas (PIMENTEL, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2009). A redução na condutância estomática diminui a transpiração e constitui uma barreira à absorção de CO₂, o que causa um decréscimo na taxa fotossintética (PEARCY; PFTISCH, 1991; PIMENTEL, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2009). Variações semelhantes nos referidos aspectos fisiológicos foram observadas em outras culturas sob a infestação da mosca minadora. Johnson et al. (1983) também verificaram, em plantas de tomateiro, que com aumento da infestação por larvas de *L. sativae* houve redução da condutância estomática nas folhas. Em folhas de aipo, Trumble et al. (1985) observaram que a infestação por *L. trifolii* reduziu a condutância estomática e a transpiração. Na cultura do pepino, Al-Khateeb; Al-Jabrr (2006) constataram que houve acréscimo na concentração interna de CO₂ com o aumento na intensidade de infestação por *L. trifolii*.

Esses são os primeiros dados mensurados sobre a área foliar danificada e respostas fisiológicas das folhas do meloeiro, cultivar Iracema, frente à infestação por larvas de *L. sativae*. Os resultados obtidos neste estudo demonstram que os danos provocados pelas larvas da mosca minadora, em diferentes densidades de larvas, afetam processos fisiológicos (taxa fotossintética, condutância estomática, transpiração e concentração interna de CO₂) da folha do meloeiro, sendo a alteração destes processos uns dos principais responsáveis pelo menor acúmulo de sólidos solúveis totais nos frutos. Além disso, estas informações poderão servir de base para o desenvolvimento de novas pesquisas que tenham como objetivo correlacionar níveis de infestação, redução da capacidade fotossintética e teor de sólidos solúveis totais, em condições de campo, visando a estabelecer níveis de controle mais adequados para mosca minadora na cultura do meloeiro.

REFERÊNCIAS

- AL-KHATEEB, S. A.; AL-JABR, A. M. Effect of leafminer *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) on gas exchange capacity of cucumber, *Cucumis sativus* L. grown under greenhouse conditions. **Acta Horticulturae**, v. 710, p. 423-428, 2006.
- ARAUJO, E. L.; FERNANDES, D. R. R.; GEREMIAS, L. D.; NETTO, A. C. M.; FILGUEIRA, M. A. Mosca minadora associada à cultura do meloeiro no Semi-Árido do Rio Grande do Norte. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 3, p. 210-212. 2007.
- ARAUJO, E. L.; NOGUEIRA, C. H. F.; MENEZES NETTO, A. C.; BEZERRA, C. E. S.. Biological aspects of the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on melon (*Cucumis melo* L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 4, p. 579-582. 2013.
- BRAGA SOBRINHO, R.; GUIMARÃES, J. A.; ARAUJO, E. L.; ASSIS, J. S.; MOREIRA, M. A. B.; MACEDO, L. P. M.; MESQUITA, A. L. M. Monitoramento de pragas na produção integrada do meloeiro. 2ª ed. **Documentos 69**, Embrapa, 2007. 22p.
- BUENO, A. F.; ZECHMANN, B.; HOBACK, W. W.; BUENO, R. C. O. F.; FERNANDES, O. A. Serpentine leafminer (*Liriomyza trifolii*) on potato (*Solanum tuberosum*): field observations and plant photosynthetic responses to injury. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 6, p. 1510-1517, 2007.
- CARVALHO, B. L.; NASCIMENTO, I. B.; MEDEIROS, J. F.; ALVES, S. S. V.; DOMBROSKI, J. L. D. Condutância estomática e área foliar do meloeiro cultivado em diferentes tipos de solos e submetido ao estresse salino. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Mossoró, v. 6, n. 2, p. 01-06, 2011.
- GUIMARÃES, J. A.; FILHO, M. M.; OLIVEIRA, V. R.; LIZ, R. S.; ARAUJO, E. L. Biologia e manejo de mosca-minadora no meloeiro. **Comunicação Científica**, Embrapa, 2009.

JOHNSON, M. W.; WELTER, S. C.; TOSCANO, N. C.; TING, I. P.; TRUMBLE, J. T. Reduction of tomato leaflet photosynthesis rates by mining activity of *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). **Journal of Economic Entomology**, Riverside, v. 76, p. 1061-1063, 1983.

LEE, D. H.; PARK, J. J.; CHO, K. Characterization of leaf mining damage of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in cherry-tomato greenhouse. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, v. 7, n. 2, p. 201-205, 2004.

LOPES, S. J.; BRUM, B.; SANTOS, V. J.; FAGAN, E. B.; LUZ, G. L.; MEDEIROS, S. L. P. Estimativa da área foliar de meloeiro em estádios fenológicos por fotos digitais. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 4, p. 1153-1156, 2007.

MARTENS, B.; TRUMBLE, J. T. Structural and photosynthetic compensation for leafminer (Diptera: Agromyzidae) injury in lima beans. **Environmental Entomology**, v. 16, p. 374-378, 1987.

MURPHY, S. T.; LASALLE, J. Balancing biological control strategies in the IPM of new world invasive *Liriomyza* leafminers in field vegetable crops. **Biocontrol News and Information**, v. 20, n. 3, p. 91-104, 1999.

NASCIMENTO, I. B.; FARIAS, C. H. A.; SILVA, M. C. C.; MEDEIROS, J. F.; ESPINOLA SOBRINHO, J.; NEGREIROS, M. Z. Estimativa da área foliar do meloeiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 4, p. 555-558, 2002.

NEVES, A. D.; OLIVEIRA, R. F.; PARRA, J. R. P. A new concept for insect damage evaluation based on plant physiological variables. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, Rio de Janeiro, v. 78, n. 4, p. 821-835, 2006.

PARRELA, M. P.; JONES, V. P.; YOUNGMAN, R. R. Effect of leaf mining and leaf stippling of *Liriomyza* spp. on photosynthetic rates of *Chrysanthemum*. **Annals Entomology Society American**, v. 78, p. 90–93, 1985.

PARRELA, M. P. Biology of *Liriomyza*. **Annual Review of Entomology**, v. 32, p. 201-224, 1987.

PEARCY, R. W.; PFITSCH, W. A. Influence of *Adenocaulon* bicolor plants occurring in contrasting forest understory microsites. **Oecologia**, v. 86, p. 457-462, 1991.

PIMENTEL, C. **A relação da planta com a água**. 1ª ed. Seropédica, RJ: Edur, 2004.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria, 2011. Disponível em: <<http://www.r-project.org/>>. Acesso em: 05 mai. 2015.

RASBAND, W. S. **Image J: Image Processing and Analysis in Java**. Disponível em: <<http://rsb.info.nih.gov/ij/>>. Acesso em: 17 jan. 2016.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 4.ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2009.

TRUMBLE, J. T.; TING, I. P.; BATES, L. Analysis of physiological, growth, and yield responses of celery to *Liriomyza trifolii*. **Entomologia Experimentalis Et Applicata**, v. 38, n. 1, p. 15-21, 1985.

YILDIRIM, E. M.; ÜNAY, A.; CIVELEK, H. S. The effect of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) on some leaf characteristics of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Food, Agriculture & Environment**, v. 8, n. 3 e 4, p. 839-841, 2010.

CAPÍTULO 3

PARASITISMO NATURAL SOBRE LARVAS DA MOSCA MINADORA EM MELOEIRO NO SEMIÁRIDO DO RIO GRANDE DO NORTE, BRASIL

RESUMO: O controle biológico é uma das bases do Manejo Integrado de Pragas (MIP) em áreas agrícolas. Portanto, o objetivo do presente trabalho foi identificar os parasitoides e mensurar o parasitismo natural sobre larvas da mosca minadora *Liriomyza* spp. na cultura do meloeiro (*Cucumis melo*) no semiárido do Rio Grande do Norte, Brasil. O trabalho foi desenvolvido em áreas de produção comercial de melão, localizadas na zona rural do município de Mossoró-RN, durante as safras de dois anos agrícolas, 2012-2013 e 2013-2014. Em cada ano, foi realizado o monitoramento do parasitismo, durante o ciclo do meloeiro, em seis áreas de produção (2,0 ha cada), sendo duas no início, duas no meio e duas ao final da safra. Foram identificados os parasitoides *Opius scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. parasitando larvas da mosca minadora durante as safras dos dois anos agrícolas. Verificou-se que *Neochrysocharis* sp. apresentou médias de parasitismo superiores ao *O. scabriventris* durante todo o período de avaliação do primeiro ano e que no segundo ano *O. scabriventris* se sobressaiu ao *Neochrysocharis* sp. no início e em meados da safra. Em relação ao parasitismo durante o ciclo da cultura do meloeiro, independentemente do momento de cada safra (início, meio e final), dos dois anos de avaliação, houve incremento no parasitismo conforme o desenvolvimento das plantas de meloeiro, com picos de parasitismo no momento da colheita dos frutos. Em 2012-2013, as médias de parasitismo durante a colheita dos frutos foram de 44,8%, 31,1% e 27,7% para o *Neochrysocharis* sp. e 14,5%, 2,2% e 6,6% para o *O. scabriventris*, no início, meio e final da safra, respectivamente. Já em 2013-2014, os valores médios foram de 28%, 24,8% e 28,9% para *O. scabriventris* e 2,3%, 10,5% e 27,4% para o *Neochrysocharis* sp., durante o início, meio e final da safra, respectivamente.

Palavras chave: *Cucumis melo*, *Liriomyza sativae*, Controle biológico natural, *Opius scabriventris*, *Neochrysocharis* sp.

NATURAL PARASITISM OF LARVAE THE LEAFMINER IN MELON CROP IN SEMIARID OF RIO GRANDE DO NORTE STATE, BRAZIL

ABSTRACT: Biological control it is one of the base of the Integrated Pest Management (IPM) in agricultural areas. Therefore, the aim of this study was to identify the parasitoids and measure the parasitism on larvae of the leafminer *Liriomyza* spp. in melon crop (*Cucumis melo*) in the semiarid of Rio Grande do Norte state, Brazil. The study was conducted in areas of commercial production of melon, located in the rural zone municipality of Mossoró-RN, during of period growing season of two agricultural years, 2012 - 2013 and 2013 - 2014. In each year was carried out monitoring of the parasitism, during the melon crop cycle, in six production areas (2.0 ha each), being two the beginning, two in the middle and two at the end of period growing season. Were identified the parasitoids *Opius scabriventris* and *Neochrysocharis* sp. parasitizing larvae of the leafminer during of the two agricultural years. It was found that *Neochrysocharis* sp. presented higher means of parasitism than *O. scabriventris* throughout the evaluation period of the first year and in the second year *O. scabriventris* excelled relative to *Neochrysocharis* sp. in the beginning and mid growing season. In relation to parasitism during in the melon crop cycle, regardless of the period of each growing season (beginning, middle and end), of two years of evaluation, there was an increase in parasitism with development of melon plants, and parasitism peaks in the moment of fruits harvest. In 2012-2013, the average parasitism during of fruits harvest were 44.8%, 31.1% and 27.7% for *Neochrysocharis* sp. and 14.5%, 2.2% and 6.6% for *O. scabriventris* at the beginning, middle and end of the growing season, respectively. Already in 2013-2014, the average values were 28%, 24.8% and 28.9% for *O. scabriventris* and 2.3%, 10.5% and 27.4% for *Neochrysocharis* sp., during beginning, middle and end of the growing season, respectively.

Key Words: *Cucumis melo*, *Liriomyza sativae*, Natural biological control, *Opius scabriventris*, *Neochrysocharis* sp.

1 INTRODUÇÃO

A mosca minadora *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) é uma das principais pragas do meloeiro (*Cucumis melo* L.) nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará, maiores produtores e exportadores de melão do Brasil (ARAUJO et al., 2007; ARAUJO et al., 2013; APEX, 2014; IBGE, 2016). Dentre os prejuízos decorrentes do ataque da praga ao meloeiro, destaca-se a redução da capacidade fotossintética da planta e do teor de sólidos solúveis totais dos frutos, o que compromete a qualidade e inviabiliza a comercialização da produção (ARAUJO et al., 2007; ARAUJO et al., 2013).

Diante dos prejuízos que a mosca minadora pode ocasionar à cultura do meloeiro, diversas estratégias de manejo são utilizadas durante o ciclo da cultura, como, por exemplo, a cobertura das ramas com manta TNT (Tecido Não Tecido) de cor branca (durante os primeiros 28 dias da cultura no campo), destruição de restos da cultura após a colheita dos frutos e a aplicação de inseticidas sintéticos no momento em que surgem os primeiros adultos ou larvas nas folhas, sendo este último o principal método utilizado nas áreas de produção de melão (GUIMARÃES et al., 2009; LIMA et al., 2012).

Contudo, em virtude das exigências do mercado consumidor por frutos de alta qualidade, cultivados com o mínimo de pulverizações e livres de resíduos tóxicos, têm sido intensificado os esforços para o desenvolvimento e inserção do controle biológico no sistema de Manejo Integrado de Pragas (MIP) do meloeiro (ARAUJO et al., 2008). Nesse cenário, desde a constatação da presença do parasitoide *Opius* sp. (Hymenoptera: Braconidae) parasitando larvas da mosca minadora nas áreas de produção de melão do Rio Grande do Norte e Ceará, cresceram as perspectivas de utilização do controle biológico nestas áreas (ARAUJO et al., 2007).

No entanto, ainda são incipientes as informações sobre a diversidade e contribuição dos parasitoides no controle da mosca minadora em meloeiro (GUIMARÃES et al., 2009), o que dificulta o manejo e limita a utilização desses inimigos naturais nas referidas áreas de produção. Lima et al. (2012) realizaram diagnóstico sobre uso do MIP em áreas produtoras de melão no Rio Grande do Norte e Ceará e constataram que apenas 4% dos produtores entrevistados utilizavam o controle biológico, sendo este realizado por meio do manejo de parasitoides em campo.

Nas últimas décadas, pesquisas com a finalidade de avaliar o parasitismo natural sobre espécies do gênero *Liriomyza* têm sido realizadas em diferentes culturas de importância econômica e regiões do mundo, destacando-se a ocorrência e o parasitismo de espécies das famílias Braconidae e Eulophidae sobre as larvas da praga (RAUF et al., 2000; GRATTON; WELTER, 2001; PETCHARAT et al., 2002; ASADI et al., 2006; BAHLAI et al., 2006; AMANO et al., 2008; TRAN, 2009; VALENZUELA-ESCOBOZA et al., 2010; LI et al., 2012). No Brasil, para suprir a escassez de informações sobre o tema na cultura do meloeiro, é necessária a realização de trabalhos visando a conhecer a diversidade e mensurar a contribuição dos parasitoides no controle da mosca minadora.

Portanto, o objetivo do presente trabalho foi identificar os parasitoides e mensurar o parasitismo natural sobre larvas da mosca minadora *Liriomyza* spp. em meloeiro, visando a subsidiar o desenvolvimento do controle biológico da praga nas áreas de produção de melão no semiárido brasileiro.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido em áreas de produção comercial de melão (melão amarelo cultivar Goldex) localizadas na zona rural do município de Mossoró–RN (S 4° 53' 36,8" e W 37° 21' 55,1" e 16m de altitude). O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo BSw^h' (semiárido muito quente e com estação chuvosa no verão atrasando-se para o outono) (CARMO FILHO; OLIVEIRA, 1995).

O parasitismo natural sobre larvas da mosca minadora foi avaliado durante as safras de dois anos agrícolas, 2012-2013 (julho de 2012 a janeiro de 2013) e 2013-2014 (julho de 2013 a Janeiro de 2014). Em cada safra foi realizado o monitoramento do parasitismo, durante o ciclo do meloeiro (entre 60 e 75 dias na região), em seis áreas de produção distintas (2,0 ha cada), sendo duas no início (julho a setembro), duas no meio (setembro a novembro) e duas ao final da safra (novembro a janeiro). Durante a realização do trabalho, o manejo de insetos-praga foi realizado de maneira convencional, sendo utilizada manta TNT (Tecido Não Tecido), aplicação de inseticidas registrados para cultura (Tabela 1) e destruição de restos

culturais imediatamente após a colheita dos frutos. As médias de temperatura (°C), umidade relativa do ar (%) e precipitação (mm) durante o período de avaliação estão apresentadas na tabela 2.

Tabela 1. Inseticidas utilizados no controle de insetos-praga na cultura do meloeiro nas safras 2012-2013 e 2013-2014, Mossoró-RN, 2016.

Safrá 2012-2013			
Nome comercial	Ingrediente ativo	Grupo Químico	Praga alvo
Mospilan	Acetamiprido	Neonicotinoide	Mosca Branca
Premio	Clorantranilprole	Antranilamida	Broca das cucurbitáceas
Vertimec 18 EC	Abamectina	Avermectina	Mosca Minadora
Tiger 100 EC	Piriproxifem	Éter Piridiloxipropílico	Mosca Branca
Trigard 750 WP	Ciromazina	Triazinamina	Mosca Minadora
Decis 25 CE	Deltametrina	Piretóide	Broca-das-cucurbitáceas
Safrá 2013-2014			
Nome comercial	Ingrediente ativo	Grupo Químico	Praga alvo
Mospilan	Acetamiprido	Neonicotinoide	Mosca branca
Premio	Clorantranilprole	Antranilamida	Broca das cucurbitáceas
Rotamik	Abamectina	Avermectina	Mosca Minadora
Abamex	Abamectina	Avermectina	Mosca minadora
Tiger 100 EC	Piriproxifem	Éter Piridiloxipropílico	Mosca Branca
Trigard 750 WP	Ciromazina	Triazinamina	Mosca Minadora
Decis 25 CE	Deltametrina	Piretóide	Broca das cucurbitáceas

Fonte: COSTA, E. M., 2014.

Tabela 2. Médias de temperatura, umidade relativa do ar e precipitação durante o período de realização do trabalho nas duas safras, 2012-2013 e 2013-2014, Mossoró-RN, 2016.

Safrá	Médias		
	Temperatura (°C)	Umidade Relativa do Ar (%)	Precipitação (mm)
2012-2013	27,3	59	0,02
2013-2014	27,3	67	0,02

Fonte: INMET, 2014.

Para verificar e quantificar o parasitismo sobre a mosca minadora, em cada área foram coletadas – semanalmente e de maneira aleatória, a partir da retirada da manta TNT (28 dias após o transplante das mudas – DAT) até a colheita dos frutos (totalizando sete coletas em cada área) – 60 folhas de meloeiro infestadas com larvas da praga. Para coleta das folhas nas áreas, foi adotado o caminhar em ziguezague, seguindo os critérios estabelecidos por Braga Sobrinho et al. (2007) para monitoramento e amostragem da mosca minadora em meloeiro. As folhas coletadas foram acondicionadas em sacos de papel, devidamente identificados (Nome do coletor, data, número da coleta e número da área), sendo em seguida transportadas ao Laboratório de Entomologia Aplicada da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Em laboratório, inicialmente foram contabilizados, com auxílio de microscópio estereoscópico, o número de larvas vivas e o número de larvas parasitadas por parasitoides idiobiontes por folha, sendo as pupas desses parasitoides retiradas das folhas e acondicionadas em placas de Petri, fechadas com filme plástico, até a emergência dos adultos (Figura 1).

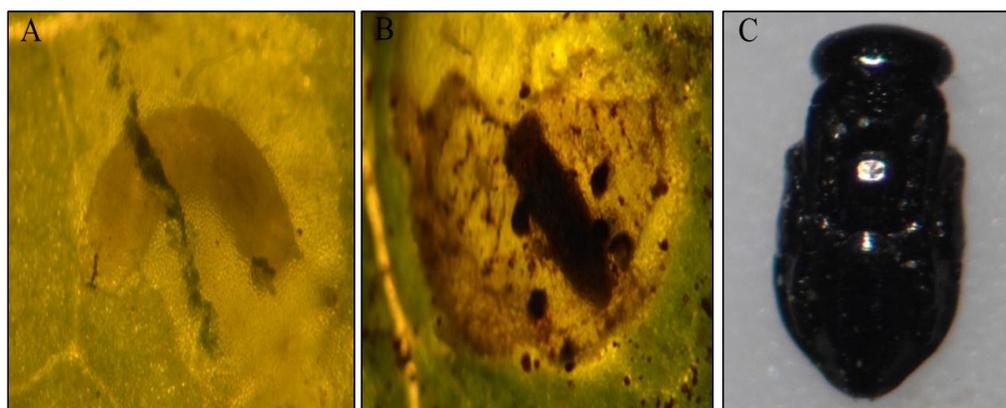


Figura 1. Larva viva da mosca minadora *Liriomyza sativae* em folha de meloeiro (A), larva da mosca minadora *Liriomyza sativae* parasitada em folha de meloeiro (B) e detalhe da pupa do parasitoide idiobionte retirada de larva da mosca minadora *Liriomyza sativae* em folhas de meloeiro (C), Mossoró-RN, 2016.

Fonte: COSTA, E. M., 2014.

Em seguida, cada folha foi individualizada, tendo o pecíolo colocado dentro de recipientes plásticos contendo 40 mL de água (para manter a turgescência da folha). Os recipientes, com as respectivas folhas, foram colocados dentro de bandejas plásticas de cor branca, onde permaneceram até saída das larvas da folha para empupar. Posteriormente, as

pupas foram contabilizadas e acondicionadas em placas de Petri, fechadas com filme plástico, nas quais permaneceram até a emergência dos adultos, parasitoide (coinobiontes) ou mosca minadora. Foi realizada a dissecação das pupas nas quais não foi verificada a emergência de adultos, abrindo-se os pupários com auxílio de microestilete, para constatar se houve parasitismo (Figura 2). Todos os materiais mantidos em laboratório estavam em sala climatizada a $25^{\circ}\text{C}\pm 2$, $70\% \pm 10\%$ UR e fotofase de 12 horas.



Figura 2. Pupas em que não foi observada a emergência de adultos (A) e detalhe da abertura do pupário para constatação do parasitismo sobre as larvas da mosca minadora (B), Mossoró-RN, 2016.

Fonte: COSTA, E. M., 2014.

Após a emergência, os adultos dos parasitoides, idiobiontes e coinobiontes, foram coletados e armazenados em recipientes plásticos, com a devida identificação (Nome do coletor, data de coleta, número da área e Número da Safra) e contendo álcool 70%, para posterior identificação. Os parasitoides idiobiontes foram identificados pelo Dr. Valmir Antonio da Costa do Instituto Biológico de São Paulo. Os parasitoides coinobiontes foram identificados por meio de comparação com exemplares pertencentes ao Laboratório de Entomologia Aplicada da UFERSA. Os espécimes *Voucher* estão depositados no referido laboratório.

O índice de parasitismo foi calculado para cada momento da safra, início, meio e final e durante o ciclo da cultura do meloeiro, dentro de cada período das safras (início, meio e final), pela fórmula: $I.P (\%) = \frac{N^{\circ} \text{ de parasitoides}}{N^{\circ} \text{ total de larvas}} \times 100$. Os índices obtidos foram organizados em gráficos por meio do programa Microsoft Excel[®] (2010).

3 RESULTADOS

Foram identificados os parasitoides *Opius scabriventris* (Hymenoptera: Braconidae) e *Neochrysocharis* sp. (Hymenoptera: Eulophidae) parasitando larvas da mosca minadora durante as safras dos dois anos agrícolas, 2012-2013 e 2013-2014. Para o período de 2012-2013, observou-se que as médias de parasitismo do *Neochrysocharis* sp., em cada período da safra (início, meio e final), foram superiores as do *O. scabriventris* e que o momento de menor ocorrência dos dois parasitoides foi em meados da safra (FIGURA 3).

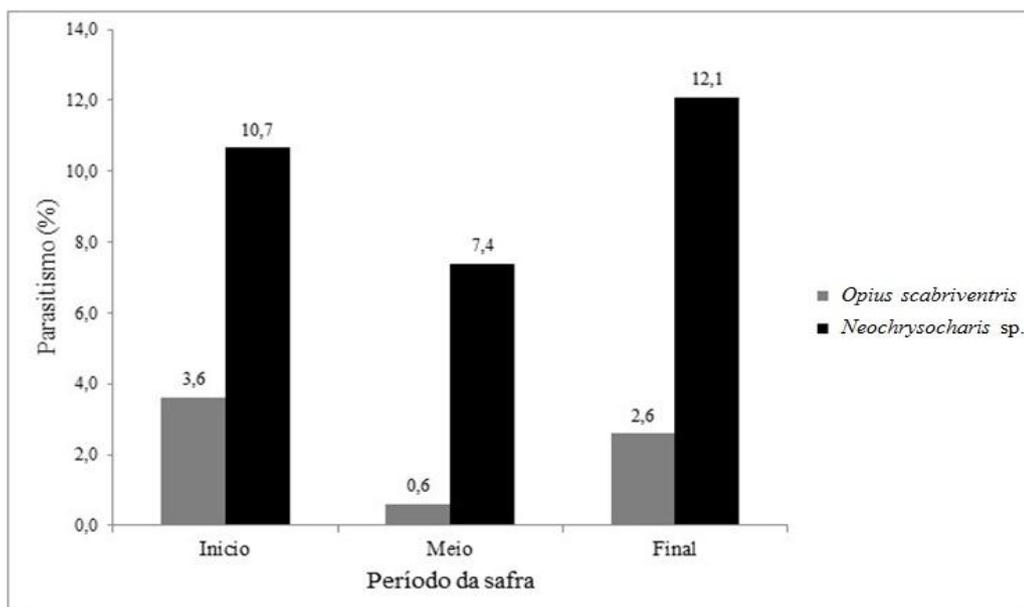


Figura 3. Parasitismo natural de *Opius scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. sobre larvas da mosca minadora em meloeiro no início, meio e final da safra 2012-2013, Mossoró-RN, 2016. **Fonte:** COSTA, E. M., 2015.

Além disso, foi observado que, independentemente do momento da safra, houve incremento do parasitismo durante o ciclo da cultura do meloeiro, especialmente nas três últimas coletas, com picos durante a colheita dos frutos de 44,8%, 31,1% e 27,7% para o *Neochrysocharis* sp. e 14,5%, 2,2% e 6,6% para *O. scabriventris*, no início, meio e final da safra, respectivamente. Salienta-se que o aumento dos percentuais de parasitismo ocorreu a partir do momento em que foram suspensas as aplicações de inseticidas (FIGURA 4 A, B e C).

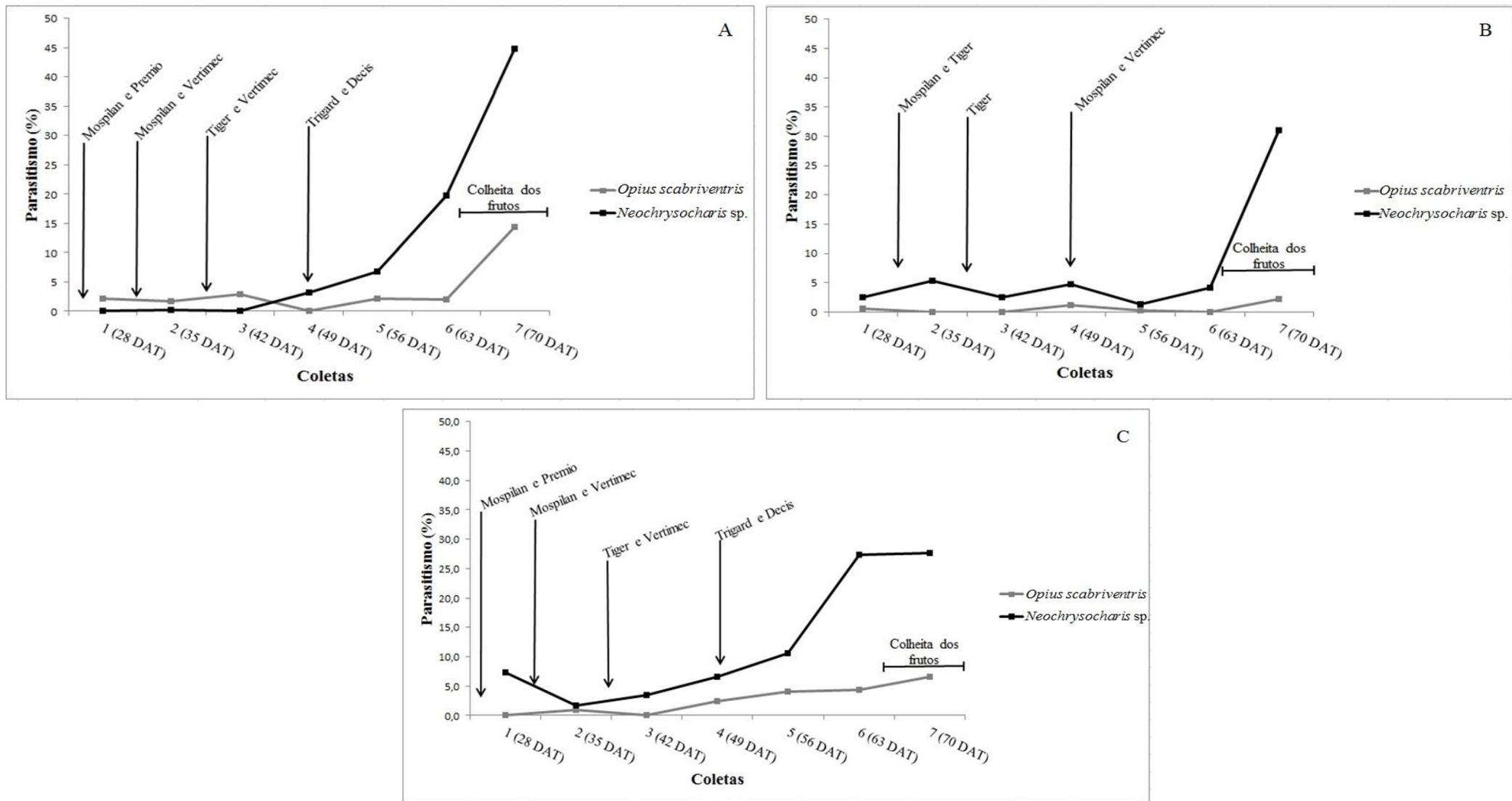


Figura 4. Parasitismo natural de *Opius scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. sobre larvas da mosca minadora durante o ciclo da cultura do meloeiro e detalhe da aplicação de inseticidas no início (A), meio (B) e final da safra (C) 2012-2013, Mossoró-RN, Brasil, 2016.

Fonte: COSTA, E. M., 2015.

Em 2013-2014, a média de parasitismo dos dois parasitoides foi crescente ao longo do período de avaliação, com *O. scabriventris* se sobressaindo ao *Neochrysocharis* sp. no início e em meados da safra. Ao final da safra, observou-se que o percentual médio de parasitismo de *Neochrysocharis* sp. foi superior ao do *O. scabriventris* (Figura 5).

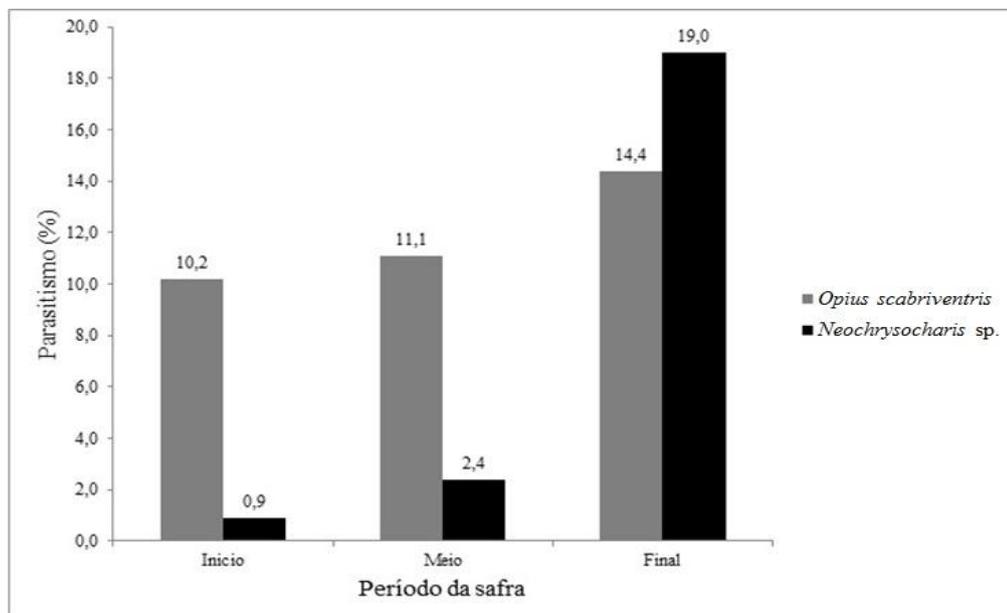


Figura 5. Parasitismo natural de *Opius scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. sobre larvas da mosca minadora em meloeiro no início, meio e final da safra 2013-2014, Mossoró-RN, 2016.
Fonte: COSTA, E. M., 2015.

Assim como na safra 2012-2013, foi observado em 2013-2014 incremento do parasitismo ao longo do ciclo da cultura do meloeiro, com aumento considerável dos percentuais nas últimas coletas, quando não houve aplicação de inseticidas. Os picos de parasitismo também ocorreram durante a colheita dos frutos, com médias de 28%, 24,8% e 28,9% para o *O. scabriventris* e 2,3%, 10,5% e 27,4% para o *Neochrysocharis* sp., durante o início, meio e final da safra, respectivamente (FIGURA 6 A, B e C).

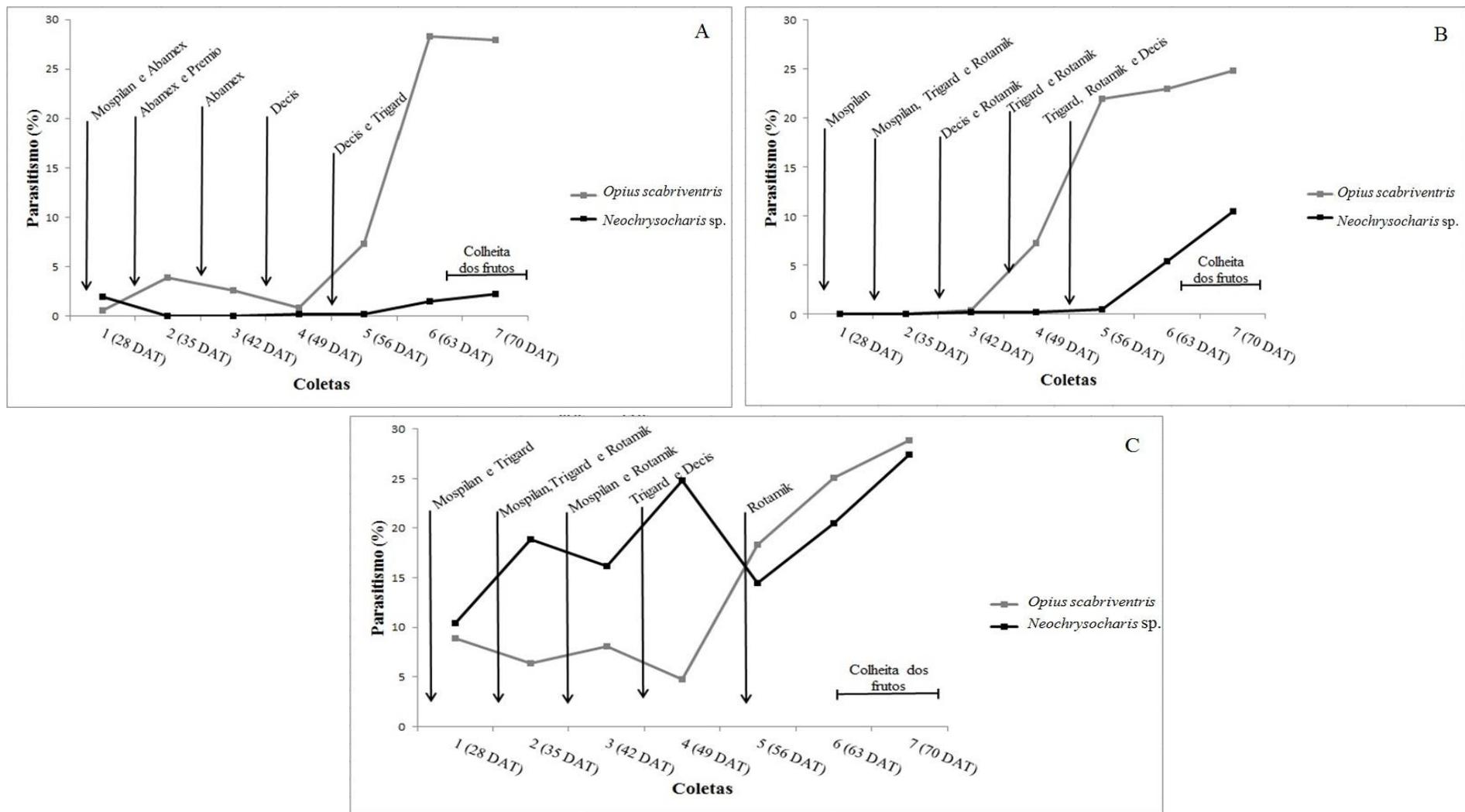


Figura 6. Parasitismo natural de *Opius scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. sobre larvas da mosca minadora durante o ciclo da cultura do meloeiro e detalhe da aplicação de inseticidas no início (A), meio (B) e final da safra (C) 2013-2014, Mossoró-RN, Brasil, 2016.

Fonte: COSTA, E. M., 2015.

4 DISCUSSÃO

Estas são as primeiras informações acerca do percentual de parasitismo natural de *O. scabriventris* e *Neochrysocharis* sp., sobre larvas de *Liriomyza* spp. em meloeiro, no semiárido brasileiro. Apesar de já existirem relatos da presença de parasitoides do gênero *Opius* em áreas de produção de melão (ARAÚJO et al., 2007), não havia informações sobre a influência desses inimigos naturais na regulação de populações da mosca minadora em meloeiro no Brasil. Guimarães et al. (2009) destacaram a falta de informações sobre o parasitismo natural da mosca minadora em meloeiro e ressaltaram a importância na realização de pesquisas sobre o tema, haja vista que o conhecimento dessa interação, especialmente quando é mensurado o percentual de parasitismo, auxilia no desenvolvimento e inserção do controle biológico de pragas em áreas agrícolas, contribuindo para a sustentabilidade do cultivo.

O fato de somente *O. scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. terem sido detectados indica uma possível predominância desses parasitoides nas áreas de produção de melão do Rio Grande do Norte. Espécies dos gêneros *Opius* e *Neochrysocharis* são comumente detectadas em avaliações sobre o parasitismo natural de larvas de *Liriomyza* em diferentes culturas de importância econômica e regiões do mundo, configurando-se em importantes inimigos naturais da mosca minadora (RAUF et al., 2000; GRATTON; WELTER, 2001; PETCHARAT et al., 2002; BAHLAI et al., 2006; AMANO et al., 2008; TRAN, 2009; VALENZUELA-ESCOBOZA et al., 2010). Em termos de valores mensurados sobre a contribuição dos parasitoides no controle da mosca minadora, Petcharat et al. (2002), em trabalho desenvolvido na Tailândia, constataram uma frequência de 0,67% de *Opius dissitus* sobre larvas de *Liriomyza* spp. em folhas de feijoeiro (*Vigna sesquipedalis*) e de 27,33% para *Neochrysocharis formosa* sobre larvas da praga em folhas de 10 plantas hospedeiras [feijoeiro (*Vigna sesquipedalis*), pepino (*Cucumis sativus*), bucha (*Luffa acutangula*), abóbora d'água (*Benincasa hispida*), abóbora (*Cucurbita moschata*), tomateiro (*Lycopersicon esculentum*), duas espécies de couve (*Brassica chinensis* e *B. oleracea*) e em *Solanum xanthocarpum*]. Valenzuela-Escoboza et al. (2010), avaliando o parasitismo natural sobre *L. trifolii* na cultura da pimenta (*Capsicum annuum*) em Sinaloa, México, verificaram que *Neochrysocharis* sp., *Opius* sp. e *Opius insulare* apresentaram 17%, 30,9% e 16,9% de parasitismo sobre as larvas

da praga nas amostras coletadas, respectivamente. Salienta-se ainda que, devido à comprovada importância e eficiência na regulação de populações da mosca minadora, algumas espécies do gênero *Opius* são comercializadas em países da Europa e nos Estados Unidos para o controle da praga (WHARTON, 1993; MURPHY e LA SALLE, 1999; LIU et al., 2009).

As variações nos índices de parasitismo observadas em cada safra provavelmente são devido à competição entre os dois parasitoides por larvas da mosca minadora nas folhas de meloeiro. No entanto, são escassas informações na literatura sobre a competição entre *O. scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. por larvas de espécies de *Liriomyza*, especialmente em condições de campo. Em relação ao comportamento dos parasitoides durante o ciclo da cultura do meloeiro, foi evidente que, independentemente do momento da safra (início, meio e final) e ano de avaliação (2012-2013 e 2013-2014), houve incremento do parasitismo de acordo com o desenvolvimento das plantas de meloeiro e os maiores percentuais foram observados nas últimas coletas de cada ciclo da cultura, com picos durante a colheita dos frutos. Sabe-se que, de maneira geral, em condições naturais o parasitismo aumenta gradativamente ao longo do desenvolvimento das culturas (PARRELLA, 1987), sendo esse comportamento observado em outros trabalhos, como no realizado por Asadi et al. (2006), que, avaliando o parasitismo sazonal sobre espécies do gênero *Liriomyza* em folhas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*), pepino, tomateiro e melanciaira (*Citrullus lanatus*) em Varamin, Irã, constataram que os percentuais de parasitismo no início do desenvolvimento das culturas foram inferiores aos observados nas últimas coletas.

Contudo, é importante ressaltar que as intensas aplicações de inseticidas nas primeiras semanas de cultivo do meloeiro contribuem para os baixos percentuais de parasitismo observados nas primeiras coletas. As aplicações de inseticidas reduzem a população da praga, diminuindo a oferta de larvas vivas por folha aos parasitoides, o que, conseqüentemente, reduz os percentuais de parasitismo. Além disso, pode haver mortalidade dos inimigos naturais em virtude do contato com os inseticidas aplicados. De acordo com Guimarães et al. (2009), o meloeiro é umas das culturas que mais recebem aplicações de inseticidas e o uso intensivo desses produtos contribui para a eliminação dos inimigos naturais das áreas. Nesse cenário, é imprescindível integrar, de maneira harmoniosa, o controle químico ao controle biológico por meio da utilização de inseticidas seletivos aos inimigos naturais. Apesar de

vários trabalhos ressaltarem a importância e abordarem o tema seletividade sobre parasitoides dos gêneros *Opius* e *Neochrysocharis* em diferentes culturas (LARA et al., 2002; PRIJONO et al., 2004; HOSSAIN; POEHLING 2006; EL BOUHSSINI et al., 2008; HERNÁNDEZ et al., 2011), em meloeiro, no Brasil, as informações restringem-se a um único trabalho realizado por Araujo et al. (2015), em condições de laboratório. Os referidos autores constataram que os inseticidas abamectina, deltametrina, ciromazina, piriproxifem e acetamiprido, todos aplicados durante o desenvolvimento do presente trabalho, ocasionaram 100%, 50%, 0,0%, 0,0% e 0,0% de mortalidade em adultos de *O. scabriventris*, respectivamente, após o contato dos parasitoides com superfícies recém-pulverizadas com os produtos. Ainda segundo os autores, a abamectina também ocasionou 100% de mortalidade quando os parasitoides foram expostos aos resíduos secos do produto. Portanto, há necessidade da realização de mais trabalhos com essa temática, especialmente em condições de campo, para auxiliar na preservação dos inimigos naturais em áreas de produção de melão e incrementar o MIP da cultura.

Em síntese, constatou-se que as médias de parasitismo de *O. scabriventris* e *Neochrysocharis* sp. variaram de maneira semelhante dentro das safras de cada ano, seguindo um mesmo padrão de decréscimo e crescimento. Durante o ciclo do meloeiro, independentemente do momento de cada safra, houve incremento no parasitismo conforme o desenvolvimento das plantas, especialmente nas três últimas coletas de cada ciclo da cultura, com picos de parasitismo no momento da colheita dos frutos. Os resultados obtidos, no presente trabalho, demonstram a importância do controle biológico natural na regulação dos níveis populacionais da mosca minadora em meloeiro, pois se trata de um controle gratuito e que não oferece riscos de contaminação ambiental e humana. Além disso, as informações sobre os períodos de maior ocorrência dos parasitoides *O. scabriventris* e *Neochrysocharis* sp., durante o ciclo e em diferentes momentos da safra do meloeiro, permitem a adoção de estratégias de manejo que favoreçam as populações desses insetos nas áreas de produção de melão no semiárido do Rio Grande do Norte, auxiliando na conservação e multiplicação dos inimigos naturais.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASILEIRA DE PROMOÇÃO DE EXPORTAÇÕES E INVESTIMENTOS – APEX BRASIL. **Perfil Exportador de Melões Brasileiros**. 2014. 49p.

AMANO, K.; SUZUKI, A.; HIROMORI, H.; SAITO, T. Relative abundance of parasitoids reared during field exposure of sentinel larvae of the leafminers *Liriomyza trifolii* (Burgess), *L. sativae* Blanchard, and *Chromatomyia horticola* (Goureau) (Diptera: Agromyzidae). **Applied Entomology and Zoology**, v. 43, n. 4, p. 625-630, 2008.

ARAUJO, E. L.; FERNANDES, D. R. R.; GEREMIAS, L. D.; FILGUEIRA, M. A.; GUIMARÃES, J. A.; MESQUITA, A. L. M.; BRAGA SOBRINHO, R. Controle Biológico de pragas do meloeiro. In: BRAGA SOBRINHO, R.; GUIMARÃES, J. A.; FREITAS, J. A. D.; TERAPO, D. **Produção Integrada de Melão**. Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE, 2008.

ARAUJO, E. L.; FERNANDES, D. R. R.; GEREMIAS, L. D.; NETTO, A. C. M.; FILGUEIRA, M. A. Mosca minadora associada à cultura do meloeiro no Semi-Árido do Rio Grande do Norte. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 3, p. 210-212. 2007.

ARAUJO, E. L.; NOGUEIRA, C. H. F.; MENEZES NETTO, A. C.; BEZERRA, C. E. S.. Biological aspects of the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae) on melon (*Cucumis melo* L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 43, n. 4, p. 579-582. 2013.

ARAUJO, E. L.; NOGUEIRA, C. H. F.; BEZERRA, C. E. S.; COSTA, E. M. TOXICITY OF INSECTICIDES USED IN MELON CROPS TO *Opius scabriventris* (Hymenoptera: Braconidae). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, n. 5, p. 1370-1377, 2015.

ASADI, R.; TALEBI, A. A.; FATHIPOUR, Y.; MOHARRAMIPOUR, S.; RAKHSHANI, E. Identification of Parasitoids and Seasonal Parasitism of the Agromyzid Leafminers Genus

Liriomyza (Dip.: Agromyzidae) in Varamin, Iran. **Journal Agriculture Science Technology**, v. 8, n. 4, p. 293-303, 2006.

BAHLAI, C. A.; GOODFELLOW, S. A.; STANLEY-HORN, D. E.; HALLETT, R. H. Endoparasitoid Assemblage of the Pea Leafminer, *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae), in Southern Ontario. **Environmental Entomology**, v. 35, n. 2, p. 351-357, 2006.

BRAGA SOBRINHO, R.; GUIMARÃES, J. A.; ARAUJO, E. L.; ASSIS, J. S.; MOREIRA, M. A. B.; MACEDO, L. P. M.; MESQUITA, A. L. M. Monitoramento de pragas na produção integrada do meloeiro. 2ª ed. **Documentos 69**, Embrapa, 2007. 22p.

CARMO FILHO F.; OLIVEIRA O. F. **Mossoró: um município do semi-árido nordestino, caracterização climática e aspecto florístico**. Mossoró: ESAM, 1995 (Coleção Mossoroense, Série B) 62p.

EL BOUHSSINI, M.; MARDINI, K.; MALHOTRA, R. S.; JOUBI, A.; KAGKA, N. Effects of planting date, varieties and insecticides on chickpea leaf miner (*Liriomyza cicerina* R.) infestation and the parasitoid *Opius minilicornis* F. **Crop Protection**, v. 27, n. 6, p. 915-919, 2008.

GRATTON, C.; WELTER, S. C. Parasitism of Natural Populations of *Liriomyza helianthi* Spencer and *Calycomyza platyptera* (Thomson) (Diptera: Agromyzidae). **Biological Control**, v. 22, n. 1, p. 81-97, 2001.

GUIMARÃES, J. A.; FILHO, M. M.; OLIVEIRA, V. R.; LIZ, R. S.; ARAUJO, E. L. Biologia e manejo de mosca-minadora no meloeiro. **Comunicação Científica EMBRAPA**, 2009.

HERNÁNDEZ, R.; HARRIS, M.; LIU, T. X. Impact of insecticides on parasitoids of the leafminer, *Liriomyza trifolii*, in pepper in south Texas. **Journal of Insect Science**, Madison, v. 11, n. 61, p. 1-14, 2011.

HOSSAIN, M. B.; POEHLING, H. M. Non-target effects of three biorationale insecticides on two endolarval parasitoids of *Liriomyza sativae* (Dip., Agromyzidae). **Journal of Applied Entomology**, Tokyo, v. 130, n. 6-7, p. 360-367, 2006.

IBGE - **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. 2016. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/>>. Acesso em: 02 fev. 2016.

LARA, R. I. R. PERIOTO, N. W.; SANTOS, J. C. C.; SELEGATTO, A.; LUCIANO, E. S. Avaliação de thiamethoxam 250 WG no controle de *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard, 1926) e de sua seletividade sobre himenópteros parasitoides em cultura de batata (*Solanum tuberosum* L.). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 69, n. 3, p. 57-61, 2002.

LI, J.; SEAL, D. R.; LEIBEE, G. L.; LIBURD, O. E. Seasonal Abundance and Spatial Distribution of the Leafminer, *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae), and its Parasitoid, *Opius dissitus* (Hymenoptera: Braconidae), on Bean in Southern Florida. **Florida Entomologist**, v. 95, n. 1, p. 128-135, 2012.

LIMA, A. C. C.; COSTA, E. M.; ARAUJO, E. L.; RUGAMA, A. J. M.; GODOY, M. S.; Diagnóstico sobre o uso do MIP nas principais áreas produtoras de melão dos Estados do Rio Grande do Rio Grande do Norte e Ceará. **Revista Agroambiente On-line**, Boa Vista, v. 6, n. 2, p. 172-178, 2012.

LIU, T. X.; KANG, L.; HEINZ, K. M.; TRUMBLE, J. Biological control of *Liriomyza* leafminers: progress and perspective. **CAB reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, v. 4, n. 4, p. 1-16, 2009.

MURPHY, S. T.; LA SALLE, J. Balancing biological control strategies in the IPM of new world invasive *Liriomyza* leafminers in field vegetable crops. **Biocontrol News and Information**, v. 20, n. 3, p. 91-104, 1999.

PARRELA, M. P. Biology of *Liriomyza*. **Annual Review of Entomology**, v. 32, p. 201-224, 1987.

PETCHARAT, J.; LING, Z.; WEIQIU, Z.; ZAIFU, X.; QUISONG, W. Larval parasitoids of agromyzid leaf miner genus *Liriomyza* in the southern Thailand : species and their host plants. **Songklanakarin Journal Science Technology**, v. 24, n. 3, p. 467-472, 2002.

PRIJONO, D. ROBINSON, M.; RAUF, A.; BJORKSTEN, T.; HOFFMANN, A. A. Toxicity of chemicals commonly used in Indonesian vegetable crops to *Liriomyza huidobrensis* populations and the Indonesian parasitoids *Hemiptarsenus varicornis*, *Opius* sp. and *Cronotoma micromorpha*, as well as the Australian parasitoids *Hemiptarsenus varicornis* and *Diglyphus isaea*. **Journal of Economic Entomology**, Riverside, v. 97, n. 4, p. 1991-1997, 2004.

RAUF, A.; SHEPARD, B. M.; JOHNSON, M. W. Leafminers in vegetables, ornamental plants and weeds in Indonesia: Surveys of host crops, species composition and parasitoids. **International Journal of Pest Management**, v. 46, n. 4, p. 257-266, 2000.

TRAN, D. H. Agromyzid leafminers and their parasitoids on vegetables in Central Vietnam. **Journal ISSAAS**, v. 15, n. 2, p. 21-33, 2009.

VALENZUELA-ESCOBOZA, F. A.; BAUTISTA-MARTÍNEZ, N.; LOMELÍ-FLORES, J. R.; CORTEZ-MONDACA, E.; VALDEZ-CARRASCO, J. Natural Parasitism of Leafminer *Liriomyza trifolii* (Burgess) in Jalapeño Pepper in Northern Sinaloa, México. **Southwestern Entomologist**, v. 35, n. 4, p. 569-572, 2010.

WHARTON, R. A. Bionomics of the Braconidae. **Annual Review of Entomology**, v. 38, p. 121-143. 1993.

CAPÍTULO 4

TOXICIDADE DE INSETICIDAS UTILIZADOS NA CULTURA DO MELOEIRO NO BRASIL SOBRE *Apis mellifera* EM CONDIÇÕES DE LABORATÓRIO

(Artigo publicado na revista Apidologie, DOI: 10.1007/s13592-013-0226-5)

RESUMO - Este estudo teve como objetivo avaliar a toxicidade de inseticidas utilizados na cultura do meloeiro (*Cucumis melo* L.) sobre adultos de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) em condições de laboratório. Três formas de exposição foram utilizadas: pulverização direta, fornecimento de dieta contaminada e contato com folhas pulverizadas. As abelhas foram expostas aos inseticidas abamectina, acetamiprido, cloridrato de cartape, clorfenapir, ciromazina, deltametrina, tiametoxam, flufenoxurom e piriproxifem nas dosagens máximas recomendadas pelos fabricantes para a cultura do meloeiro no Brasil. Os resultados indicaram que, independentemente de como as abelhas foram expostas aos inseticidas, tiametoxam, abamectina, e clorfenapir foram extremamente tóxicos para os adultos de *A. mellifera*. Acetamiprido, deltametrina, e cloridrato de cartape foram mais tóxicos quando pulverizados diretamente sobre as abelhas. Ciromazina e piriproxifem causaram baixas taxas de mortalidade a *A. mellifera*, ao passo que flufenoxurom causou mortalidade moderada quando fornecido via dieta contaminada para as abelhas adultas.

Palavras chave: Conservação, mortalidade, organismos não-alvo, polinizador, tratamento fitossanitário

**TOXICITY OF INSECTICIDES USED IN THE BRAZILIAN MELON CROP TO
THE HONEY BEE *Apis mellifera* UNDER LABORATORY CONDITIONS**

ABSTRACT – This study aimed at evaluating the toxicity of insecticides used in melon crop (*Cucumis melo* L.) on adults of *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) under laboratory conditions. Three ways of exposure were used: direct spraying, feeding with insecticide contaminated diet, and contact with sprayed leaves. Bees were exposed to the insecticides abamectin, acetamiprid, cartap chloride, chlorfenapyr, cyromazin, deltamethrin, thiamethoxam, flufenoxuron, and pyriproxyfen at the highest dosages recommended by the manufacturers for the melon crop in Brazil. Results indicated that, regardless of how the bees were exposed to insecticides, thiamethoxam, abamectin, and chlorfenapyr were extremely toxic to adults of *A. mellifera*. Acetamiprid, deltamethrin, and cartap chloride were most toxic when directly sprayed on the bees. Cyromazin and pyriproxyfen caused low mortality rates to *A. mellifera*, whereas flufenoxuron caused moderate mortality when fed to adult bees.

Key Words: Conservation, mortality, nontarget organisms, pollinator, phytosanitary treatment

1 INTRODUÇÃO

A maioria das angiospermas (87%) são parcialmente ou totalmente dependentes da polinização por insetos para a frutificação e, particularmente na região tropical, 94% das plantas selvagens e cultivadas dependem diretamente da polinização realizada por insetos (OLLERTON et al. 2011). De acordo com Klein et al. (2007), 70% das 124 culturas utilizadas para consumo humano no mundo são dependentes de insetos polinizadores. As abelhas do mel (*Apis mellifera* L.) (Hymenoptera: Apidae) são polinizadores essenciais e desempenham um papel funcional e ecológico primordial para a manutenção das plantas nativas, bem como para produtividade agrícola (MCGREGOR 1976; MALERBO-SOUZA et al., 2003; GALLAI et al., 2009; BERNAL et al., 2010; POTTS et al., 2010). Em um estudo recente realizado por Lautenbach et al. (2012), os autores afirmam que os benefícios da polinização global são dominados por apenas um pequeno número de países, e que o Brasil ocupa o quarto lugar no *ranking*.

No Brasil, o meloeiro (*Cucumis melo* L.) é uma das cucurbitáceas mais cultivadas, com 19.701 ha plantados e produção anual de 499.330 toneladas em 2011 (IBGE, 2012). A alta produção de melão no Brasil é dependente da polinização realizada pela abelha *A. mellifera*, sendo a importância dessa espécie para o meloeiro já destacada por Sousa et al. (2009). A produção de melão do Brasil está concentrada na região semiárida, principalmente nos estados do Rio Grande do Norte e Ceará, responsáveis por 80% da produção nacional de melão, dentre os quais 90% são exportados (IBGE 2012). Devido às condições climáticas da região, o ciclo da cultura é extremamente curto, cerca de 75 dias, com períodos de florescimento que duram aproximadamente 10 dias. A produção de melão ocorre durante a estação seca, quando os polinizadores nativos estão em baixo número.

No entanto, durante seu cultivo o meloeiro é severamente atacado por diversas pragas de importância econômica, como a mosca minadora *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae), mosca branca *Bemisia tabaci* (Gennadius) biótipo B (Hemiptera: Aleyrodidae) e as brocas das cucurbitáceas *Diaphania nitidalis* Cramer e *Diaphania hyalinata* L. (Lepidoptera: Crambidae). Assim, o uso de inseticidas é imprescindível para a manutenção da sanidade fitossanitária e produtividade da cultura. Além disso, o manejo fitossanitário do meloeiro

merece atenção especial, pois ele é atacado em praticamente todas as fases fenológicas (GUIMARÃES et al., 2008).

O impacto adverso dos inseticidas de largo espectro sobre os insetos benéficos não alvo é amplamente conhecido por ser uma das principais causas do declínio de polinizadores em áreas agrícolas, principalmente nas extensas áreas ocupadas com monocultivos (KEARNS; INOUE, 1997; FLETCHER; BARNETT, 2003; DEVINE; FURLONG, 2007; FREITAS et al., 2009). Os neonicotinoides, uma das classes de inseticidas mais difundidas e utilizadas, têm demonstrado ser altamente tóxico para *A. mellifera* (IWASA et al., 2004; LAURINO et al., 2011). Dentre os agroquímicos mais tóxicos para as abelhas estão a abamectina, clorfenapir, deltametrina e tiametoxam (RHODES; SCOTT 2006), seja por exposição via tópica ou oral (CARVALHO et al., 2009).

De modo geral, o conhecimento sobre os diferentes efeitos que os inseticidas podem ter sobre polinizadores é uma preocupação em todo o mundo, especialmente em áreas agrícolas (DESNEUX et al., 2007; BARNETT et al., 2007; JOHNSON et al., 2010; PINHEIRO; FREITAS, 2010; VAN ENGELSDORP; MEIXNER, 2010; BLACQUIERE et al., 2012).

Apesar da importância econômica da cultura, as informações sobre a toxicidade dos inseticidas utilizados durante o cultivo do meloeiro, nas dosagens recomendadas no Brasil, são escassas sobre *A. mellifera*. No entanto, essas informações são necessárias à implementação de programas de manejo integrado, pois podem assegurar a manutenção dos polinizadores no campo. Portanto, este estudo foi realizado para avaliar a toxicidade dos inseticidas comumente utilizados na cultura do meloeiro no Brasil sobre adultos de *A. mellifera*, nas dosagens máximas registradas no Ministério da Agricultura para cultura. Foi investigado o efeito de nove inseticidas em três formas de exposição sobre a mortalidade e comportamento das abelhas, sob condições de laboratório: abamectina, acetamiprido, cloridrato de cartape, clorfenapir, ciromazina, deltametrina, tiametoxam, flufenoxurom e piriproxifem.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Este estudo foi realizado no Laboratório de Entomologia Aplicada da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Mossoró, no Estado do Rio Grande do Norte, Brasil. As abelhas utilizadas nos experimentos foram coletadas de uma única colônia no apiário da Cooperativa APISMEL, localizada na Serra do Mel, também no estado do Rio Grande do Norte, e transportadas para o laboratório em caixas de acrílico com tela. Três formas de exposição foram utilizadas para avaliar a toxicidade dos inseticidas sobre as abelhas: pulverização direta sobre as abelhas adultas, fornecimento de dieta contaminada por inseticida as abelhas e contato das abelhas com os resíduos dos inseticidas nas folhas do meloeiro.

As abelhas utilizadas nos experimentos foram colocadas em recipientes de plástico (cilindros com 12,0 cm de diâmetro e 9,0 cm de altura) (doravante denominados arenas) cobertos com tecido *voile* preso com elástico. Cada arena constituiu uma unidade experimental. Foram fornecidos às abelhas uma solução de mel e açúcar (pasta Cândi) em um recipiente plástico e também um chumaço de algodão embebido com água destilada. As abelhas foram anestesiadas por refrigeração (4 °C durante 1 min) antes de cada experimento (para o manuseio durante a pulverização e/ou colocação dentro do arenas). Os testes foram realizados em sala climatizada a 25 ± 2 °C, $50 \pm 10\%$ UR e fotofase de 12 h.

Foram utilizados os produtos comerciais Mospilan[®], Vertimec[®], Thiobel[®], Pirate[®], Trigard[®], Decis[®], Actara[®], Cascade[®] e Tiger[®] como fontes dos inseticidas listados na introdução. Todos os produtos são solúveis em água e as soluções foram preparadas com água destilada, com exceção apenas da abamectina (Vertimec[®]), que foi primeiramente misturada com óleo mineral (0,25%), para reproduzir exatamente as condições de campo. Os inseticidas foram utilizados na máxima dosagem recomendada pelos fabricantes (Tabela 1).

Tabela 1. Inseticidas utilizados na cultura do meloeiro que foram avaliados com relação à toxicidade sobre *Apis mellifera*.

Ingrediente ativo	Grupo químico	Modo de ação	Dosagem (g i.a./L)	Praga alvo
Abamectina*	Avermectina	Contato e ingestão	0,0180	<i>Liriomyza</i> spp.
Acetamiprido	Neonicotinoide	Sistêmico	0,0600	<i>B. tabaci</i> biótipo B
Cloridrato de Cartape	Bis (Tiocarbamato)	Contato e ingestão	1,2500	<i>Diaphania</i> spp.
Clorfenapir	Análogo de pirazol	Contato e ingestão	0,2400	<i>Thrips palmi</i>
Ciromazina	Triazinamina	Sistêmico e ingestão	0,9000	<i>Liriomyza</i> spp.
Deltametrina	Piretroide	Contato e ingestão	0,0075	<i>Diaphania</i> spp.
Tiametoxam	Neonicotinoide	Sistêmico	0,1500	<i>B. tabaci</i> biótipo B
Flufenoxurom	Benzoiluréia	Contato e ingestão	0,1000	<i>Liriomyza</i> spp.
Piriproxifem	Éter Piridiloxipropílico	Contato	0,1000	<i>B. tabaci</i> biótipo B

* A abamectina foi misturada com óleo mineral (Assist) na concentração de 0,25%.

Fonte: COSTA, E. M., 2013.

Como tratamentos de controle, no primeiro ensaio, somente água foi pulverizada diretamente sobre as abelhas. No segundo ensaio, o tratamento controle foi composto apenas pela solução de mel e açúcar, e no terceiro ensaio, água foi pulverizada sobre as folhas de meloeiro. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado e cada modo de exposição foi constituído por 10 tratamentos e 10 repetições. Cada unidade experimental foi constituída por 10 abelhas adultas.

A mortalidade foi avaliada a 1, 2, 3, 4, 5, 6, 12, 15, 18, 21, 24, 30, 36, 42, 48, 60 e 72 h após a aplicação dos tratamentos e o comportamento (por exemplo, prostração, tremores, paralisia, etc.) das abelhas foi monitorado e registrado a partir dos primeiros 30 min após a aplicação dos inseticidas até o final do experimento. Foram registradas como mortas às abelhas que não responderam a estímulos mecânicos. No entanto, essas abelhas foram mantidas dentro das arenas até o final do experimento. Os estímulos mecânicos foram aplicados ao tocar o corpo das abelhas, em cada período de avaliação, com um pincel fino.

2.1 Pulverização direta de inseticidas sobre *A. mellifera*

Depois de anestesiadas, as abelhas foram agrupadas em número de 10 e pulverizadas diretamente com os respectivos inseticidas avaliados, com auxílio de um pulverizador manual

apresentando vazão de 0,58 mL/s e taxa de aplicação média de 0,00583 mL/cm², simulando aplicação em campo. Em seguida, as abelhas foram colocadas nas arenas, onde passaram a ser avaliadas para se verificar os efeitos dos produtos inseticidas, até o final do período de 72h.

2.2 Fornecimento de dieta contaminada com inseticida a *A. mellifera*

A dieta (pasta Cândi) foi preparada na proporção de 20 mL de mel para 50 g de açúcar, sendo feitas a mistura e homogeneização dos produtos até chegar à consistência pastosa. Os inseticidas foram aplicados na superfície da dieta (7,06 cm²), simulando uma pulverização em campo. Após distribuição das abelhas nas arenas, o alimento contaminado por cada um dos inseticidas foi colocado no interior das respectivas arenas, juntamente com um algodão embebido em água destilada. A partir deste momento, os insetos ficaram sob observação constante até a confirmação da ingestão do alimento, sendo posteriormente avaliado o comportamento e a mortalidade durante os horários de avaliação.

2.3 Contato de *A. mellifera* com folhas de meloeiro contaminadas por inseticidas

Para esse modo de exposição, foram produzidas plantas de meloeiro da variedade Orange Flesh, em casa de vegetação. Em seguida, foram selecionadas as plantas mais vigorosas e que apresentavam um mínimo de quatro folhas definitivas, destinando-se cinco plantas para cada tratamento. Com auxílio de um pulverizador manual (vazão de 0,58 mL/s e taxa de aplicação média de 0,00583 mL/cm²), foi simulada uma aplicação dos produtos em campo, de modo que as gotas cobrissem uniformemente toda a superfície foliar. Em seguida, para a devida secagem dos produtos pulverizados, as plantas foram transferidas para um local arejado e à sombra, onde permaneceram durante 1 h. Após a secagem, foram colocadas em cada arena três folhas, o chumaço de algodão com água e a dieta (pasta Cândi). Só então houve a liberação dos insetos.

2.4 Análises estatísticas

Os dados de sobrevivência dos adultos foram analisados utilizando-se o pacote Survival (THERNEAU; LUMLEY, 2010) do *software* R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2010) e submetidos à análise de distribuição de Weibull. Os tratamentos com efeitos semelhantes (toxicidade e velocidade de mortalidade) foram agrupados usando contrastes. O tempo letal 50 (TL₅₀) também foi calculado para cada grupo. A porcentagem de mortalidade foi calculada para cada tratamento nos três métodos de exposição e corrigida por meio da equação de Abbott (ABBOTT, 1925).

3 RESULTADOS

3.1 Efeito de inseticidas pulverizados diretamente sobre *A. mellifera*

Tiametoxam, deltametrina, abamectina, acetamiprido, clorfenapir e cloridrato de cartape foram altamente tóxicos quando pulverizados diretamente sobre *A. mellifera*, matando entre 80 e 100% das abelhas (Tabela 2).

Tabela 2. Mortalidade de *Apis mellifera* corrigida pela equação de Abbott em cada método de exposição.

Ingrediente Ativo	Aplicação Direta	Dieta Contaminada	Folhas Contaminadas
	Mortalidade (%)	Mortalidade (%)	Mortalidade (%)
Abamectina	100	100	100
Acetamiprido	100	47,6	60
Cloridrato de Cartape	81,4	21,4	57,3
Clorfenapir	100	100	92
Ciromazina	19,8	28,6	30,7
Deltametrina	100	45,2	72
Tiametoxam	100	100	100
Flufenoxurom	17,4	64,3	54,7
Piriproxifem	30,2	16,7	34,7

Fonte: COSTA, E. M., 2013.

No entanto, houve uma diferença notável nos valores da TL_{50} para os diferentes inseticidas testados. O grupo 7 (tiametoxam e deltametrina) apresentou a menor TL_{50} (1,00 h) (Figura 1). Abamectina (Grupo 6) causou uma mortalidade de 100% em menos de 10 h após a pulverização, com uma TL_{50} de 3,16 h (Figura 1). O grupo 5 – acetamiprido e clorfenapir, com uma TL_{50} de 6,11 h – ocasionou a mortalidade de 95% e 100%, respectivamente, nas primeiras 15 h de avaliação (Figura 1). Cloridrato de cartape (grupo 4), com uma TL_{50} de 31,66 h, causou a mortalidade de 81,4% das abelhas 72 h após a exposição inicial (Figura 1). Ao contrário dos outros inseticidas testados neste estudo, o grupo 3 (piriproxifem) ocasionou mortalidade de 30,2% e o grupo 2 (ciromazina e flufenoxurom) causou menos de 20% mortalidade a *A. mellifera* (Tabela 2). Ambos os grupos tiveram um TL_{50} maior do que 100 horas (Figura 1), mas foram significativamente diferentes do tratamento controle.

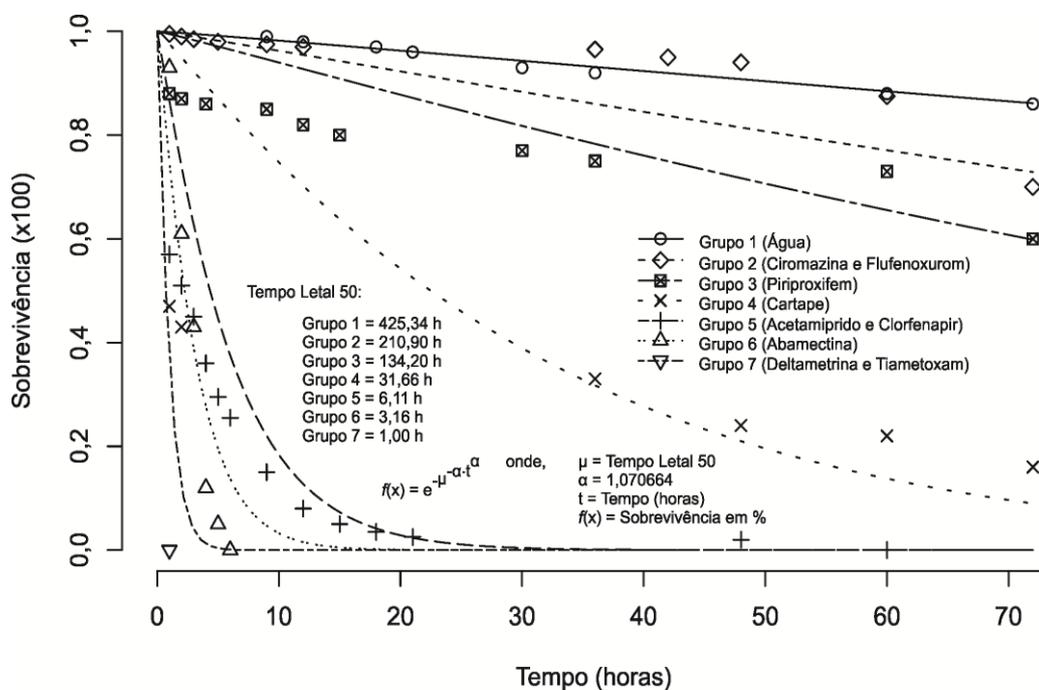


Figura 1. Sobrevivência (%) de *Apis mellifera* após ser submetida à pulverização direta com diferentes inseticidas e tempos letais (TL_{50}) em horas.

Fonte: COSTA, E. M., 2013.

Na primeira hora após a exposição ao Tiametoxam, 100% das abelhas mostraram prostração seguida de morte. As abelhas pulverizadas com deltametrina apresentaram imediatamente tremores seguidos de paralisia, caracterizando efeito *knock down*, morrendo

dentro da primeira hora de avaliação. Abamectina ocasionou uma redução na mobilidade das abelhas, que permaneceram com movimentos lentos até que todas morressem 6 h após a pulverização. Acetamiprido causou prostração seguida de paralisia semelhante ao tiametoxam. Entretanto, a probabilidade de sobrevivência das abelhas foi significativamente maior em comparação a este último. Insetos contaminados por clorfenapir não apresentaram distúrbio motor aparente dentro dos primeiros 30 minutos após a pulverização, porém, após a primeira hora, 98% das abelhas começaram a mover-se lentamente, evoluindo em seguida para paralisia e subsequente morte de todos os insetos após 15 h da pulverização.

Após a pulverização com cloridrato de cartape, foi observada paralisia em 100% das abelhas, com mortalidade de 57% dentro de 2 h. Os 43% restantes das abelhas permaneceram paralisados até a 10 h de avaliação e, em seguida, recuperaram os movimentos, porém continuaram morrendo até o final das avaliações (72 h), quando apenas 18,6% estavam vivas. Piriproxifem, ciromazina e flufenoxurom não ocasionaram distúrbios aparentes e as abelhas mantiveram-se em movimento e se alimentando normalmente.

3.2 Efeito da dieta contaminada por inseticida sobre *A. mellifera*

Neste modo de exposição, o grupo 6 (tiametoxam) e grupo 5 (abamectina e clorfenapir) foram os mais tóxicos dentre os inseticidas testados, causando a morte de 100% das abelhas e apresentando uma TL_{50} de 1,51 e 7,77 h, respectivamente (Tabela 2 e figura 2). Estes resultados demonstraram que os referidos inseticidas foram igualmente tóxicos para *A. mellifera* por via oral e por pulverização direta. Os grupos 4 (flufenoxurom) e 3 (acetamiprido e deltametrina) apresentaram toxicidade mediana para as abelhas, com taxas de mortalidade entre 45,2% e 64,3% (Tabela 2) e TL_{50} de 48,91 h para o grupo 4 e 79,84 h para o grupo 3 (Figura 2). Já o grupo 2 (cloridrato de cartape, ciromazina, e piriproxifem) foi formado pelos inseticidas menos tóxicos neste ensaio, com uma TL_{50} de 166,83 h. No entanto, foi observada diferença significativa em relação ao tratamento controle (Tabela 2 e Figura 2).

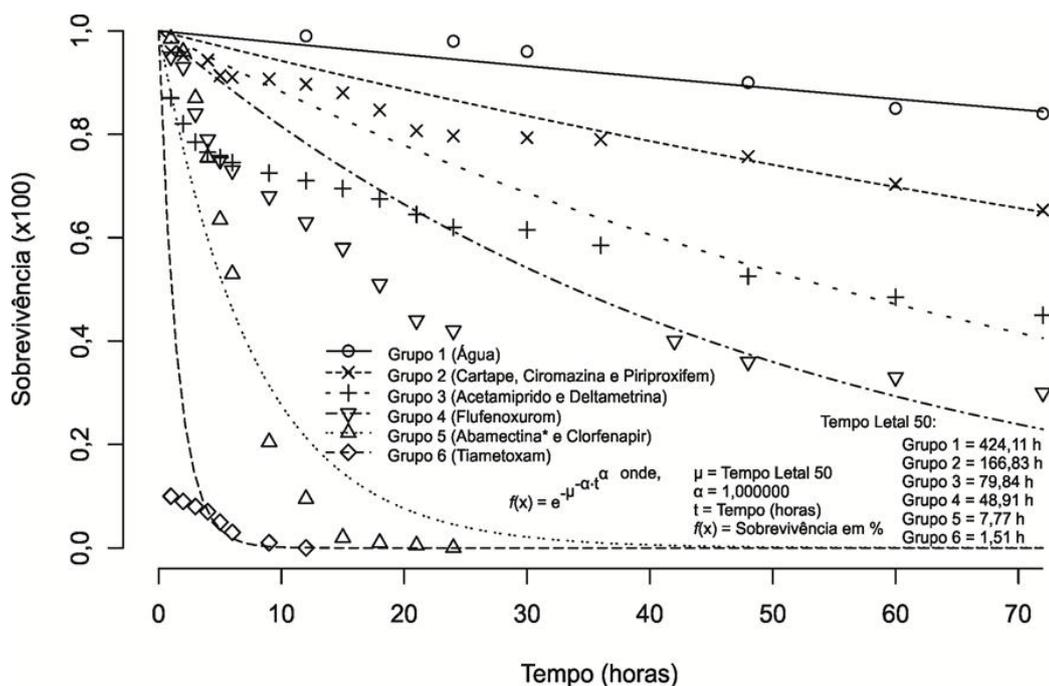


Figura 2. Sobrevivência (%) de *Apis mellifera* após fornecimento de dieta contaminada com inseticidas e tempos letais (TL₅₀) em horas.

Fonte: COSTA, E. M., 2013.

Os mesmos sintomas comportamentais observados na metodologia de pulverização direta foram registrados para ingestão, embora a intensidade e mortalidade tenham sido diferentes para alguns inseticidas entre as duas formas de exposição. Para a abamectina, clorfenapir, ciromazina e tiametoxam, a intensidade dos sintomas e a taxas de mortalidade foram equivalentes às observadas na pulverização direta.

Flufenoxurom ocasionou mortalidade de 64,3%, sendo três vezes mais tóxico via ingestão do que quando pulverizado diretamente sobre as abelhas. Acetamiprido foi menos tóxico por ingestão, com apenas 19% das abelhas apresentando prostração e paralisia seguida de morte nas primeiras 3 h após a ingestão da dieta contaminada. Após este período, não foram observados distúrbios, mas as mortes continuaram a ocorrer ao longo das avaliações. No que diz respeito à deltametrina, depois da ingestão da dieta contaminada, 13% das abelhas foram acometidas por paralisia, seguida de morte. Os insetos restantes (87%) apresentaram movimentos lentos e continuaram morrendo até ao final das avaliações, sendo registrado que apenas 54,8% permaneceram vivos. Cloridrato de cartape, embora menos tóxico quando ingerido, também causou paralisia nos insetos. Depois de ingerir a dieta contaminada com cloridrato de cartape, as abelhas ficaram com movimentos lentos, seguidos por tremores e

paralisa total, havendo 15% de mortalidade. Contudo, as abelhas recuperaram seus movimentos cerca de 6 h após a ingestão, porém algumas abelhas ainda morreram até o final das avaliações. Piriproxifem foi menos tóxico do que na pulverização direta, com apenas 16,7% de mortalidade e novamente não causou quaisquer distúrbios comportamentais.

3.3 Efeito do contato com folhas contaminadas por inseticidas sobre *A. mellifera*

Os grupos 7 (tiametoxam), 6 (abamectina) e 5 (clorfenapir e deltametrina) foram os inseticidas mais tóxicos para esse modo de exposição (Tabela 2). No entanto, tiametoxam teve a menor TL₅₀, 2,61 h (Figura 3). Resíduos de abamectina também foram altamente tóxicos e causaram 100% de mortalidade após 36 h. Contudo, o efeito da abamectina foi mais lento do que o do tiametoxam, sendo os efeitos letais observados apenas a partir da 11ª hora de observação, com TL₅₀ de 18,45 h (Figura 3). Clorfenapir e deltametrina ocasionaram mortalidades de 92% e 72% dos insetos, respectivamente, com uma TL₅₀ de 44,12 h (Figura 3).

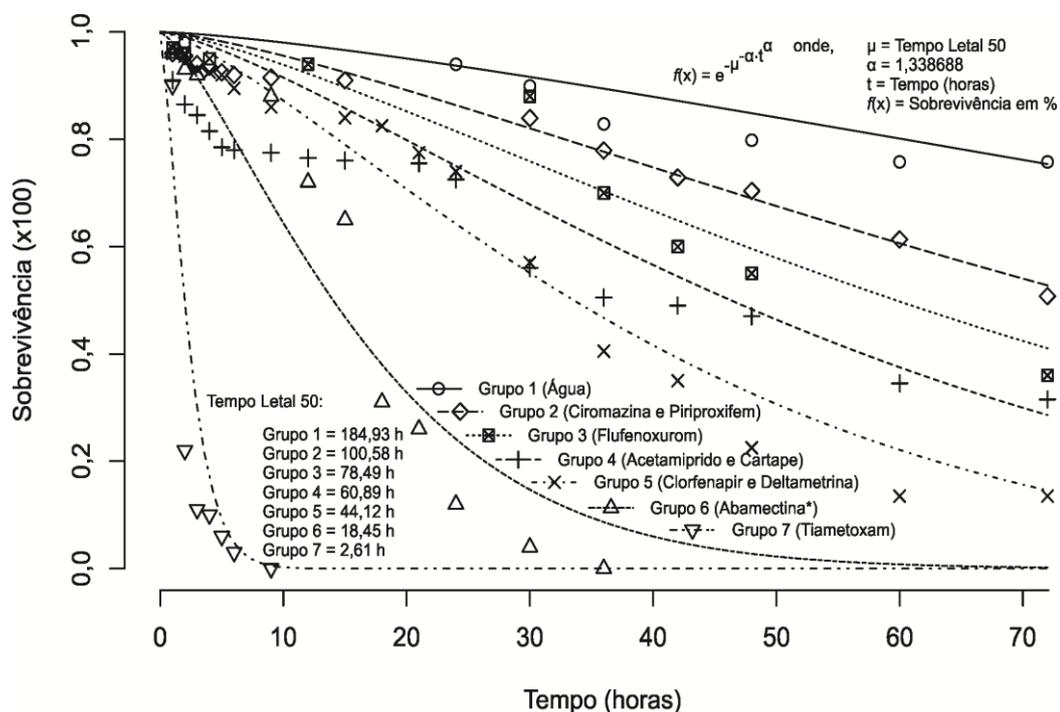


Figura 3. Sobrevivência (%) de *Apis mellifera* após exposição por contato com resíduos de pulverização de inseticidas sobre folhas de meloeiro e tempos letais (TL₅₀) em horas.

Fonte: COSTA, E. M., 2013.

O grupo 4 (acetamiprido e cloridrato de cartape), com uma TL_{50} de 60,89 h, e o grupo 3 (flufenoxurom), com TL_{50} de 78,49 h, causaram mortalidade em todo o período de observação, apresentando taxas de mortalidade médias variando de 54% a 60% (Figura 3). Ciromazina e piriproxifem, ambos do grupo 2 e com TL_{50} de 100,58 h (Figura 3), apresentaram taxas de mortalidade de 30,7% e 34,7%, respectivamente (Tabela 2).

Neste método de exposição, observaram-se os mesmos sintomas comportamentais registrados para pulverização direta e ingestão de dieta contaminada, embora o percentual de mortalidade tenha sido diferente para alguns inseticidas. Observou-se para abamectina, clorfenapir, ciromazina e tiametoxam taxas de mortalidade semelhantes e sintomas com a mesma intensidade dos outros dois modos de exposição. Em relação à deltametrina, logo após o contato com as folhas contaminadas, 6% das abelhas rapidamente apresentaram paralisia seguida de morte. O restante das abelhas exibiu movimentos lentos, havendo mortalidade ao longo do período de avaliação, havendo apenas 28% de insetos vivos ao final das 72 h. Acetamiprido ocasionou prostração seguida de paralisia e morte em 7% das abelhas logo após o contato com as folhas contaminadas. As abelhas restantes não apresentaram distúrbios motores, havendo mortes ao longo de todo o período de avaliação, com apenas 40% de sobrevivência ao final das 72 h. Os insetos expostos aos resíduos de cloridrato de cartape tiveram a mobilidade reduzida e a grande maioria das mortes ocorreu 30 h depois da exposição ao inseticida. As abelhas expostas a flufenoxurom e piriproxifem não apresentaram distúrbios comportamentais.

4. DISCUSSÃO

4.1 Efeito de inseticidas pulverizados diretamente sobre *A. mellifera*

Os resultados do presente trabalho demonstram que, na dosagem recomendada para o controle de insetos praga na cultura do meloeiro no Brasil, os inseticidas tiametoxam, deltametrina, abamectina, acetamiprido, clorfenapir e cloridrato de cartape foram altamente tóxicos para as abelhas em ensaio de pulverização direta. No entanto, houve diferenças na reação das abelhas aos vários compostos, provavelmente devido ao modo de ação de cada inseticida. A elevada toxicidade do neonicotinoide tiametoxam a *A. mellifera* já foi relatada

em outros trabalhos (IWASA et al., 2004; RHODES; SCOTT 2006; CARVALHO et al., 2009; LAURINO et al., 2011). Os distúrbios motores e prostração causada pelo tiametoxam sobre as abelhas se devem ao efeito do composto sobre as sinapses do sistema nervoso central dos insetos (KAGABU, 1997). Os percentuais de mortalidade obtidos para deltametrina divergiram daqueles encontrados por Carvalho et al. (2009), que aplicaram uma concentração mais elevada do que a utilizada no presente estudo (0,0125 g a. i./L), observando efeito *knock down*, concluindo, no entanto, que deltametrina foi pouco tóxico quando pulverizado sobre *A. mellifera*. Por outro lado, Fletcher; Barnett (2003) relataram que piretroides como a deltametrina estão envolvidos em casos de declínio das populações de abelhas no Reino Unido. Segundo Nica et al. (2004), deltametrina paralisa rapidamente o sistema nervoso dos insetos causando o efeito *knock down* e eventual morte.

Os resultados obtidos neste trabalho para a abamectina são semelhantes aos os relatados por Carvalho et al. (2009), que observaram uma mortalidade de 99% das abelhas 30 h depois da pulverização com o inseticida. Já a TL_{50} (13,04 h) foi menor do que a encontrada por Carvalho et al. (2009), fato provavelmente decorrente da concentração mais baixa do princípio ativo utilizada por esses autores. Os dois neonicotinoides, tiametoxam e acetamiprido, embora altamente tóxicas para *A. mellifera*, não apresentaram a mesma velocidade de mortalidade. De acordo com Iwasa et al. (2004), esta diferença pode ser devido ao efeito do grupo nitro do tiametoxam, o que torna sua molécula 192 vezes mais tóxica para as abelhas do que aqueles inseticidas que têm um grupo ciano, tal como acetamiprido. Além dos efeitos diretos, os neonicotinoides podem ocasionar efeitos subletais sobre abelhas (DESNEUX et al., 2007;. CARVALHO et al., 2009;. LAURINO et al., 2011; CRESSWELL et al., 2012; BLACQUIERE et al., 2012; HENRY et al., 2012). Nossos resultados corroboram descobertas anteriores de que o composto clorfenapir é prejudicial para as abelhas e tem uma forte ação de contato, sendo, portanto, a sua pulverização não recomendada durante a atividade de forrageamento das abelhas (WARE; WHITACRE 2004; RHODES; SCOTT 2006). Nos métodos de exposição testados neste estudo, cloridrato de cartape causou paralisia motora temporária nos insetos que não morreram logo após a exposição ao inseticida. Cloridrato de cartape provoca inibição dos mecanismos de condutância dos íons sódio na membrana pós-sináptica e conseqüente bloqueio da transmissão dos impulsos nervosos, sendo

o principal sintoma de intoxicação por esse produto a paralisia, que pode se intensificar e levar o inseto à morte (MARÇON 2011).

Piriproxifem, ciromazina, e flufenoxurom foram pouco tóxicos para *A. mellifera*. Os resultados obtidos para piriproxifem são semelhantes aos observados por Baptista et al. (2009). Ainda segundo os autores, a baixa toxicidade do piriproxifem a adultos de *A. mellifera* se deve ao modo de ação do produto, pois se trata de um análogo do hormônio juvenil e, portanto, afeta os insetos em suas fases jovens. A baixa toxicidade de ciromazina também pode estar associada ao seu modo de ação. Além de ser um produto específico para o controle de dípteros, ciromazina é mais eficaz nas fases iniciais de desenvolvimento dos insetos, com pouco efeito de contato (FRIEDEL; MCDONELL 1985; ETO, 1990).

O resultado para o composto flufenoxurom assemelha-se ao obtido por Carvalho et al. (2009) para o produto lufenurom, também do grupo benzoilureia. A baixa mortalidade provocada por esse inseticida possivelmente está relacionada ao seu mecanismo de ação, pois atua como regulador de crescimento, inibindo a síntese de quitina, sendo, dessa forma, efetivo nas fases jovens dos insetos (WARE; WHITACRE, 2004).

4.2 Efeito da dieta contaminada por inseticida sobre *A. mellifera*

Tiametoxam, abamectina e clorfenapir foram os inseticidas mais tóxicos via ingestão de dieta contaminada, sendo igualmente prejudiciais para *A. mellifera* por via oral como verificado para aplicação direta sobre as abelhas. Conforme Thompson (2003) e Desneux et al. (2007), o tiametoxam não causa somente danos diretos para *A. mellifera*, mas também causa danos indiretos, como, por exemplo, redução da atividade de vôo e capacidade olfativa em adultos, influenciando também no forrageamento e armazenamento de comida. No presente estudo, observou-se que as abelhas rapidamente morreram após perda de coordenação motora, tremores e prostração. Carvalho et al. (2009), avaliando uma concentração mais elevada de tiametoxam, relataram mortalidade de 99% de operárias adultas de *A. mellifera* 24 horas após o início da ingestão da dieta contaminada. A toxicidade do inseticida abamectina no presente estudo foi semelhante à relatada por Carvalho et al. (2009), que classificaram este composto como extremamente tóxico para *A. mellifera* quando ingerido. Sabe-se que clorfenapir, tanto por ação de contato e ingestão, atua inibindo a síntese

de ATP por meio do desacoplamento de prótons ativos (H^+) da mitocôndria, causando mortalidade (WARE; WHITACRE, 2004; MARÇON, 2011).

Flufenoxurom, inseticida do grupo benzoilureia, foi mais tóxico para *A. mellifera* por ingestão do que por contato. Os resultados relatados aqui foram semelhantes aos encontrados por Carvalho et al. (2009) para o inseticida lufenuron. Acetamiprido e deltametrina apresentaram toxicidade mediana sobre as abelhas quando ingeridos. O efeito do acetamiprido via ingestão diferiu do outro neonicotinoide testado, tiametoxam. Este resultado enfatizou as conclusões obtidas por Iwasa et al. (2004) em relação a uma menor toxicidade do acetamiprido para as abelhas quando comparado ao tiametoxam. Os resultados para deltametrina neste estudo foram semelhantes aos relatados por Carvalho et al. (2009), que verificaram uma TL_{50} de 64,65 h e taxa de mortalidade de 67% para *A. mellifera* ao final do experimento, utilizando uma concentração de 0,0125 g a.i./L do piretroide. Os autores também verificaram que deltametrina causou redução dos movimentos das abelhas que não morreram, prejudicando a locomoção e alimentação. Conforme Ramirez-Romero et al. (2005), além de causar mortalidade, deltametrina pode afetar significativamente a capacidade de forrageamento.

Cloridrato de cartape, ciromazina e piriproxifem foram os inseticidas menos tóxicos por ingestão. A explicação mais provável para a baixa toxicidade do cloridrato de cartape neste estudo é o fato de que, logo após as abelhas começarem a se alimentar da dieta contaminada, rapidamente apresentaram paralisia. Aproximadamente seis horas após o início do consumo da dieta contaminada, as abelhas que sobreviveram recuperaram os movimentos e retomaram a alimentação, o que induziu a outra paralisia motora, sendo este fato observado durante todo o experimento. Desta forma, a ingestão da dieta contaminada foi reduzida em virtude dos ciclos de paralisia. A baixa toxicidade da ciromazina, mesmo sendo um produto que age por ingestão, pode ser explicada pelo fato de ser um produto específico para dípteros e atuar nos estágios iniciais de desenvolvimento dos insetos, devendo ser ingerido durante a fase de larva para causar mortalidade (FRIEDEL; MCDONELL, 1985; ETO, 1990). Já em relação ao piriproxifem, Baptista et al. (2009) também constataram baixa toxicidade do produto sobre adultos de *A. mellifera*.

4.3 Efeito do contato com folhas contaminadas por inseticidas sobre *A. mellifera*

O contato com folhas contaminadas por tiametoxam, abamectina, clorfenapir e deltametrina foi altamente tóxico para as abelhas. Mesmo sendo um inseticida rapidamente absorvido pela planta, verificou-se que o contato das abelhas com as folhas contaminadas por tiametoxam resultou em um efeito semelhante ao verificado nos outros dois modos de exposição (pulverização direta e dieta contaminada). Os resultados obtidos neste ensaio para o tiametoxam foram semelhantes aos obtidos por Iwasa et al. (2004) e Thomazoni et al. (2009). Os referidos autores avaliaram o efeito residual do tiametoxam em folhas de alfafa e algodão, respectivamente, constatando elevada toxicidade sobre *A. mellifera*. Os resíduos de abamectina também foram altamente tóxicos para abelhas, embora com efeito mais lento quando comparado ao tiametoxam. Carvalho et al. (2009) também constataram alta toxicidade dos resíduos de abamectina em folhas de citrus sobre *A. mellifera*, registrando mortalidade de 88% ao final das avaliações. Clorfenapir pode causar altas taxas de mortalidade em insetos devido à inibição da síntese de ATP (MARÇON 2011), sendo considerado prejudicial para as abelhas (RHODES; SCOTT 2006). A toxicidade do piretroide deltametrina sobre *A. mellifera* também foi relatada por Nica et al. (2004), Rhodes; Scott (2006) e Carvalho et al. (2009).

Acetamiprido e cloridrato de cartape provocaram mortalidade durante todo o período de avaliação. O contato com o acetamiprido é considerado tóxico para as abelhas (IWASA et al., 2004). Acetamiprido ocasiona hiperexcitação do sistema nervoso dos insetos, resultando no colapso do sistema nervoso central e, conseqüentemente, ocasiona morte (MARÇON, 2011). A exposição aos resíduos de cloridrato de cartape causou redução dos movimentos das abelhas durante todo o período de avaliação. Tal efeito ocorre devido à interação do cloridrato de cartape com os receptores de acetilcolina, o que resulta numa modificação da conformação dos receptores e leva à inibição dos mecanismos de condutância dos íons sódio na membrana pós-sináptica e conseqüente bloqueio da transmissão dos impulsos nervosos, sendo o principal sintoma de intoxicação a paralisia, que pode se agravar e provocar morte (MARÇON, 2011).

Os resultados obtidos no presente trabalho para cloridrato de cartape foram semelhantes aos relatado por Thomazoni et al. (2009), que avaliaram o efeito residual do referido produto em folhas de algodão e constataram elevada toxicidade sobre *A. mellifera*. Inesperadamente, devido ao seu modo de ação, e diferentemente do que foi verificado no

primeiro modo de exposição, flufenoxurom ocasionou mortalidade considerável sobre as abelhas.

Este estudo demonstra que alguns dos inseticidas utilizados no sistema convencional de produção de melão apresentam impactos negativos sobre as abelhas. Tiametoxam, abamectina e clorfenapir foram altamente tóxicos aos adultos de *A. mellifera*, independentemente do método de exposição. Acetamiprido, deltametrina e cloridrato de cartape apresentaram maior toxicidade quando pulverizados diretamente sobre as abelhas. Ciromazina, piriproxifem e flufenoxurom foram, de maneira geral, pouco tóxicos às operárias de *A. mellifera*, ocasionando baixos índices de mortalidade, com exceção do efeito do flufenoxurom quando fornecido via oral, que causou índices médios de mortalidade. Assim, os resultados obtidos no presente estudo podem ser utilizados como orientação sobre os inseticidas e modos de exposição que podem ser tóxicos para as abelhas. Estas informações podem ajudar a minimizar os impactos negativos das pulverizações de inseticidas sobre os polinizadores.

REFERÊNCIAS

- ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, Riverside, v. 18, n. 1, p. 265-267, 1925.
- BAPTISTA, A. P. M.; CARVALHO, G. A.; CARVALHO, S. M.; CARVALHO, C. F.; FILHO, J. S. S. B. Toxicidade de produtos fitossanitários utilizados em citros para *Apis mellifera*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 4, p. 995 - 961, 2009.
- BARNETT, E. A.; CHARLTON, A. J.; FLETCHER, M. R. Incidents of bee poisoning with pesticides in the United Kingdom, 1994–2003. **Pest Management Science**, v. 63, n. 11, p. 1051–1057, 2007.
- BERNAL, J.; GARRIDO-BAILÓN, E.; DEL NOZAL, M.J.; GONZÁLEZ-PORTO, A.V.; MARTÍN-HERNÁNDEZ, R.; DIEGO, J. C.; JIMÉNES, J. J.; BERNAL, J. L.; HIGES, M. Overview of pesticide residues in stored pollen and their potential effect on bee colony (*Apis mellifera*) losses in Spain. **Journal of Economic Entomology**, Riverside, v. 103, n. 6, p. 1964–1971, 2010.
- BLACQUIERE, T.; SMAGGHE, G.; GESTEL, C.A.M.V.; MOMMAERTS, V. Neonicotinoids in bees: a review on concentrations, side-effects and risk assessment. **Ecotoxicology**, v. 21, n. 4, p. 973–992, 2012.
- CARVALHO, S. M.; CARVALHO, G. A.; CARVALHO, C. F.; BUENO FILHO, J. S. S.; BAPTISTA, A. P. M. Toxicidade de acaricidas/inseticidas empregados na citricultura para a abelha africanizada *Apis mellifera* L. 1758 (Hymenoptera: Apidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 76, n. 4, p. 597-606, 2009.
- CRESSWELL, J. E.; DESNEUX, N.; VANENGELSDORP, D. Dietary traces of neonicotinoid pesticides as a cause of population declines in honey bees: an evaluation by Hill's epidemiological criteria. **Pest Management Science**, v. 68, n. 6, p. 819–827, 2012.

DESNEUX, N.; DECOURTYE, A.; DELPUECH, J. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. **Annual Review of Entomology**, v. 52, p. 81–106, 2007.

DEVINE, G. J.; FURLONG, M. J. Insecticide use: contexts and ecological consequences. **Agriculture and Human Values**, v. 24, p. 281-306, 2007.

ETO, M. Biochemical mechanisms of insecticidal activities. **Chemistry of plant protection**, v. 6, p. 65-107, 1990.

FLETCHER, M.; BARNETT, L. Bee poisoning incidents in the United Kingdom. **Bulletin of Insectology**, v. 56, p. 141-145, 2003.

FREITAS, B. M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; MEDINA, L. M.; KLEINERT, A. M. P.; GALLETTO, L.; NATES-PARRA, G.; QUEZADA-EUÁN, J. J. G. Diversity, threats and conservation of native bees in the Neotropics. **Apidologie**, v. 40, p. 332-346, 2009.

FRIEDEL, G.; McDONELL, P. A. Cyromazine inhibits reproduction and larval development of the Australian sheep blow fly (Diptera: Calliphoridae). **Journal of Economic Entomology**, Riverside, v. 78, p. 868- 873, 1985.

GALLAI, N.; SALLES, J. M.; SETTELE, J.; VAISSIÈRE, B. E. Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. **Ecological Economics**, v. 68, n. 3, p. 810-821, 2009.

GUIMARÃES, J. A.; AZEVEDO, F. R.; BRAGA SOBRINHO, R.; MESQUITA, A. L. M. **Recomendações para o manejo das principais pragas do meloeiro na região do Semi-Árido Nordestino**. Fortaleza: EMBRAPA Agroindustrial Tropical, 2005.

HENRY, M.; BEGUIN, M.; REQUIER, F.; ROLLIN, O.; ODOUX, J. F.; AUPINEL, P.; APTEL, J.; TCHAMITCHIAN, S.; DECOURTYE, A. A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees. **Science**, v. 336, n. 6079, p.348–350, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – **IBGE**. Lavoura Temporária. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/estadosat/>>. Acesso em: 28 dez. 2010.

JOHNSON, R. M.; ELLIS, M. D.; MULLIN, C. A.; FRAZIER, M. Pesticides and honey bee toxicity – USA. **Apidologie**, v. 41, n. 3, p. 312-331, 2010.

IWASA, T.; MOTOYAMA, N.; AMBROSE, J. T.; ROE, R. M. Mechanism for the differential toxicity of neonicotinoid insecticides in the honey bee, *Apis mellifera*. **Crop Protection**, v. 23, n. 5, p. 371-378, 2004.

KAGABU, S. Chloronicotinyl insecticides: discovery, application and future perspective. **Reviews in Toxicology**, v. 1, n. 7-8, p. 75-129, 1997.

KEARNS, C. A.; INOUE, D. W. Pollinators, flowering plants and conservation biology. **BioScience**, v. 47, p. 297-307, 1997.

KLEIN, A. M.; VAISSIÈRE, B. E.; CANE, J. H.; STEFFAN-DEWENTER, I.; CUNNINGHAM, S. A.; KREMEN, C.; TSCHARNTKE, T. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. **Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences**, v. 274, n. 1608, p. 303-313, 2007.

LAUTENBACH, S.; SEPPELT, R.; LIEBSCHER, J.; DORMANN, C.F. Spatial and temporal trends of global pollination benefit. **PLoS ONE**, v. 7, n. 4, p. 1-16, 2012.

LAURINO, D.; PORPORATO, M.; PATETTA, A.; MANINO, A. Toxicity of neonicotinoid insecticides to honey bees: laboratory tests. **Bulletin of Insectology**, v. 64, n. 1, p. 107-113, 2011.

MALERBO-SOUZA, D. T.; NOGUEIRA-COUTO, R. H.; COUTO, L. A. Polinização em cultura de laranja (*Citrus sinensis* L. Osbeck, var. Pera-rio). **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v. 40, n. 4, p. 237-242, 2003.

MARÇON, P. G. Modo de ação de inseticidas e acaricidas. Disponível em: <<http://www.irac-br.org.br/arquivos/mododeacao.doc>>. Acesso em: 10 jan. 2011.

McGREGOR, S. E. Insect pollination of cultivated crop plants. Agricultural Research service. **Agriculture Handbook**. Washington: USDA, 1976.

NICA, D.; BIANU, E.; CHIOVEANU. A case of acute intoxication with deltamethrin in bee colonies in Romania. **Apiacta**, n. 39, p. 71-77, 2004.

OLLERTON, J.; WINFREE, R.; TARRANT, S. How many flowering plants are pollinated by animals? **Oikos**, v. 120, n. 3, p. 321-326, 2011.

PINHEIRO, J. N.; FREITAS, B. M. Efeitos letais dos pesticidas agrícolas sobre polinizadores e perspectivas de manejo para os agroecossistemas brasileiros. **Oecologia Australis**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 1, p. 266-281, 2010.

POTTS, S. G.; BIESMEIJER, J. C.; KREMEN, C.; NEUMANN, P.; SCHWEIGER, O.; KUNIN, W. E. Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. **Trends in Ecology and Evolution**, v. 25, n. 6, p. 345-353, 2010.

RAMIREZ-ROMERO, R.; CHAUF AUX, J.; PHAM-DELÈGUE, M. Effects of Cry1Ab protoxin, deltamethrin and imidacloprid on the foraging activity and the learning performances of the honeybee *Apis mellifera*, a comparative approach. **Apidologie**, v. 36, n. 4, p. 601-611, 2005.

RHODES, J.; SCOTT, M. Pesticides: a guide to their effects on honey bees. NSW Department of Primary Industries: Primefacts 149, 4 p. 2006.

SOUSA, R. M.; AGUIAR, O. S.; FREITAS, B. M.; NETO, A. A. S.; PEREIRA, T. F. C. Requerimentos de polinização do meloeiro (*Cucumis melo* L.) no município de Acaraú – CE – Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 22, n. 1, p. 238-242, 2009.

THERNEAU, T.; LUMLEY, T. survival: Survival analysis, including penalised likelihood. R package version 2.36-2, 2010. Disponível em: <<http://CRAN.R-project.org/package=survival>>. Acesso em: 08 dez. 2010.

THOMPSON, H. M. Behavioural effects os pesticides in bees – their potencial for use in risk assessment. **Ecotoxicology**, v. 12, n. 1/4, p. 317-330, 2003.

THOMAZONI, D.; SORIA, M. F.; KODAMA, C.; CARBONARI, V.; FORTUNATO, R. P.; DEGRANDE, P. E.; VALTER, V. A. J. R. Selectivity of insecticides for adult workers of *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). **Revista Colombiana de Entomologia**, Bogotá, v. 35, n. 2, 2009.

VAN ENGELSDORP, D.; MEIXNER, M. D. 2010. A historical review of managed honey bee populations in Europe and United States and the factors that may affect them. **Journal of Invertebrate Pathology**, v. 103, n. Suplementar, p. 580–585, 2010.

WARE, G. W.; WHITACRE, D. M. Introducción a los insecticidas. **The Pesticide Book**, 6ª ed. 2004.

APÊNDICE A – IMAGEM AÉREA DAS ÁREAS DE PRODUÇÃO DE MELÃO



Foto: BEZERRA, C. E. S., Mossoró-RN, 2013.

APÊNDICE B – RAMAS DE MELOEIRO COBERTAS COM MANTA TNT (TECIDO NÃO TECIDO)



Foto: COSTA, E. M., Mossoró-RN, 2014.

**APÊNDICE C – FOLHA DE MELOEIRO INFESTADA POR LARVAS DA MOSCA
MINADORA**



Foto: COSTA, E. M., Mossoró-RN, 2014.