**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

Distribuição espacial, efeito do manejo da palha pós-colheita e da aplicação de *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Cordycipitaceae) na ocorrência de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar

Fernanda Canassa

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração:
Entomologia

**Piracicaba
2014**

Fernanda Canassa
Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas

Distribuição espacial, efeito do manejo da palha pós-colheita e da aplicação de *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Cordycipitaceae) na ocorrência de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar

Orientador:
Prof. Dr. **PEDRO TAKAO YAMAMOTO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração:
Entomologia

Piracicaba
2014

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA - DIBD/ESALQ/USP**

Canassa, Fernanda

Distribuição espacial, efeito do manejo da palha pós-colheita e da aplicação de *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Cordycipitaceae) na ocorrência de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar / Fernanda Canassa. - Piracicaba, 2014.
98 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2014.

1. Bicudo da cana-de-açúcar 2. Dinâmica populacional 3. Cana crua 4. Fungo entomopatogênico 5. MIP I. Título

CDD 633.61
C224d

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

A Deus pelo dom da vida.

Agradeço

Aos meus pais, Raquel e Valmir pelo amor, apoio e confiança.

“Sem vocês nada disso seria possível.”

Dedico

Aos meus avós, Palmira e Olessi (*in memoriam*) por todo o
amor e carinho.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Dr. Pedro Takao Yamamoto pela oportunidade e confiança depositada em mim, por sua dedicação como orientador e pelo grande exemplo de pesquisador e pessoa;

A Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, especialmente ao Departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ/USP pelo apoio, disponibilidade e infraestrutura fornecida;

Aos professores do Departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ/USP, pelo aprendizado, pela agradável convivência e a todos os funcionários pela dedicação aos serviços prestados;

A CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa de estudos;

A Monsanto do Brasil - CanaVialis, especialmente ao laboratório de Entomologia, onde tudo começou;

Aos amigos da CanaVialis, Marcio Tavares, Marcio Souza, Kleber Silva, Fabrício Francischini, Tederson Galvan, Bruno Conti e Angela Lima pela oportunidade, confiança, aprendizado e pelo exemplo de profissionalismo e dedicação;

A todos da Usina Itacema e da Raízen, por terem cedido as áreas para realização dos experimentos e por toda ajuda na condução dos mesmos;

Aos Professores Wesley Augusto Condi Godoy e Ítalo Delalibera Junior, pela grande contribuição com o projeto, pelos ensinamentos e conselhos;

Ao Prof. Dr. Wesley A. C. Godoy, ao Prof. Dr. Ricardo Olinda e ao meu colega de laboratório Odimar Z. Zanardi, pela grande contribuição com as análises estatísticas e ao Júlio César Rodrigues, do Fundecitrus, pela grande ajuda com o georreferenciamento;

Ao meu amigo Gabriel Rugno, que me ajudou desde o início até o último dia e, sem o qual, nada disso teria se concretizado;

A todos os integrantes do Laboratório de MIP, Aline Franco, Gustavo Rodrigues Alves, Vitor Hugo Beloti, Matheus R. de Moraes, Odimar Z. Zanardi, Eric Ono, Paulo Paiva, Ana Clara Ribeiro e Cynthia Jacob pelo apoio, convívio, amizade, momentos de descontração e pelas horas de café;

A todos os estagiários do Laboratório de MIP, principalmente ao Arthur Rodrigues (Opala), Vinicius Guidini (Molusco), Iago Maiochi, Filipe Ferreira (Maquinista), Matheus Narazaki (Buraxa) que contribuíram muito com a condução dos experimentos e, também a Gabriela P. Bordini (Viajada), Vinicius Cintra (Forma logo), Henrique Gonçalves (Boi), Kenia Santos e Matheus M. Picolli (K-pão);

Aos integrantes do laboratório de Patologia de Insetos, em especial ao Giuliano Pauli, que gentilmente doou os “esporos puros” de *Beauveria bassiana* e me ajudou muito na definição dos experimentos, a Solange Barros, Marcos Conceschi, Giovani Coura, Luiz Henrique Costa Mota e Celeste D’Alessandro, pelos ensinamentos e pela paciência;

Aos funcionários de campo do Departamento de Entomologia, Chico, Dino, Carlinhos e William pela grande colaboração com os experimentos e pela amizade;

A todos os meus amigos da pós-graduação, pelo convívio, troca de experiências, companheirismo, pelos momentos de alegria, churrascos, ou simplesmente por compartilhar um cafezinho;

A minha amiga no mestrado e companheira de apartamento, Daniela Okuma, pelo companheirismo, amizade, convívio, conversas, risadas e inúmeras caronas;

Ao meu namorado Mario Pastorello, que sempre esteve ao meu lado, me apoiando e incentivando e, também pela paciência e companheirismo;

E a todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	11
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO	15
Referências	18
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
2.1 Distribuição geográfica de <i>Sphenophorus levis</i> Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae)	21
2.2 <i>S. levis</i> em cana-de-açúcar	21
2.3 Flutuação populacional e dispersão no campo	22
2.4 Aspectos descritivos e biológicos de <i>S. levis</i>	22
2.5 Danos de <i>S. levis</i> em cana-de-açúcar.....	24
2.6 Distribuição espacial e métodos de amostragem	25
2.7 Métodos de controle de <i>S. levis</i>	26
2.7.1 Controle cultural	26
2.7.2 Controle químico	27
2.7.3 Controle biológico.....	28
2.7.3.1 Fungos entomopatogênicos	28
2.7.3.2 Nematoides entomopatogênicos	29
2.8 Plantas resistentes	29
2.9 Feromônio de agregação	30
Referências	30
3 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DE <i>Sphenophorus levis</i> Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) EM CANA-DE-AÇÚCAR	33
Resumo.....	33
Abstract	34
3.1 Introdução	35
3.2 Material e Métodos	36
3.2.1 Local e condições ambientais	36
3.2.2 Área experimental e preparo de iscas para coleta de <i>S. levis</i>	36
3.2.3 Distribuição espacial e temporal de <i>S. levis</i> em cana-de-açúcar	37
3.2.4 Georreferenciamento da área experimental	38
3.2.5 Análises estatísticas.....	40

3.2.5.1 Infestação inicial de <i>S. levis</i>	40
3.2.5.2 Heterogeneidade em réplicas	40
3.2.5.3 Distribuição de frequência	40
3.2.5.4 Distribuição espacial	41
3.3 Resultados e Discussão	41
3.3.1 Avaliação da infestação inicial de <i>S. levis</i> na área experimental	41
3.3.2 Flutuação populacional de <i>S. levis</i> em cana-de-açúcar.....	43
3.3.3 Distribuição de frequência de adultos de <i>S. levis</i> em condições de campo.....	44
3.3.4 Distribuição espacial de <i>S. levis</i> em cana-de-açúcar.....	51
3.4 Conclusões	59
Referências.....	60
4 EFEITO DO MANEJO DA PALHA PÓS-COLHEITA E DA APLICAÇÃO DE <i>Beauveria bassiana</i> (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Cordycipitaceae) NA OCORRÊNCIA DE <i>Sphenophorus levis</i> Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) EM CANA-DE-AÇÚCAR	65
Resumo	65
Abstract.....	66
4.1 Introdução.....	67
4.2 Material e Métodos	68
4.2.1 Local e condições ambientais.....	68
4.2.2 Insetos	68
4.2.3 Fungo.....	68
4.2.4 Avaliação da ocorrência natural de conídios de <i>B. bassiana</i>	69
4.2.5 Concentração de conídios de <i>B. bassiana</i>	69
4.2.6 Viabilidade de conídios de <i>B. bassiana</i>	69
4.2.7 Virulência de <i>B. bassiana</i>	70
4.2.8 Influência do manejo da palha pós-colheita e da aplicação de <i>B. bassiana</i> na ocorrência de <i>S. levis</i> em cana-de-açúcar.....	70
4.2.9 Eficácia de <i>B. bassiana</i> no controle de <i>S. levis</i> em cana-de-açúcar.....	72
4.2.10 Análises estatísticas	73
4.3 Resultados e Discussão	74
4.3.1 Avaliação da ocorrência natural de conídios de <i>B. bassiana</i>	74
4.3.2 Concentração e viabilidade de conídios de <i>B. bassiana</i>	74

4.3.3 Mortalidade de adultos de <i>S. levis</i> em diferentes concentrações de <i>B. bassiana</i>	74
4.3.4 Influência do manejo da palha pós-colheita e da aplicação de <i>B. bassiana</i> na ocorrência de <i>S. levis</i> em cana-de-açúcar	76
4.3.5 Concentração e viabilidade de conídios de <i>B. bassiana</i> – experimento Raízen	87
4.3.6 Eficácia de <i>B. bassiana</i> no controle de <i>S. levis</i> em cana-de-açúcar – experimento Raízen	88
4.4 Conclusões.....	94
Referências	94

RESUMO

Distribuição espacial, efeito do manejo da palha pós-colheita e da aplicação de *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Cordycipitaceae) na ocorrência de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) do mundo e a cultura continua em expansão na safra 2014/15. A expansão das áreas de plantio de cana-de-açúcar e o sistema de colheita mecanizada de cana crua tem levado ao aumento proporcional de inúmeras pragas da cultura, destacando-se o bicudo da cana, *Sphenophorus levis*, considerado praga primária e limitante da cultura. Inicialmente, essa espécie foi considerada restrita a região de Piracicaba, mas desde 2010 foi encontrada nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás. Suas larvas abrem galerias nos rizomas, causando danos diretos nos tecidos dos colmos, sobretudo nas épocas mais secas do ano, o que ocasiona a morte das touceiras, falhas na rebrota, além de promover danos indiretos, como o aumento do número de plantas invasoras que competem com a cultura. Os métodos químico, mecânico, cultural e biológico já foram testados até o momento, no entanto, o sucesso no seu controle ainda não foi obtido e a população dessa praga continua crescendo e se tornando mais constante nos canaviais pelo Brasil. Dessa forma, estudar estratégias para a melhoria do manejo de *S. levis* é fundamental para o estabelecimento de métodos de controle eficientes no contexto do MIP. Diante disso, objetivou-se com esse trabalho: 1) Determinar a distribuição espacial e a flutuação populacional de *S. levis*; 2) Testar o manejo da palha pós-colheita nas linhas de plantio na ocorrência de *S. levis* e; 3) Avaliar a eficácia da aplicação de *Beauveria bassiana* na população de *S. levis*. Em relação à flutuação populacional de *S. levis* foi observada uma elevação linear da última quinzena de outubro para a primeira de novembro, com queda subsequente e, aumento populacional maior a partir da última quinzena de dezembro. O pico populacional se deu no mês de março, seguido por uma rápida redução a partir de abril. A proporção de fêmeas foi similar a de machos em todos os tratamentos. Os dados sugerem que não houve efeito dos tratamentos na distribuição de adultos do bicudo. Os resultados da flutuação populacional, da distribuição de frequência e distribuição espacial se complementam, pois, em hipótese, a distribuição dos adultos está diretamente relacionada com a flutuação populacional, uma vez que em altas densidades a distribuição foi agregada. Além disso, as estratégias de afastamento da palha da linha de plantio não interferiram nos níveis de infestação de *S. levis*, quando comparado ao tratamento que não houve manejo da palha e, essa tática utilizada conjuntamente à aplicação de *B. bassiana* também não influenciou na densidade populacional de adultos de *S. levis* no período avaliado. Diante disso, concluiu-se que a distribuição de *S. levis* em cana-de-açúcar apresenta o padrão agregado em altas densidades populacionais; o manejo da palha entre as linhas de cana-de-açúcar não reduz a densidade populacional de *S. levis* em locais com elevado histórico de infestação e, são necessários mais estudos para ajustar a dose de *B. bassiana* adequada e eficaz no controle de *S. levis*.

Palavras-chave: Bicudo da cana-de-açúcar; Dinâmica populacional; Cana crua; Fungo entomopatogênico; MIP

ABSTRACT

Spatial distribution, effect of post-harvest management of straw and *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Cordycipitaceae) application in the occurrence of *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) in sugarcane

Brazil is the world's largest sugarcane producer and the cultivated area continues to expand in 2014/2015 season. This expansion, along with the mechanical harvesting of green sugarcane leads to a proportional increase in the number of crop pests, especially the sugarcane weevil, *Sphenophorus levis*, considered a primary and limiting pest in this crop. Initially, this species was restricted to the Piracicaba region, however, since 2010 it has been found in several regions of São Paulo State, and also in other states in the country, such as Minas Gerais, Paraná, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso and Goiás. The larvae penetrate the basal part of the plants and the rhizomes, building irregular galleries and causing damage to stem tissues, mainly in the driest season, leading to the death of clumps, failures in regrowth and, consequently, indirect damage due to the increase in the incidence of invasive plants that compete with the crop. Chemical, mechanical, cultural and biological methods have already been tested, however, the success in pest control has not yet been achieved and the population of *S. levis* continues to grow, becoming more constant in Brazilian sugarcane fields. Thus, the study of strategies to enhance the management of *S. levis* is essential to adopt effective control methods in the IPM framework. In this sense, this study aims to: 1) Determine the spatial distribution and population dynamics of *S. levis*; 2) Evaluate the post-harvest management of straw on planting rows in occurrence of *S. levis* and; 3) Evaluate the efficacy of *B. bassiana* application in the *S. levis* population in sugarcane. Concerning population dynamics of *S. levis*, it was observed a linear increase beginning in the last quarter of October until November, with a subsequent decrease and, a highest population increase was observed in the last half of December. The population peak occurred in March, followed by a fast decline in early April. The proportion of females to males was similar in all treatments. The data suggest that there was no effect of treatments on the distribution of adult weevils. The results of population dynamics, frequency distribution and spatial distribution are complementary, because, hypothetically, the distribution of adults is directly related to population dynamics, since at high densities the distribution was aggregated. In addition, strategies for straw management in the planting row did not affect the infestation levels of *S. levis* and this procedure along with the addition of *B. bassiana* did not influence population density of adults during the study period. Hence, it is concluded that the distribution of *S. levis* in sugarcane exhibits an aggregated pattern at high population densities. Straw management between the cane rows does not reduce population density of *S. levis* in areas with high historical infestation. Therefore, further studies are needed to adjust the appropriate and effective concentration of *B. bassiana* in the control of *S. levis*.

Keywords: Sugarcane weevil; Population dynamics; Green sugarcane; Entomopathogenic fungi; IPM

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) do mundo e a cultura continua em expansão na safra 2014/15. A previsão é que o Brasil tenha um aumento na área de 286,6 mil hectares, correspondendo a 3,3% em relação à safra 2013/14, graças à expansão de novas áreas de plantio das usinas já em funcionamento e a área de cana bisada, ou seja, produzida na safra 2013/14 e que será colhida na safra 2014/15, sobretudo nos estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais e Paraná. Segundo estimativas, a área cultivada com cana-de-açúcar que será colhida e destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2014/15 será de aproximadamente 9.098,03 mil hectares, distribuídas em todos os estados produtores, sendo o estado de São Paulo o maior produtor com 51,43% (4.678,80 mil hectares) da área plantada, seguido por Goiás com 9,85% (896,06 mil hectares), Minas Gerais com 8,80% (800,91 mil hectares), Mato Grosso do Sul com 7,63% (693,77 mil hectares), Paraná com 7,07% (642,98 mil hectares), Alagoas com 4,41% (401,34 mil hectares) e Pernambuco com 2,89% (263,03 mil hectares), sendo que estes estados são responsáveis por 92,07% da produção nacional. Em relação aos outros estados produtores, as áreas são inferiores a 3,00% (CONAB, 2014).

Essa expansão das áreas de plantio de cana-de-açúcar levará ao aumento proporcional de inúmeras pragas da cultura, destacando-se o bicudo da cana, *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae), considerado praga primária e limitante da cultura. Com isso, torna-se fundamental o estabelecimento de métodos de controle eficientes e menos prejudiciais ao ambiente (POLANCZYK et al., 2004).

O foco inicial do bicudo da cana no Brasil foi detectado em 1977 em Santa Bárbara D'Oeste, sendo descrito como uma nova espécie em 1978 (VANIN, 1988). Inicialmente, essa espécie foi considerada restrita a região de Piracicaba-SP, entretanto, em 2010 foi encontrada em 124 municípios do estado de São Paulo, além de Minas Gerais e Paraná (STINGEL, 2010) e, em 2013, foi detectada no Mato Grosso do Sul (MORAES; ÁVILA, 2013), Mato Grosso e Goiás (GARCIA¹, 2013),

¹GARCIA, J.F. **Manejo Integrado de *Sphenophorus levis* em cana-de-açúcar**. Ribeirão Preto, 24 jul. 2013. Palestra ministrada no 9º Seminário Nacional sobre Controle de Pragas da Cana-de-açúcar – Insectshow.

sendo a movimentação de mudas de locais infestados a hipótese mais provável para a disseminação da praga, uma vez que o inseto apresenta baixa capacidade de dispersão no campo, além de capacidade limitada de voo (PRECETTI; ARRIGONI, 1990).

Suas larvas abrem galerias circulares e longitudinais nos rizomas, causando danos diretos nos tecidos dos colmos, especialmente de junho a agosto, as épocas mais secas do ano, ocasionando amarelecimento, secagem de folhas e perfilhos, morte das touceiras e, conseqüentemente, falhas na rebrota. Com isso, pode ocorrer, ainda, um aumento na incidência de plantas invasoras que competem com a cultura, em função dos espaços provenientes das falhas (BADILLA; ALVES, 1991; PRECETTI; ARRIGONI, 1990). Em ataques intensos, pode levar a uma grande diminuição na produtividade e longevidade do canavial (DINARDO-MIRANDA et al., 2006). De acordo com Precetti e Arrigoni (1990), *S. levis* tem ocasionado perdas de até 30 ton ha⁻¹ em Piracicaba e região.

Estudos sobre a distribuição espacial dessa praga no campo são poucos e, de fato, fundamentais para o estabelecimento de planos de amostragem, visando sua aplicação em programas de manejo integrado de pragas (PAVLU, 2012). Como medidas de controle, os métodos químico, mecânico, cultural e biológico têm sido utilizados e, outros métodos vêm sendo estudados, como plantas resistentes e feromônio sexual (BADILLA; ALVES, 1991).

O método cultural é o mais utilizado no controle dessa praga e, uma das medidas é a destruição antecipada das soqueiras nas áreas infestadas e destinadas à reforma, cujos principais objetivos são a máxima exposição das larvas aos seus predadores e o secamento dos rizomas. No entanto, os resultados dessa prática são satisfatórios apenas no 1º corte seguinte, uma vez que muitas larvas e adultos do inseto são capazes de sobreviver alimentando-se da matéria orgânica do campo, mesmo após a destruição mecânica das soqueiras (ALMEIDA, 2005). Recomenda-se também manter as áreas livres de plantas hospedeiras da praga, o uso de mudas saudáveis, além do preparo do solo nas áreas de plantio (PRECETTI; ARRIGONI, 1990).

Ainda, a alteração no sistema de colheita, que passou de colheita manual de cana queimada para colheita mecanizada de cana crua, teve como conseqüências a deposição de grande quantidade de palha no campo, atingindo valores de 4 a 15 toneladas ha⁻¹ de massa seca (RIPOLI; RIPOLI, 2008), o que resultou em um rápido

aumento das populações de *S. levis*, sobretudo devido a redução da mortalidade de adultos pelo fogo e pela proteção conferida pela palha remanescente. Com isso, destaca-se a importância de estudos sobre a influência e manutenção da palha, comumente realizada pelas unidades produtoras de cana-de-açúcar, na ocorrência do bicudo.

O método químico é o mais efetivo para o controle de *S. levis*, no qual são feitas aplicações preventivas de inseticidas no sulco de plantio (PRECETTI; ARRIGONI, 1990). Os agroquímicos atualmente recomendados pelo Ministério da Agricultura são Engeo Pleno SC[®] [lambda-cialotrina (piretroide) + tiametoxam (neonicotinoide)]; Imidacloprid Nortox SC[®] [imidacloprido (neonicotinoide)]; Regent DUO SC[®] [alfa-cipermetrina (piretroide) + fipronil (fenilpirazol)] e Talisman EC[®] [bifentrina (piretroide) + carbosulfano (metilcarbamato de benzofuranila)]. Outra alternativa é a utilização de iscas tóxicas, mais adequadas para áreas que já estão infestadas, a fim de eliminar os adultos e impedir a sua proliferação (PRECETTI; ARRIGONI, 1990).

Badilla e Alves (1991) testaram o fungo *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Cordycipitaceae) para o controle de *S. levis* em cana-de-açúcar e observaram alta eficácia, com até 92% de mortalidade, utilizando-se iscas com toletes de cana de 25 cm de comprimento, inoculadas com doses de $4,9 \times 10^{11}$ conídios por tolete, tratados com o isolado 447. Os toletes de cana inoculados com este fungo podem atrair adultos do bicudo para um local com grande concentração de inóculo e protegidos de fatores abióticos desfavoráveis, proporcionando o controle dessa praga com uma baixa quantidade de fungo ha^{-1} (BADILLA; ALVES, 1991). No entanto, ainda são necessários estudos de seleção de isolados de *B. bassiana* e dosagens mais eficientes para o controle do bicudo. De fato, os solos do agroecossistema da cana-de-açúcar representam um ambiente favorável para o desenvolvimento de *B. bassiana*, bem como de fungos entomopatogênicos em geral, devido a sua temperatura moderada, umidade e teor de matéria orgânica (BADILLA; ALVES, 1991).

Mesmo com os diversos métodos de controle adotados contra o bicudo da cana, o sucesso no seu manejo ainda não foi obtido e, a população da praga continua crescendo e tornando-se mais constante nos canaviais por todo o país. Diante disso, estudar estratégias para a melhoria do manejo do bicudo da cana-de-

açúcar, *S. levis*, é fundamental para o estabelecimento de métodos de controle eficientes no contexto dos programas de manejo integrado de pragas.

Assim, com esse trabalho objetivou-se: 1) Determinar a distribuição espacial e a flutuação populacional de *S. levis*; 2) Testar o efeito do manejo da palha pós-colheita nas linhas de plantio na ocorrência de *S. levis* e; 3) Avaliar a eficácia da aplicação de *B. bassiana* na população de *S. levis*.

Referências

ALMEIDA, L.C. **Bicudo da Cana-de-Açúcar**. Piracicaba: Centro de Tecnologia Canavieira, 2005. 3p. (Boletim Técnico)

BADILLA, F.F.; ALVES, S.B. Controle do gorgulho da cana-de-açúcar *Sphenophorus levis* VAURIE, 1978 (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) com *Beauveria bassiana* em condições de laboratório e campo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 20, n. 2, p. 251-263, 1991.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira: Cana-de-açúcar safra 2014/2015, Segundo Levantamento**. Companhia Nacional de Abastecimento, Brasília, v. 1, n. 2, p. 1-20, 2014. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_08_28_08_52_35_boletim_cana_portugues_-_2o_lev_-_2014-15.pdf>. Acesso em: 27 out. 2014.

DINARDO-MIRANDA, L.L.; FRACASSO, J.V.; CABRAL, S.B.; VALÉRIO, W.; GONÇALVES, R.D.; BELTRAME, J.A. Eficiência de inseticidas aplicados em soqueiras de cana-de-açúcar no controle de *Sphenophorus levis*. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 24, n. 5, p. 34-37, 2006.

GARCIA, J.F. **Manejo Integrado de *Sphenophorus levis* em cana-de-açúcar**. Ribeirão Preto, 24 jul. 2013. In.: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE CONTROLE DE PRAGAS DA CANA-DE-AÇÚCAR – INSECTSHOW, 9., 2013, Ribeirão Preto. **Palestra ministrada...** Ribeirão Preto, 2013. p. 1.

MORAES, G.C.; ÁVILA, C.J. *Sphenophorus levis* detected in Mato Grosso do Sul, Brazil. **Agricultural Science Research Journals**, Ghana, v. 3, n. 1, p. 36-37, 2013.

PAVLU, F.A. **Plano de amostragem e distribuição espacial visando o controle localizado de *Sphenophorus levis* na cultura da cana-de-açúcar**. 2012. 80p. Dissertação (Mestre em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

POLANCZYK, R.A.; ALMEIDA, L.A.; PADILLA, L.; ALVES, S.B. Pragas de cana-de-açúcar x métodos alternativos de controle. **Revista Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, Brasília, n. 33, p. 14-17, 2004.

PRECETTI, A.A.C.M.; ARRIGONI, E.B. **Aspectos bioecológicos e controle do besouro *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar.** São Paulo: COPERSUCAR, 1990. 15p.

RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. Palhiço como fonte de energia. In.: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. (Ed.). **Cana-de-açúcar.** Campinas: Instituto Agrônômico, 2008. cap. 36, p. 791-806.

STINGEL, E.; ALMEIDA, L.C.; ARRIGONI, E.B.; BONANI, J.P. Distribuição Geográfica de *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar, evolução dos registros de ocorrência e estimativa de área infestada, por município, em 2009. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 23., 2010. Natal. **Anais...** Sociedade Entomológica do Brasil, 2012. p. 1.

VANIN, S.A. **A new species of *Sphenophorus* Schoenher from Brazil (Coleoptera, Curculionidae, Rhynchophorinae).** São Paulo: Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências - USP, 1988. 9p.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Distribuição geográfica de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae)

O gênero *Sphenophorus* está presente em vários continentes e, compreende uma gama de espécies que causam danos em diversas culturas de importância agrícola, especialmente gramíneas. Na América do Norte e na Ásia foram descritas 75 espécies e, em algumas regiões da África e Pacífico existem 26 espécies (CSIKI, 1936 apud VAURIE, 1978). Já na América do Sul, Vaurie (1978) reportou 18 espécies, dentre essas, 14 no Brasil e, ainda, na Argentina e Uruguai (LEITE et al., 2005). Zarbin et al. (2003) relataram também a presença desse inseto no Paraguai.

A espécie *S. levis* restringe-se à América do Sul, incluindo Brasil, Paraguai e Argentina (VAURIE, 1978). No Brasil, o foco inicial do bicudo da cana foi detectado em 1977, sendo descrito como uma nova espécie em 1978 (VANIN, 1988). Inicialmente, essa espécie foi considerada restrita a região de Piracicaba-SP, entretanto, em 2010 foi encontrada em 124 municípios do estado de São Paulo, além de Minas Gerais e Paraná (STINGEL, 2010) e, em 2013, foi detectada no Mato Grosso do Sul (MORAES; ÁVILA, 2013), Mato Grosso e Goiás (GARCIA², 2013).

2.2 *S. levis* em cana-de-açúcar

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo e um dos fatores que mais afetam a produtividade é o ataque de pragas. Entre as pragas que atacam a cana-de-açúcar, inclui-se o bicudo da cana, *S. levis*, pertencente à superfamília Curculionoidea, família Curculionidae e subfamília Dryophthorinae (MARVALDI; LANTERI, 2005). Anteriormente considerado uma praga secundária, atualmente vem se destacando como uma das principais pragas da cultura em determinadas regiões, devido aos danos que causa, como a diminuição do diâmetro, tamanho e quantidade de colmos finais no momento da colheita (PRECETTI; ARRIGONI, 1990).

Precetti e Arrigoni (1990) constataram que algumas plantas invasoras presentes na cultura da cana-de-açúcar, como grama-seda (*Cynodon dactylon* L.), capim-colchão

²GARCIA, J.F. **Manejo Integrado de *Sphenophorus levis* em cana-de-açúcar**. Ribeirão Preto, 24 jul. 2013. Palestra ministrada no 9º Seminário Nacional sobre Controle de Pragas da Cana-de-açúcar – Insectshow.

(*Digitaria horizontalis* Willd.) e capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea* L.) oferecem abrigo aos adultos do bicudo, favorecendo a sua presença e, conseqüentemente, levando ao maior número de adultos capturados em locais infestados com essas gramíneas.

2.3 Flutuação populacional e dispersão no campo

No Brasil ocorrem duas gerações anuais da praga em épocas bem definidas (DEGASPARI et al., 1987; PRECETTI; ARRIGONI, 1990). Os adultos apresentam dois picos populacionais no ano, sendo o principal nos meses de fevereiro e março, enquanto que, o pico menor ocorre entre os meses de outubro e novembro. As larvas ocorrem em maior intensidade nos meses de junho e julho e, em menor número em dezembro (DEGASPARI et al., 1987). Desse modo, segundo Almeida e Stingel (2005), pelo fato das larvas serem as responsáveis pelo ataque à cultura, os maiores danos às plantas ocorrem de maio a novembro.

Em relação à dispersão no campo, Precetti e Arrigoni (1990), observando uma revoada irregular de adultos em condições de alta umidade e temperatura, constataram que esse inseto tem capacidade restrita de voo, com duração de duas horas, sugerindo a baixa capacidade de dispersão do bicudo da cana. Desse modo, seu deslocamento realiza-se por caminhamento, mas principalmente pela movimentação de mudas de locais infestados, possibilitando a dispersão entre talhões, propriedades e regiões (LEITE et al., 2005).

O deslocamento dos machos pode chegar a 3 m dia⁻¹ e, as fêmeas podem atingir até 5 m dia⁻¹, sendo capazes de infestar 167,4 ha ano⁻¹ (PRECETTI; TÉRAN, 1983). Segundo Degaspari et al. (1987), os adultos se dispersam em campo de 6,6 a 11,1 m durante o mês, em uma área de aproximadamente 98,2 m². Desse modo, pode ser constatado que o inseto, de fato, apresenta baixa capacidade de dispersão. Além disso, de acordo com Dinardo-Miranda et al. (2006), a distribuição desse inseto ocorre em reboleiras.

2.4 Aspectos descritivos e biológicos de *S. levis*

Segundo Precetti e Arrigoni (1990), os adultos apresentam coloração castanho-escura com manchas pretas no dorso do tórax e listras longitudinais nos élitros. Machos

e fêmeas podem ser diferenciados pelo tamanho, uma vez que os primeiros apresentam de 7,70 a 11,20 mm, enquanto que, as fêmeas são maiores, apresentando de 10,50 a 13,30 mm. Nos machos, a região ventral é mais pilosa, principalmente nas coxas dianteiras, cuja agrupação dos pelos tem a aparência de esponja. O rostro dos machos mede cerca de $2,70 \pm 0,05$ mm e o das fêmeas mede aproximadamente $3,40 \pm 0,10$ mm (VAURIE, 1978). A relação sexual em condições de laboratório e campo é de 1:1 e 1,5:1 (fêmeas:machos), respectivamente (DEGASPARI et al., 1987).

Em condições de laboratório (temperatura de 27° a 30°C e fotofase de 12 horas), o ciclo biológico de *S. levis* varia de 50 a 307 dias, sendo a média de 173,2 dias. As fêmeas apresentam longevidade de até 249 dias, enquanto que, a longevidade dos machos é de até 247 dias (DEGASPARI et al., 1987).

De acordo com Gallo et al. (2002), os adultos apresentam hábito noturno, são pouco ágeis e, quando manipulados, simulam-se de mortos (tanatose). Além disso, são atraídos por solos claros, argilosos e com boa umidade (PINTO; GARCIA; OLIVEIRA, 2006). O acasalamento ocorre em qualquer horário do dia e, o período ótimo para reprodução e acasalamento é de 21 a 35 dias após a emergência (BARRETO-TRIANA et al., 2009).

As fêmeas perfuram a casca dos colmos e perfilhos com as mandíbulas e, em seguida, depositam os ovos individualmente na base destes ou ao nível do solo, chegando até 4 mm no interior. Ao longo do ciclo, as fêmeas ovipositam de 40 a 70 ovos, sendo que 75% são depositados na primeira metade de vida (DEGASPARI et al., 1987; PRECETTI; ARRIGONI, 1990).

Os ovos apresentam coloração branco-leitosa no momento da postura e escurecem à medida que a eclosão das larvas vai se aproximando. São de forma elíptica e, possuem comprimento médio de $0,27 \pm 0,004$ mm e largura de aproximadamente $0,10 \pm 0,012$ mm. O período de incubação varia de 7 a 14 dias e a viabilidade é de 47,16% (DEGASPARI et al., 1987).

As larvas recém-eclodidas possuem coloração branco-leitosa e tornam-se amareladas conforme vão se desenvolvendo. A coloração da cabeça é castanho-avermelhada e as mandíbulas são bem desenvolvidas. Apresentam uma mancha castanho-escura sobre o dorso e no primeiro segmento torácico ligado à cabeça, além de visíveis espiráculos no abdome (PRECETTI; ARRIGONI, 1990). São ápodas e locomovem-se apoiando nas paredes das galerias abertas durante a alimentação (DEGASPARI et al., 1987; GALLO et al., 2002). O estágio larval varia de 30 a 60 dias

(PRECETTI; ARRIGONI, 1990), com viabilidade de 93,5% (DEGASPARI et al., 1987). As larvas, ao se aproximarem do completo desenvolvimento, ampliam a galeria onde estão presentes, a fim de preparar a câmara pupal e, posteriormente, cessam seus movimentos e a alimentação, conseqüentemente, diminuindo seu tamanho e passando, assim, ao estágio pupal (DEGASPARI et al., 1987).

A coloração das pupas no início do estágio é branco-leitosa e, conforme a emergência do adulto vai se aproximando, adquirem coloração castanha. Essas podem ser encontradas, geralmente, dentro de casulos friáveis feitos com serragem fina. O período pupal, em condições de laboratório, varia de 5 a 13 dias, sendo a média de 10,5 dias (DEGASPARI et al., 1987).

2.5 Danos de *S. levis* em cana-de-açúcar

Segundo Dinardo-Miranda et al. (2006), os danos podem ser verificados abaixo do nível do solo e na base das brotações. São causados pelas larvas, que atacam a porção basal das plantas, onde iniciam a construção de galerias nos colmos, causando a morte das touceiras, sendo, por isso, considerada praga primária da cana-de-açúcar. De acordo com esses autores, as galerias podem ser circulares ou longitudinais, a altura média das galerias no interior dos colmos é de 7,5 cm de comprimento e a altura máxima observada acima do nível do solo é de 21 cm de comprimento.

Os danos diretos causados pelas larvas aos tecidos dos colmos ocorrem principalmente nas épocas mais secas do ano (junho a agosto), levando à morte das touceiras e, conseqüentemente, falhas na rebrota, o que promove, ainda, danos indiretos, como o aumento no número de plantas invasoras que competem com a cultura (DINARDO-MIRANDA et al., 2006). De acordo com Precetti e Arrigoni (1990), o ataque dos perfilhos acarreta o secamento progressivo das folhas, que pode ser confundido com fitotoxicidade causada por herbicidas, efeito da seca prolongada, dano mecânico por ferramentas, além de aplicação excessiva de vinhaça.

Os danos diretos e indiretos do ataque das larvas de *S. levis* podem causar, em determinados casos, a diminuição drástica da produtividade e longevidade do canavial, resultando, conseqüentemente, na redução da produção em tonelada de cana por hectare, chegando a atingir 50 a 60% dos perfilhos ainda na cana-planta e ocasionando perdas de 20 a 30 ton ha ano⁻¹ (DEGASPARI et al., 1987; DINARDO-

MIRANDA et al., 2006; PRECETTI; TERÁN, 1983). Desse modo, evidencia-se a necessidade de intensificação do monitoramento de áreas de cana-de-açúcar para identificação precoce de novos focos da praga, além do desenvolvimento de técnicas de controle mais eficientes (STINGEL, 2010).

2.6 Distribuição espacial e métodos de amostragem

Estudos sobre a distribuição de *S. levis* no campo são poucos, apesar de fundamentais para o desenvolvimento de planos de amostragem, visando a sua aplicação em programas de manejo integrado de pragas (PAVLU, 2012). A distribuição em campo de uma população de insetos pode ser agregada, uniforme ou ao acaso, de acordo com diversos índices estatísticos, tendo como base a média, variância e distribuição de frequência (SILVEIRA NETO; CARVALHO; PARANHOS, 1976).

De acordo com Dinardo-Miranda (2005), poucos estudos sobre a amostragem e controle do bicudo da cana-de-açúcar foram divulgados, entretanto, alguns boletins técnicos recomendam a realização da amostragem com o objetivo de estimar a ocorrência de populações da praga em cada talhão utilizando a mesma metodologia realizada para cupins e *Migdolus fryanus* Westwood, 1863 (Coleoptera: Cerambycidae). De acordo com a mesma autora, são necessários levantamentos populacionais para definir as áreas em que serão adotadas medidas de controle para *Migdolus* e cupins. Esses levantamentos devem ser feitos preferencialmente após o último corte do canavial e antes da destruição da soqueira, que normalmente, coincide com o período mais seco do ano, no qual as populações de pragas de solo são mais elevadas. Para essas pragas, o levantamento consta de dois pontos de amostragem por hectare e, em cada ponto deve ser feita uma trincheira de 0,5 x 0,5 x 0,3 m de profundidade (DINARDO-MIRANDA, 2005). No entanto, para o levantamento populacional de larvas, apenas a remoção da soqueira após a colheita é suficiente.

Para a identificação de possíveis áreas de ocorrência de *S. levis* nos talhões destinados à reforma, visando o manejo da praga, pode-se realizar levantamentos das formas imaturas pela remoção da soqueira após a colheita, o que permite a coleta das formas biológicas presentes em cada ponto de amostragem. Preferencialmente, o levantamento deve ser realizado nas épocas de maior

ocorrência de larvas e pupas, ou seja, entre os meses de maio a setembro (ALMEIDA; STINGEL, 2005). Entretanto, este levantamento pode ser realizado em todas as épocas do ano, de acordo com o calendário de reforma dos talhões de cana-de-açúcar, sendo que além da ocorrência de formas biológicas, podem ser observados os sintomas de danos às touceiras, quando a operação de reforma for conduzida em períodos de menor incidência de larvas.

Para o levantamento populacional de adultos são instaladas iscas confeccionadas com toletes de cana-de-açúcar de 30 cm de comprimento rachados ao meio. Em seguida, as iscas devem ser distribuídas na razão de 100 iscas ha⁻¹ na base das touceiras e cobertas com palha para proteção contra o ressecamento. A avaliação das iscas deve ser feita, no máximo, dentro de sete dias. Este monitoramento dos adultos deve ser realizado na época de maior ocorrência de adultos, que vai de outubro a março. Além disso, a fim de prevenir a liberação de mudas infestadas com *S. levis*, que de fato, trata-se de uma das formas de maior disseminação da praga, devem ser feitos levantamentos em viveiros (DEGASPARI et al., 1987; PRECETTI; ARRIGONI, 1990).

2.7 Métodos de controle de *S. levis*

Alguns métodos de controle têm sido utilizados para reduzir a população de *S. levis*, como o cultural, químico e biológico e, outros métodos vêm sendo estudados, como plantas resistentes e feromônio sexual. No entanto, a população da praga continua crescendo, o que ressalta a dificuldade no controle desse inseto e, por isso, pesquisas na busca por alternativas mais eficazes são imprescindíveis (LEITE et al., 2006).

2.7.1 Controle cultural

O método cultural é o mais utilizado no controle de *S. levis*, por meio da destruição mecânica da soqueira nas áreas infestadas e destinadas à reforma, especialmente devido ao hábito subterrâneo dessa praga. Esta prática deve ser realizada na época de pico das larvas, pois tem como finalidade expor a população de larvas e pupas no solo, aos predadores e ao secamento dos rizomas. Esta prática é importante, principalmente nas épocas mais secas do ano, uma vez que os adultos

emergem das soqueiras mortas e infestam os novos brotos em formação do plantio vizinho (DINARDO-MIRANDA, 2005). Apesar de ser importante, tal prática é insuficiente no controle absoluto da praga, uma vez que apresenta eficiência apenas no primeiro corte seguinte, pelo fato de muitas larvas conseguirem sobreviver alimentando-se da matéria orgânica restante após a destruição das soqueiras, além de não afetarem a forma adulta (GIOMETTI, 2009). Ainda, outro problema relacionado é o fato desse método ser destrutivo, sendo necessária a eliminação da soqueira (PAVLU, 2012).

Outra estratégia que pode ser adotada é a manutenção da área livre de plantas hospedeiras da praga por períodos superiores a três meses, para evitar uma condição favorável de abrigo dos adultos do bicudo. Ainda, a fim de reduzir a população de adultos presentes em altas densidades no período de janeiro a março, recomenda-se realizar o próximo plantio mais tarde, por volta de março a abril em ciclos de cana de ano e meio (PRECETTI; ARRIGONI, 1990). Além disso, as mudas infestadas são as principais propagadoras desse inseto, por isso, recomenda-se a inspeção de viveiros e mudas que serão destinadas ao plantio, priorizando-se a retirada de viveiros oriundos de talhões de cana-de-açúcar monitorados e sem o registro da ocorrência da praga. Além disso, deve-se proceder ao uso de mudas que foram colhidas em sistema de corte basal elevado com pelo menos 30 cm do corte acima do nível do solo e acondicionadas em local protegido (uso de lonas), evitando o contato direto com o solo (PRECETTI; ARRIGONI, 1990).

O preparo antecipado do solo e a rotação de culturas também são recomendados para regular a população da praga (PRECETTI; ARRIGONI, 1990).

2.7.2 Controle químico

O método químico é o mais efetivo para o controle de *S. levis*, no qual são feitas aplicações preventivas de inseticidas no sulco de plantio (PRECETTI; ARRIGONI, 1990). Em relação aos agroquímicos, Dinardo-Miranda (2005) recomenda a aplicação terrestre da mistura carbofurano 350 SC (6 L ha⁻¹) + bifentrina 100 CE (5 L ha⁻¹) nas laterais ou sobre as linhas de cana, cortando a soqueira cerca de 5 a 10 cm de profundidade. Ainda, alguns produtores utilizam a mistura de carbofurano com imidacloprido, fipronil e também bifentrina no sulco de plantio, baseados em suas próprias experiências e por pesquisas conduzidas pelo

Instituto Agronômico de Campinas (IAC) e, outros não utilizam nenhum método de controle, fator que contribui ainda mais para o aumento da população do bicudo (DINARDO-MIRANDA, 2006). Os agroquímicos atualmente recomendados pelo Ministério da Agricultura são Engeo Pleno SC[®] [lambda-cialotrina (piretroide) + tiametoxam (neonicotinoide)]; Imidacloprid Nortox SC[®] [imidacloprido (neonicotinoide)]; Regent Duo SC[®] [alfa-cipermetrina (piretroide) + fipronil (fenilpirazol)] e Talisman EC[®] [bifentrina (piretroide) + carbosulfano (metilcarbamato de benzofuranila)]. Apesar de ser a estratégia mais efetiva no controle do bicudo, o uso de agroquímicos sintéticos não vem apresentando muito sucesso, devido ao comportamento e habitat das larvas e adultos dessa praga (ZARBIN et al., 2003).

2.7.3 Controle biológico

2.7.3.1 Fungos entomopatogênicos

Os fungos entomopatogênicos são considerados importantes agentes de controle biológico, devido a sua ampla quantidade de hospedeiros que, frequentemente, resultam em epizootias naturais, além de apresentar infectividade por contato como uma das principais características (VEGA et al., 2009). Entre os fungos entomopatogênicos, os pertencentes à ordem Hypocreales (Ascomycota), tais como *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin e *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Cordycipitaceae) são considerados agentes de controle promissores contra diversas pragas de importância agrícola e alguns produtos já estão disponíveis comercialmente (FARIA; WRIGHT, 2007; St. LEGER et al., 1996).

Segundo Alves (1998), o fungo *B. bassiana*, que ocorre normalmente no solo, é uma das espécies mais estudadas no controle de artrópodes, devido a sua ampla distribuição geográfica e da grande diversidade de hospedeiros. Badilla e Alves (1991) utilizaram esse fungo para o controle de *S. levis* em cana-de-açúcar com até 92% de eficiência, utilizando-se iscas com toletes de cana de 25 cm de comprimento, inoculados com doses de $4,9 \times 10^{11}$ conídios por tolete, tratados com o isolado 447. De fato, os solos do agroecossistema da cana-de-açúcar representam um ambiente favorável para o desenvolvimento de *B. bassiana*, bem como de fungos entomopatogênicos em geral, devido a sua temperatura moderada, umidade e teor

de matéria orgânica. Os toletes de cana inoculados com este fungo podem atrair adultos do bicudo para um local com grande concentração de inóculo e protegidos de fatores abióticos desfavoráveis, proporcionando o controle dessa praga com uma baixa quantidade de fungo por hectare (BADILLA; ALVES, 1991). A utilização de iscas com os fungos *M. anisopliae* e *B. bassiana*, isolados ou associados a inseticidas, também foi recomendada por Gallo et al. (2002).

2.7.3.2 Nematoides entomopatogênicos

Nos Estados Unidos e Japão, algumas espécies do gênero *Sphenophorus* vêm sendo eficientemente controladas por nematoides entomopatogênicos. Tais organismos associam-se simbioticamente com bactérias fortemente virulentas ao inseto que carregam no intestino e, são capazes de buscar seu hospedeiro no solo e em ambientes crípticos (ERENO, 2007). Ao atingirem o inseto causam septicemia e morte após 24-72 horas. Posteriormente, os nematoides alimentam-se da própria bactéria e se reproduzem no interior do corpo do inseto (ERENO, 2007).

Em relação à espécie *S. levis*, de acordo com Leite et al. (2005), estudos desenvolvidos pelo Instituto Biológico, o Centro de Tecnologia Canavieira e a Universidade Federal de São Carlos indicaram a suscetibilidade das larvas desse inseto aos nematoides *Heterorhabditis indica* (Rhabditida: Heterorhabditidae) e *Steinernema* sp. (Nemata: Rhabditida) em condições de laboratório e casa-de-vegetação. Quanto à eficácia, foi obtida mortalidade superior a 70% com doses de 2,4 juvenis infectivos cm⁻², sendo que em todas as larvas encontradas mortas dentro dos colmos de cana havia sintomas de infecção por nematoides. Além disso, a presença dos nematoides no campo esteve diretamente relacionada a ganhos na produção de 10 a 15 ton ha⁻¹ de cana-de-açúcar.

2.8 Plantas resistentes

De acordo com Abreu (2006), o gene *cry3* da bactéria *Bacillus thuringiensis* var. *Londrina* mostrou-se promissor no controle de larvas de *S. levis*, sendo que em condições de laboratório, essa proteína provocou redução no número de larvas desenvolvidas, o que poderia ser um indicativo para novos estudos e a tentativa do seu futuro uso em plantas de cana-de-açúcar modificadas geneticamente.

2.9 Feromônio de agregação

Um composto feromonal do macho de *S. levis* foi sintetizado a partir da comparação entre cromatogramas de machos e fêmeas, tratando-se de uma provável ferramenta no controle de adultos. O feromônio pode ser misturado aos inseticidas aplicados nas iscas, tornando-as mais atrativas e, aumentando, com isso, a eficiência do controle em campo e, ainda, pode ser utilizado em coletas massais (ZARBIN et al., 2003).

Referências

- ABREU, I.L. **Identificação e caracterização de um gene cry recombinante de *Bacillus thuringiensis* var. *Londrina***. 2006. 87 p. Tese (Doutorado em Microbiologia Agropecuária) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2006.
- ALMEIDA, L.C. **Bicudo da Cana-de-Açúcar**. Piracicaba: Centro de Tecnologia Canavieira, 2005. 3p. (Boletim Técnico)
- ALMEIDA, L.C.; STINGEL, E. **Curso de monitoramento e controle de praga da cana-de-açúcar**. Piracicaba: Centro de Tecnologia Canavieira, 2005. 32p.
- ALVES, S.B. Fungos entomopatogênicos. In.: ALVES, S.B. (Ed.). **Controle microbiano de insetos**. Piracicaba: FEALQ, 1998. cap 11., p. 289-381.
- BADILLA, F.F.; ALVES, S.B. Controle do gorgulho da cana-de-açúcar *Sphenophorus levis* VAURIE, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) com *Beauveria bassiana* em condições de laboratório e campo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 20, n. 2, p. 251-263, 1991.
- BARRETO-TRIANA, N. **Comportamento sexual e reprodutivo de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar**. 2009. 97p. Tese (Doutorado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.
- DEGASPARI, N.; BOTELHO, P.S.; ALMEIDA, L.C.; CASTILHO, H.J. Biologia de *Sphenophorus levis* (Vaurie, 1978) (Coleoptera: Curculionidae) em dieta artificial e no campo. **Pesquisa Agropecuária do Brasil**, Brasília, v. 22, n. 6, p. 556-558, 1987.
- DINARDO-MIRANDA, L.L. Nematóides e pragas do solo em cana-de-açúcar. **Informações agrônômicas**, São Paulo, n. 110, p. 25-32, 2005.
- DINARDO-MIRANDA, L.L.; FRACASSO, J.V.; CABRAL, S.B.; VALÉRIO, W.; GONÇALVES, R.D.; BELTRAME, J.A. Eficiência de inseticidas aplicados em soqueiras de cana-de-açúcar no controle de *Sphenophorus levis*. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 24, n. 5, p. 34-37, 2006.

ERENO, D. Simbiose letal. **Revista Pesquisa Ciência e Tecnologia no Brasil**, São Paulo, n. 135, p. 70-72, 2007.

FARIA, M.R.; WRAIGHT, S.P. 'Mycoinsecticides and Mycoacaricides: A Comprehensive List with Worldwide Coverage and International Classification of Formulation Types'. **Biological Control**, Orlando, v. 43, n. 3, p. 237-256, 2007.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D.; MARCHINI, L.C.; LOPES, J.R.S.; OMOTO, C. **Entomologia Agrícola**, Piracicaba, v. 10. 920p. 2002.

GARCIA, J.F. **Manejo Integrado de *Sphenophorus levis* em cana-de-açúcar**. Ribeirão Preto, 24 jul. 2013. In.: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE CONTROLE DE PRAGAS DA CANA-DE-AÇÚCAR – INSECTSHOW, 9., 2013. **Palestra ministrada...** Ribeirão Preto, 2013. p. 1.

GIOMETTI, F.H.C. **Avaliação de nematóides entomopatogênicos para o controle de *Sphenophorus levis* VAURIE, 1978 (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)**. 2009. 55 p. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) – Instituto Biológico, São Paulo, 2009.

LEITE, L.G.; BATISTA FILHO, A.; GINARTI, A.M.A.; TAVARES, F.M.; ALMEIDA, L.C.; BOTELHO, P.S.M. Alternativa de controle: Bicudo da cana-de-açúcar. **Revista Cultivar**, Pelotas, n. 83, p. 40-43, 2005.

LEITE, L.G.; BATISTA FILHO, A.; TAVARES, F.M.; GINARTI, A.M.A.; BOTELHO, P.S.M.; ALMEIDA, L.C. Alternativa de controle. **Revista Cultivar**, Pelotas, n. 89, p. 30-33, 2006.

MARVALDI, A.; LANTERI, A. Key to hogher taxa of South America weevils based on adult characters (Coleoptera: Curculionidae). **Revista Chilena de História Natural**, Valparaíso, v. 78, n. 1, p. 65-87, 2005.

MORAES, G.C.; ÁVILA, C.J. *Sphenophorus levis* detected in Mato Grosso do Sul, Brazil. **Agricultural Science Research Journals**, Ghana, v. 3, n. 1, p. 36-37, 2013.

PAVLU, F.A. **Plano de amostragem e distribuição espacial visando o controle localizado de *Sphenophorus levis* na cultura da cana-de-açúcar**. 2012. 80 p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

PINTO, A.S.; GARCIA, J.F.; DE OLIVEIRA, H.N. Manejo das principais pragas da cana-de-açúcar. In.: VANZOLIN, S.S.; PINTO, A.S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M. (Ed.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. São Paulo: Livrocere, 2006. cap. 15, p. 257-280.

PRECETTI, A.A.C.M.; ARRIGONI, E.B. **Aspectos bioecológicos e controle do besouro *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar**. São Paulo: COPERSUCAR, 1990. 15p.

PRECETTI, A.; TERÁN, F. Gorgulhos da cana-de-açúcar, *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 e *Metamasius hemipterus* (L., 1765) (Coleoptera: Curculionidae). In.: REUNIÃO TÉCNICA COPERUCAR, 1983, Piracicaba. **Reunião Técnica Agrônômica...** São Paulo, 1983. p.32-37.

SILVEIRA NETO, S., CARVALHO, R.P.L.; PARANHOS, S.B. **Manual de ecologia dos insetos**. São Paulo: Agrônômica Ceres, 1976. 419p.

STINGEL, E.; ALMEIDA, L.C.; ARRIGONI, E.B.; BONANI, J.P. Distribuição Geográfica de *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar, evolução dos registros de ocorrência e estimativa de área infestada, por município, em 2009. In.: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 23, 2010. Natal. **Anais...** Sociedade Entomológica do Brasil, 2010. p. 1.

St. LEGER, R.J.; JOSHI, L.; BIDOCHKA, M.J.; ROBERTS, D.W. 'Construction of an Improved Mycoinsecticide Overexpressing a Toxic Protease'. **Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America**, Washington DC, v. 93, n. 13, p. 6349-6354, 1996.

VANIN, S.A. **A new species of *Sphenophorus* Schoenher from Brazil (Coleoptera, Curculionidae, Rhynchophorinae)**. São Paulo: Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências - USP, 1988. 9p.

VAURIE, P. Revision of the genus *Sphenophorus* in South America. **American Museum Novitates**, New York, n. 2656, p. 1-30, 1978.

VEGA, F.E.; GOETTEL, M.S.; BLACKWELL, M.; CHANDLER, D.; JACKSON, M.A.; KELLER, S.; KOIKE, M.; MANIANIA, N.K.; MONZÓN, A.; OWNLEY, B.H.; PELL, J.K.; RANGEL, D.E.N.; ROY, H.E. 'Fungal Entomopathogens: New Insights on Their Ecology'. **Fungal Ecology**, Manchester, v. 2, n. 4, p. 149-159, 2009.

ZARBIN, P.; ARRIGONI, E.B.; RECKZIEGEL, A.; MOREIRA, J.; BARALDI, P.T.; VIEIRA, P.C. Identification of male-specific chiral compound from the sugarcane weevil *Sphenophorus levis*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 28, n. 2, p. 377-383, 2003.

3 DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E FLUTUAÇÃO POPULACIONAL DE *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) EM CANA-DE-AÇÚCAR

Resumo

Estudos sobre a distribuição espacial de *Sphenophorus levis* no campo são poucos e fundamentais para entender a dinâmica populacional do bicudo e para o estabelecimento de planos de amostragem, que é uma ferramenta muito importante no planejamento de táticas de controle no contexto do MIP. Diante disso, objetivou-se com este trabalho estudar a distribuição espacial e a flutuação populacional de *S. levis* em cana-de-açúcar. O experimento foi instalado na Usina Iracema, no município de Iracemápolis, São Paulo, onde a distribuição espacial e a flutuação populacional de adultos foram avaliadas em seis tratamentos: (1) Área “desenleirada”; (2) Área “desenleirada” com aplicação de *Beauveria bassiana*; (3) Área “enleirada”; (4) Área “enleirada” com aplicação de *B. bassiana*; (5) Área convencional e; (6) Área convencional com aplicação de *B. bassiana*. Utilizou-se o delineamento em blocos com parcelas casualizadas, sendo quatro repetições por tratamento, totalizando uma área de 7,81 ha, cultivada com a variedade CTC 11. Inicialmente, foi realizada uma avaliação preliminar para confirmar a intensidade de infestação de *S. levis* na área e, para isso, após a colheita, foram selecionadas em cada ponto uma touceira de cana-de-açúcar, cujos rizomas foram retirados e rachados, totalizando 18 soqueiras por parcela e, a avaliação consistiu na contagem do número total de colmos, número de colmos atacados, número de larvas, pupas e adultos. Essa avaliação foi também realizada em 2014, após a colheita. Para o monitoramento de adultos, foram instaladas quinzenalmente 576 iscas no total, sendo 24 iscas por parcela, ou seja, uma a cada 15 metros e na 4ª, 8ª, 12ª e 16ª linhas da parcela, todas georreferenciadas. Nas avaliações, os adultos foram quantificados, separados por sexo e mantidos no local. Na avaliação da infestação inicial e final em soqueiras, observou-se que os colmos atacados pelo bicudo estavam distribuídos por todo o talhão, chegando a quatro e cinco colmos atacados por soqueira em setembro de 2013 e outubro de 2014, respectivamente e, ainda, larvas e pupas apresentaram um padrão de distribuição agregado. Em relação à flutuação populacional de adultos de *S. levis* foi observada uma elevação linear da última quinzena de outubro para a primeira de novembro, com queda subsequente e, outra elevação à partir da última quinzena de dezembro. O pico populacional ocorreu no mês de março, seguido por uma rápida redução a partir de abril. A proporção de fêmeas foi similar a de machos em todos os tratamentos. Os dados sugerem que não houve efeito dos tratamentos na distribuição de adultos do bicudo. Os resultados da flutuação populacional, da distribuição de frequência e distribuição espacial se complementam, pois, em hipótese, a distribuição dos adultos está diretamente relacionada com a flutuação populacional, ajustando-se ao modelo de distribuição binomial negativa em áreas com alta infestação. Diante disso, conclui-se que a distribuição de *S. levis* em cana-de-açúcar apresenta o padrão agregado em altas densidades populacionais.

Palavras-chave: Bicudo da cana; Dinâmica populacional; Distribuição agregada; Alta infestação

Abstract

Studies about the spatial distribution of *Sphenophorus levis* in the field are scarce, although they are essential to understand population dynamics of sugarcane weevil and to establish sampling methods within the guidelines of IPM programs. Therefore, the objective of this work was to study the spatial distribution and population dynamics of *S. levis* in sugarcane. The experiment was installed on the Iracema farm, municipality of Iracemápolis, São Paulo State, where the spatial distribution and population dynamics of adults were evaluated in six treatments: (1) Removal of straw of planting row, (2) Removal of straw of planting row with *Beauveria bassiana* application; (3) Removal of straw of two blocks and transference to a third one; (4) Removal of straw of two blocks and transference to a third one with *B. bassiana* application; (5) A conventional area; (6) A conventional area with *B. bassiana* application. The block design was completely randomized with four replicates per treatment, representing an area of 7.81 hectare planted with CTC 11 variety. Initially, a preliminary evaluation was conducted to confirm the infestation intensity of *S. levis* in the area, where, after harvest, a sugarcane clump was removed at each point, the rhizomes were collected and cracked, totaling 18 clumps per plot, recording the total number of stems, number of damaged stems, number of larvae, pupae and adults. This assessment was also conducted in 2014, after harvesting. For the adults survey, 576 baits were installed in the total, that is, 24 baits per plot, one bait each 15 meters from distance and in the 4th, 8th, 12th and 16th lines of the plot twice per month and the experimental area was georeferenced in each point where the baits were installed. In the evaluations, the adults were quantified, separated by sex and maintained in the area. In the assessment of clumps, it was observed that the stems damaged by the weevil were spread along the total area, reaching four and five damaged stems by clump in September 2013 and October 2014, respectively, whereas, larvae and pupae showed an aggregated pattern distribution. In addition, it was observed a linear increase of *S. levis* population in the last quarter of October until November, with a subsequent decrease, and a highest elevation beginning in the last half of December. The population peak occurred in March, followed by a fast decline in early April. The proportion of females to males was similar in all treatments. The data suggest that there was no effect of treatments on the distribution of weevil adults. The results of the population density, frequency and spatial distribution are complementary because, hypothetically, the distribution of adults is directly related to population density, adjusting for the negative binomial distribution pattern in highly infested areas. Thus, it is concluded that the distribution of *S. levis* in sugarcane shows an aggregated pattern at high population densities.

Keywords: Sugarcane weevil; Population dynamics; Aggregated distribution; High infestation

3.1 Introdução

A expansão das áreas de plantio de cana-de-açúcar e o sistema de colheita mecanizada de cana crua tem levado ao aumento do bicudo da cana, *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae), para todas as regiões produtoras do país. Suas larvas abrem galerias nos rizomas, causando danos diretos nos tecidos dos colmos e, mesmo com os diversos métodos de controle adotados, o sucesso no seu manejo ainda não foi obtido e a população dessa praga continua crescendo e tornando-se mais constante nos canaviais.

De fato, estudos sobre a distribuição de *S. levis* no campo são poucos e fundamentais para entender a dinâmica populacional dessa praga e para o estabelecimento de planos de amostragem, visando a sua aplicação em programas de MIP, uma vez que serve como base na tomada de decisão para implementação de táticas de manejo no campo (BECHINSKI; PEDIGO, 1981), além de ser uma das características ecológicas mais importantes de uma espécie (TAYLOR, 1984). Ainda, de acordo com Dinardo-Miranda (2005), poucos estudos sobre a amostragem do bicudo da cana foram publicados e alguns boletins técnicos recomendam a realização da amostragem utilizando a mesma metodologia realizada para cupins e *Migdolus fryanus* Westwood, 1863 (Coleoptera: Cerambycidae).

A distribuição em campo de uma população de insetos pode seguir três padrões de distribuição distintos (SOUTHWOOD, 1978), que são: (1) uniforme ou regular; (2) aleatório ou Poisson e; (3) agregado ou Binomial negativa, de acordo com diversos índices estatísticos, tendo como base a média, variância e distribuição de frequência (SILVEIRA NETO; CARVALHO; PARANHOS, 1976). No caso dos padrões uniforme e/ou aleatório, os indivíduos se relacionam de forma independente, enquanto que no padrão agregado, os indivíduos se relacionam mutuamente uns com os outros. A distribuição espacial de insetos é diretamente influenciada pela qualidade dos habitats (KLEIJNA; ANGEVELDE, 2006), uma vez que ao se depararem com ambientes com baixa quantidade de alimento, abrigo, dificuldade de encontro com parceiros sexuais e condições microclimáticas desfavoráveis, migram ou se dispersam para locais com maior disponibilidade de recursos (KLEIJNA; ANGEVELDE, 2006; MOILANEN; HANSKI, 1998). Além disso, o ambiente físico do campo, tal como a prática de cultivo, ou seja, o plantio direto e/ou plantio convencional e; a localização, que pode ser no interior da área e/ou borda

externa, pode afetar a dinâmica espacial de um inseto, por influenciar o movimento e a dispersão no campo (SCHOTZKO; QUISENBERRY, 1999).

Em relação à flutuação populacional *S. levis*, no Brasil ocorrem dois picos anuais da praga em épocas bem definidas (DEGASPARI et al., 1987; PRECETTI; ARRIGONI, 1990), o principal nos meses de fevereiro e março e, um pico menor entre os meses de outubro e novembro, enquanto que as larvas ocorrem em maior intensidade nos meses de junho e julho e, em menor número em dezembro (DEGASPARI et al., 1987). No entanto, recentemente tem-se observado em campo uma sobreposição de gerações, mas não há estudos que reportam essa alteração na dinâmica populacional. Sendo assim, objetivou-se com esse trabalho determinar a distribuição espacial e a flutuação populacional de *S. levis* em cana-de-açúcar.

3.2 Material e Métodos

3.2.1 Local e condições ambientais

Os experimentos foram realizados em uma área de produção comercial de cana-de-açúcar (22°59'04" S, 47°55'93" O) na Usina Iracema – Grupo São Martinho, situada no município de Iracemápolis, São Paulo, e no Departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ/USP, em Piracicaba, São Paulo. Os experimentos foram realizados no período de julho de 2013 a outubro de 2014.

3.2.2 Área experimental e preparo de iscas para coleta de *S. levis*

A área experimental tinha 7,81 hectares e a variedade de cana cultivada era a CTC 11, de 2º para 3º corte. A área apresentava histórico de infestação considerado moderado pelos técnicos responsáveis pelo Manejo de Pragas da usina.

Para preparação das iscas foram selecionadas variedades de cana-de-açúcar com boas características morfológicas, ou seja, colmos com maior diâmetro e internódios longos. Os colmos foram cortados no campo, as folhas secas e ponteiros retirados e, em seguida, as iscas foram preparadas. Tais iscas consistiam de segmentos dos colmos de 30 cm de comprimento cortados longitudinalmente com o uso de “facão” específico para a cultura. As iscas cortadas foram utilizadas no prazo máximo de dois dias para evitar fermentação e perda da qualidade.

3.2.3 Distribuição espacial e temporal de *S. levis* em cana-de-açúcar

Foram avaliados seis tratamentos, sendo esses: (1) Área “desenleirada”, ou seja, onde foi realizado o afastamento da palha pós-colheita da linha de plantio; (2) Área “desenleirada” com aplicação de *B. bassiana*; (3) Área “enleirada”, ou seja, onde foi realizada a retirada da palha de duas ruas e transferida para a terceira, sendo uma parte recolhida; (4) Área “enleirada” com aplicação de *B. bassiana*; (5) Área convencional, isto é, sem manejo da palha e, (6) Área convencional com aplicação de *B. bassiana*.

Utilizou-se o delineamento em blocos com parcelas casualizadas, com quatro repetições por tratamento. Cada parcela tinha 100 metros de comprimento e 31,5 metros de largura (correspondente a 21 ruas com espaçamento de plantio simples de 1,5 m).

Inicialmente, realizou-se uma avaliação preliminar da população de *S. levis*, com o objetivo de confirmar a intensidade de infestação na área. Para isso, logo após a colheita, foram avaliadas 18 soqueiras de cana-de-açúcar por parcela, sendo uma a cada 16,5 metros e na 5ª, 10ª e 15ª linhas da parcela. Em cada soqueira foi analisado o número total de colmos, número de colmos atacados, número de larvas, número de pupas e número de adultos.

Para o monitoramento de adultos foram instaladas 24 iscas por parcela, ou seja, uma a cada 15 metros e na 4ª, 8ª, 12ª e 16ª linhas da parcela, totalizando 576 iscas. Cada isca era constituída por duas metades dos colmos e, para o monitoramento, a extremidade cortada ficou em contato com o solo e próximas a touceira de cana-de-açúcar, sendo, em seguida, coberta com palha. As instalações das iscas e avaliações foram realizadas quinzenalmente. Nas avaliações, os adultos foram quantificados, separados por sexo e, posteriormente, mantidos no local.

Após a colheita, foi realizada uma avaliação da intensidade de infestação na área e, para isso, foram avaliadas 20 soqueiras, sendo uma a cada 16,5 metros e na 6ª, 9ª, 12ª e 15ª linhas da parcela e, a avaliação consistiu no número total de colmos, número de colmos atacados, número de larvas, pupas e adultos.

Com os resultados obtidos nas avaliações foram analisadas a distribuição de frequência, espacial e temporal de adultos do bicudo da cana na safra 2013/2014, a fim de auxiliar no estabelecimento e definição do(s) método(s) de monitoramento e

controle mais adequado(s) e eficiente(s) de acordo com os aspectos bioecológicos desse inseto-praga.

3.2.4 Georreferenciamento da área experimental

Foi realizado o georreferenciamento da área experimental, de cada ponto onde foram instaladas as iscas e das áreas periféricas (Figura 1), com GPS Trimble, Modelo RECON PRO XR e precisão sub-métrica.

O software do GPS para o levantamento em campo foi o Terra Sync, versão 4.2, enquanto que o software para pós-processamento, ou seja, utilizado para fazer as correções do levantamento de campo foi o GPS Pathfinder Office 5.00. O arquivo utilizado para correção foi o do IBGE – Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo – RBMC, estação de Campinas – SP.

Abaixo, segue um resumo da correção diferencial:

- 1 arquivo processado: 4.082 (100,0%) de 4.082 posições selecionadas foram corrigidas por código pelo pós-processamento;
- 3.545 (86,8%) de 4.082 posições selecionadas foram corrigidas por sinal pelo pós-processamento;
- 1 (0,0%) das posições de código escolhidas sobre o sinal, dado que elas tiveram qualidade superior.

Figura 1 - Georreferenciamento de cada ponto onde foram instaladas as iscas na área experimental e áreas periféricas na Usina Iracema

3.2.5 Análises estatísticas

3.2.5.1 Infestação inicial de *S. levis*

Modelos lineares generalizados (NELDER; WEDDERBURN, 1972) com distribuição do tipo quase-Poisson foram utilizados para análise dos dados de contagem de colmos totais, colmos atacados e de larvas, pupas e adultos de *S. levis* nos diferentes bioensaios. A verificação da qualidade do ajuste foi feita pelo gráfico meio-normal de probabilidades com envelope de simulação (DEMÉTRIO; HINDE, 1997; HINDE; DEMÉTRIO, 1998). Quando houve diferença significativa entre os tratamentos, múltiplas comparações (teste de Tukey, $p < 0,05$) foram realizadas por meio da função “*glht*” do pacote “*multcomp*” com ajuste dos valores de p para os tratamentos com níveis qualitativos, enquanto que regressões lineares e não lineares foram utilizadas para comparação dos tratamentos com níveis quantitativos, avaliando-se, posteriormente, a qualidade do ajuste. Todas essas análises foram realizadas utilizando-se o software estatístico “R”, versão 2.15.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012).

3.2.5.2 Heterogeneidade em réplicas

Para verificar se as réplicas não exibiam heterogeneidade entre elas, o que seria impedimento para que fosse analisado de forma agrupada, o teste G foi aplicado (SOKAL; ROHLF, 1995).

3.2.5.3 Distribuição de frequência

As análises de distribuição de frequência (SOUTHWOOD; HENDERSON, 2006) foram aplicadas para investigar se os padrões de distribuição de *S. levis* ajustaram-se aos modelos de distribuição de frequência aleatória (Poisson) ou agregada (Binomial negativa). Em caso de distribuição agregada, o parâmetro estimador do grau de agregação foi obtido por interações matemáticas a partir das estimativas da média e variância.

3.2.5.4 Distribuição espacial

As análises espaciais foram baseadas na metodologia da estatística espacial com processos pontuais. Processos pontuais são fenômenos expressos por meio de ocorrências identificadas como pontos localizados no espaço. Neste estudo, os pontos foram as localizações de *S. levis*. Conforme Olinda (2010), uma característica importante de um processo pontual espacial é a localização dos pontos e a relação entre eles, verificando se os eventos observados apresentam algum tipo de padrão sistemático, ao invés de estarem distribuídos aleatoriamente.

3.3 Resultados e Discussão

3.3.1 Avaliação da infestação inicial de *S. levis* na área experimental

De acordo com a avaliação da infestação inicial de *S. levis* na área experimental, realizada em setembro de 2013, não houve diferença significativa nos parâmetros avaliados, que foram o número total de colmos, número de colmos atacados, porcentagem de colmos atacados e número de larvas, pupas e adultos, mostrando que não houve diferença inicial entre as parcelas (Tabela 1). As porcentagens de colmos atacados variaram de $6,00 \pm 1,12$ a $10,31 \pm 1,45\%$ nos diferentes tratamentos (Tabela 1), sendo essa porcentagem de ataque considerada alta, levando-se em conta que o Grupo São Martinho realiza aplicação de *B. bassiana* quando o nível populacional encontra-se abaixo de 5% e, acima desse valor, é realizado o controle químico, aplicado em corte de soqueira. Ressalta-se que, o nível de controle e de dano econômico para *S. levis* ainda não foram determinados e, com isso, cada unidade produtora de cana-de-açúcar tem adotado níveis diferentes.

Tabela 1 - Monitoramento prévio da infestação inicial de *S. levis* na área experimental na Usina Iracema em setembro de 2013

Tratamento	Nível de infestação ¹					
	Total de colmos	Colmos atacados	% Colmos atacados	Larvas	Pupas	Adultos
Desenleirado	7,87 ± 0,20 a	0,61 ± 0,11 a	7,71 ± 1,31 a	0,10 ± 0,04 a	0,10 ± 0,04 a	0,01 ± 0,01 a
Desenleirado + <i>Beauveria bassiana</i>	7,70 ± 0,18 a	0,73 ± 0,11 a	9,45 ± 1,44 a	0,14 ± 0,05 a	0,11 ± 0,04 a	0,06 ± 0,03 a
Enleirado	8,13 ± 0,18 a	0,51 ± 0,10 a	6,00 ± 1,12 a	0,21 ± 0,05 a	0,04 ± 0,02 a	0,01 ± 0,01 a
Enleirado + <i>Beauveria bassiana</i>	8,00 ± 0,24 a	0,73 ± 0,11 a	10,15 ± 1,86 a	0,23 ± 0,07 a	0,06 ± 0,03 a	0,01 ± 0,01 a
Convencional	8,03 ± 0,16 a	0,90 ± 0,13 a	10,31 ± 1,45 a	0,20 ± 0,05 a	0,06 ± 0,03 a	0,10 ± 0,04 a
Convencional + <i>Beauveria bassiana</i>	8,01 ± 0,19 a	0,63 ± 0,12 a	7,30 ± 1,35 a	0,13 ± 0,05 a	0,17 ± 0,05 a	0,04 ± 0,02 a
F	0,567	1,247	1,377	1,143	1,971	1,832
g.l.	5, 413	5, 413	5, 413	5, 413	5, 413	5, 413
Valor de p	0,725	0,286	0,232	0,337	0,082	0,105

¹Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente (GLM com distribuição quase-Poisson, seguido por *post hoc* teste de Tukey, $p < 0,05$).

3.3.2 Flutuação populacional de *S. levis* em cana-de-açúcar

Em relação à flutuação populacional de *S. levis*, foi observada uma elevação linear da última quinzena de outubro para a primeira de novembro, com queda subsequente e, outra elevação à partir da última quinzena de dezembro. O pico populacional ocorreu no mês de março, seguido por uma rápida redução a partir de abril (Figura 2).

Os resultados do presente estudo corroboram com os obtidos por Degaspari et al. (1987) e Precetti e Arrigoni (1990), os quais relataram que, no Brasil, ocorrem duas gerações anuais da praga em épocas bem definidas, sendo que os adultos apresentam dois picos populacionais no ano, o principal nos meses fevereiro e março e, um pico menor entre os meses de outubro e novembro. As larvas ocorrem em maior intensidade nos meses de junho e julho e, em menor número em dezembro (DEGASPARI et al., 1987).

De modo geral, a proporção de fêmeas na população foi similar a de machos (razão sexual variando de 0,44 a 0,50) em todos os tratamentos (Figura 2), divergindo dos resultados obtidos por Degaspari et al. (1987), que inferiram que a razão sexual em condições de campo foi de 0,75.

Figura 2 - Número médio de adultos de *S. levis* representado pelas linhas e razão sexual representada pelas colunas nos diferentes tratamentos de outubro a dezembro de 2013 e de janeiro a junho de 2014

3.3.3 Distribuição de frequência de adultos de *S. levis* em condições de campo

De acordo com o teste G realizado para verificar a homogeneidade entre réplicas nas avaliações quinzenais, observou-se que a frequência de insetos nas primeiras e segundas quinzenas de cada mês foi homogênea, uma vez que na grande maioria das análises obteve-se $p > 0,05$. Apenas em duas datas de amostragem o valor de p foi inferior a 0,05 (Tabelas 2, 3 e 4). Desse modo, foi

possível realizar a análise de distribuição de frequência unindo os dados das primeiras e segundas semanas de cada mês.

Tabela 2 - Teste G de homogeneidade da frequência de adultos de *S. levis* entre réplicas nas avaliações quinzenais nos meses de outubro a dezembro de 2013

Data	Tratamento	Valor de p	G (adj)	g.l.
28/out/13	Desenleirado	0,45	5,75	6
	Des. + <i>B. bassiana</i>	1,00	2,17	12
	Enleirado	0,84	2,75	6
	Enl. + <i>B. bassiana</i>	0,26	11,24	9
	Convencional	0,07	11,54	6
	Conv. + <i>B. bassiana</i>	0,07	11,67	6
13/nov/13	Desenleirado	0,66	4,15	6
	Des. + <i>B. bassiana</i>	1,00	0,96	12
	Enleirado	1,00	3,36	21
	Enl. + <i>B. bassiana</i>	0,48	8,59	9
	Convencional	0,44	12,12	12
	Conv. + <i>B. bassiana</i>	1,00	2,31	15
25/nov/13	Desenleirado	0,43	12,19	12
	Des. + <i>B. bassiana</i>	1,00	2,76	12
	Enleirado	0,25	14,92	12
	Enl. + <i>B. bassiana</i>	0,53	11,02	12
	Convencional	0,00	24,07	9
	Conv. + <i>B. bassiana</i>	0,69	3,89	6
09/dez/13	Desenleirado	0,34	10,17	9
	Des. + <i>B. bassiana</i>	0,49	11,40	12
	Enleirado	0,61	10,11	12
	Enl. + <i>B. bassiana</i>	0,70	11,66	15
	Convencional	0,39	6,27	6
	Conv. + <i>B. bassiana</i>	0,77	8,25	12
21/dez/13	Desenleirado	1,00	2,22	12
	Des. + <i>B. bassiana</i>	0,14	13,51	9
	Enleirado	0,77	8,19	9
	Enl. + <i>B. bassiana</i>	0,52	5,21	6
	Convencional	0,34	6,79	6
	Conv. + <i>B. bassiana</i>	0,39	3,03	3

*G(adj): valor do teste G onde foi encontrada a significância ou a ausência dela dada pela probabilidade p (valor de p).

Tabela 3 - Teste G de homogeneidade da frequência de adultos de *S. levis* entre réplicas nas avaliações quinzenais nos meses de janeiro a março de 2014

Data	Tratamento	Valor de P	G (adj)*	g.l.
14/jan/14	Desenleirado	0,41	18,74	18
	Des. + <i>B. bassiana</i>	0,84	12,23	18
	Enleirado	0,60	13,03	15
	Enl. + <i>B. bassiana</i>	0,99	8,27	21
	Convencional	1,00	5,21	21
	Conv. + <i>B. bassiana</i>	0,92	8,15	15
28/jan/14	Desenleirado	0,15	17,09	12
	Des. + <i>B. bassiana</i>	0,55	22,42	24
	Enleirado	0,15	20,49	15
	Enl. + <i>B. bassiana</i>	0,05	25,37	15
	Convencional	1,00	5,55	21
	Conv. + <i>B. bassiana</i>	0,59	13,13	15
11/fev/14	Desenleirado	0,89	11,05	18
	Des. + <i>B. bassiana</i>	0,43	27,64	27
	Enleirado	1,00	4,17	21
	Enl. + <i>B. bassiana</i>	1,00	5,89	21
	Convencional	1,00	2,04	36
	Conv. + <i>B. bassiana</i>	1,00	6,70	27
25/fev/14	Desenleirado	0,25	25,05	21
	Des. + <i>B. bassiana</i>	0,16	20,39	15
	Enleirado	0,99	8,86	21
	Enl. + <i>B. bassiana</i>	0,06	28,29	18
	Convencional	0,01	40,60	21
	Conv. + <i>B. bassiana</i>	1,00	8,01	27
21/mar/14	Desenleirado	1,00	2,71	39
	Des. + <i>B. bassiana</i>	1,00	7,77	30
	Enleirado	0,68	20,38	24
	Enl. + <i>B. bassiana</i>	0,26	37,72	33
	Convencional	0,08	41,13	30
	Conv. + <i>B. bassiana</i>	1,00	5,38	51

*G(adj): valor do teste G onde foi encontrada a significância ou a ausência dela dada pela probabilidade p (valor de p).

Tabela 4 - Teste G de homogeneidade da frequência de adultos de *S. levis* entre réplicas nas avaliações quinzenais nos meses de abril a junho de 2014

Data	Tratamento	Valor de P	G (adj)*	g.l.
04/abr/14	Desenleirado	1,00	9,54	27
	Des. + <i>B. bassiana</i>	0,89	18,31	27
	Enleirado	0,27	27,80	24
	Enl. + <i>B. bassiana</i>	1,00	4,30	21
	Convencional	0,75	24,40	30
	Conv. + <i>B. bassiana</i>	1,00	4,44	30
16/abr/14	Desenleirado	0,19	23,11	18
	Des. + <i>B. bassiana</i>	1,00	4,77	24
	Enleirado	1,00	4,16	21
	Enl. + <i>B. bassiana</i>	1,00	6,74	21
	Convencional	0,45	18,14	18
	Conv. + <i>B. bassiana</i>	0,98	12,34	24
30/abr/14	Desenleirado	0,49	11,47	12
	Des. + <i>B. bassiana</i>	0,53	10,99	12
	Enleirado	0,67	12,14	15
	Enl. + <i>B. bassiana</i>	0,43	12,18	12
	Convencional	0,07	19,61	12
	Conv. + <i>B. bassiana</i>	1,00	2,20	15
21/mai/14	Desenleirado	0,26	4,04	3
	Des. + <i>B. bassiana</i>	1,00	0,87	9
	Enleirado	0,42	2,84	3
	Enl. + <i>B. bassiana</i>	0,83	2,83	6
	Convencional	0,56	2,07	3
	Conv. + <i>B. bassiana</i>	0,47	5,60	6
06/jun/14	Desenleirado	0,70	1,41	3
	Des. + <i>B. bassiana</i>	0,79	1,03	3
	Enleirado	0,70	1,41	3
	Enl. + <i>B. bassiana</i>	0,52	2,27	3
	Convencional	0,70	1,41	3
	Conv. + <i>B. bassiana</i>	0,70	1,41	3

*G(adj): valor do teste G onde foi encontrada a significância ou a ausência dela dada pela probabilidade p (valor de p).

Os resultados das avaliações realizadas nos meses de outubro a dezembro de 2013 (Tabela 5), em geral, ajustaram-se ao modelo de distribuição de frequência aleatória ou distribuição de Poisson, uma vez que os valores de qui quadrado da análise foram significativamente menores que os valores críticos de distribuição da tabela de qui quadrado. Apenas na avaliação realizada no dia 28/10/2013, no tratamento Desenleirado + *B. bassiana* e na avaliação do dia 09/12/2013, no tratamento Enleirado + *B. bassiana*, a distribuição de frequência ajustou-se ao modelo de distribuição agregada ou Binomial negativa, pois, nesses dois casos, o

valor de qui quadrado na análise de distribuição de Poisson foi superior aos valores críticos de distribuição da tabela de qui quadrado, ajustando-se posteriormente à binomial negativa.

Tabela 5 - Distribuição de frequência de adultos de *S. levis* nos diferentes tratamentos de outubro a dezembro de 2013

Tratamento	Data	(1) $\bar{x}$	(2) s^2	(3) χ^2	(4)g.l.	(5)K (binomial negativa)
Desenleirado	28/10/13	0,12	0,13	0,37	1	..*
	13/11/13	0,27	0,26	0,04	1	..
	25/11/13	0,55	0,71	5,40	2	..
	09/12/13	0,34	0,46	1,64	1	..
	21/12/13	0,39	0,43	0,89	2	..
Desenleirado + <i>B. bassiana</i>	28/10/13	0,18	0,29	5,23	2	0,35
	13/11/13	0,29	0,29	0,34	2	..
	25/11/13	0,41	0,52	8,45	2	..
	09/12/13	0,34	0,42	9,86	2	..
	21/12/13	0,35	0,36	0,56	2	..
Enleirado	28/10/13	0,10	0,09	0,11	1	..
	13/11/13	0,40	0,58	13,89	4	..
	25/11/13	0,41	0,41	1,18	1	..
	09/12/13	0,39	0,53	6,82	2	..
	21/12/13	0,38	0,45	3,81	2	..
Enleirado + <i>B. bassiana</i>	28/10/13	0,20	0,16	0,79	1	..
	13/11/13	0,28	0,33	4,94	1	..
	25/11/13	0,59	0,71	2,78	3	..
	09/12/13	0,67	1,38	3,19	3	0,52
	21/12/13	0,30	0,32	1,25	1	..
Convencional	28/10/13	0,25	0,27	1,59	1	..
	13/11/13	0,39	0,66	3,15	2	..
	25/11/13	0,35	0,40	1,68	2	..
	09/12/13	0,26	0,30	3,39	1	..
	21/12/13	0,31	0,34	2,68	1	..
Convencional + <i>B. bassiana</i>	28/10/13	0,14	0,16	2,48	1	..
	13/11/13	0,31	0,39	8,37	2	..
	25/11/13	0,27	0,29	1,04	1	..
	09/12/13	0,44	0,56	6,91	2	..
	21/12/13	0,23	0,18	1,23	1	..

(1) Média aritmética amostral

(2) Variância

(3) Valor de qui quadrado

(4) Graus de liberdade

(5) Parâmetro K

*Na coluna com valores de K, a ausência de dados numéricos indica distribuição de Poisson.

Por outro lado, a maioria dos resultados das avaliações realizadas nos meses de janeiro a junho de 2014 (Tabela 6), se ajustou ao modelo de distribuição binomial negativa. No âmbito das estatísticas ecológicas, o melhor ajuste é representado pela distribuição de frequência que tem o menor valor calculado do qui-quadrado (χ^2) (MELO et al., 2006) e, como na maioria das amostragens os valores de qui quadrado da análise foram significativamente menores que os valores críticos de distribuição da tabela de qui-quadrado, eles se ajustaram a distribuição agregada.

Tabela 6 - Distribuição de frequência de adultos de *S. levis* nos diferentes tratamentos de janeiro a junho de 2014

(continua)

Tratamento	Data	(1) $\bar{x}$	(2) s^2	(3) χ^2	(4)g.l.	(5)K (binomial negativa)
Desenleirado	14/01/14	0,83	0,96	7,98	2	..*
	28/01/14	1,04	1,32	8,91	3	..
	11/02/14	1,27	2,13	6,00	6	1,85
	25/02/14	1,21	1,70	5,00	2	2,95
	21/03/14	2,38	3,53	7,00	4	4,94
	04/04/14	1,79	3,30	9,00	7	2,13
	16/04/14	1,33	1,75	8,91	5	..
	30/04/14	0,69	0,79	3,65	2	..
	21/05/14	0,06	0,06	0,20	1	..
	06/06/14	0,01	0,01	0,01	1	..
Desenleirado + <i>B. bassiana</i>	14/01/14	1,01	1,82	7,00	4	1,26
	28/01/14	1,19	2,98	3,00	6	0,80
	11/02/14	2,13	4,54	6,00	7	1,88
	25/02/14	1,29	2,00	5,00	2	3,25
	21/03/14	1,65	2,12	5,00	2	5,84
	04/04/14	2,19	4,90	5,00	7	1,77
	16/04/14	1,28	2,33	8,00	6	1,57
	30/04/14	0,47	0,63	4,51	3	..
	21/05/14	0,08	0,14	1,40	2	..
	06/06/14	0,08	0,08	0,36	1	..
Enleirado	14/01/14	0,54	0,55	5,49	1	..
	28/01/14	0,71	0,98	6,00	3	1,84
	11/02/14	1,09	2,21	5,00	5	1,07
	25/02/14	1,00	1,56	5,00	2	1,79
	21/03/14	1,95	3,77	8,00	6	2,08
	04/04/14	1,87	4,74	3,00	6	1,22
	16/04/14	0,93	1,04	7,45	2	..
	30/04/14	0,66	0,79	6,07	2	..
	21/05/14	0,05	0,05	0,14	1	..
	06/06/14	0,01	0,01	0,01	1	..

Tabela 6 - Distribuição de frequência de adultos de *S. levis* nos diferentes tratamentos de janeiro a junho de 2014

(conclusão)

Tratamento	Data	(1) $\bar{x}$	(2) s^2	(3) χ^2	(4)g.l.	(5)K (binomial negativa)
Enleirado + <i>B. bassiana</i>	14/01/14	0,91	1,92	4,00	5	0,81
	28/01/14	1,23	2,01	6,00	3	1,93
	11/02/14	1,30	2,34	8,00	5	1,63
	25/02/14	1,42	2,37	7,00	4	2,10
	21/03/14	2,59	7,81	2,00	9	1,28
	04/04/14	1,66	2,18	14,55	6	..*
	16/04/14	1,58	2,88	7,00	4	1,94
	30/04/14	0,78	0,94	4,81	3	..
	21/05/14	0,09	0,11	1,17	1	..
	06/06/14	0,04	0,04	0,09	1	..
Convencional	14/01/14	0,99	1,82	7,00	5	1,18
	28/01/14	0,85	1,79	4,00	5	0,78
	11/02/14	1,17	1,70	5,00	2	2,56
	25/02/14	1,33	2,80	5,00	5	1,20
	21/03/14	2,07	6,28	2,00	8	1,01
	04/04/14	2,07	4,91	4,00	8	1,52
	16/04/14	1,07	2,30	4,00	4	0,94
	30/04/14	0,35	0,23	4,74	1	..
	21/05/14	0,09	0,09	0,47	1	..
	06/06/14	0,01	0,01	0,01	1	..
Convencional + <i>B. bassiana</i>	14/01/14	0,82	1,19	5,00	2	1,82
	28/01/14	0,90	1,00	6,09	2	..
	11/02/14	1,27	2,45	6,00	4	1,37
	25/02/14	1,53	2,90	7,00	4	1,71
	21/03/14	2,30	3,80	6,00	3	5,14
	04/04/14	2,27	3,72	11,00	8	3,55
	16/04/14	1,84	3,31	9,00	6	2,30
	30/04/14	0,56	0,63	1,74	2	..
	21/05/14	0,09	0,11	1,17	1	..
	06/06/14	0,01	0,01	0,01	1	..

⁽¹⁾Média aritmética amostral⁽²⁾Variância⁽³⁾Valor de qui quadrado⁽⁴⁾Graus de liberdade⁽⁵⁾Parâmetro K

*Na coluna com valores de K, a ausência de dados numéricos indica distribuição de Poisson.

3.3.4 Distribuição espacial de *S. levis* em cana-de-açúcar

De acordo com as análises espaciais baseadas na metodologia da estatística espacial com processos pontuais, os colmos atacados pelo bicudo estavam distribuídos por todo o talhão, chegando a quatro colmos atacados por soqueira em 2013 e, atingindo até cinco colmos atacados por soqueira em 2014. Larvas e pupas apresentaram um padrão de distribuição agregado, tanto em setembro de 2013, quanto em outubro de 2014 (Figura 3).

A densidade populacional de adultos aumentou a partir da segunda quinzena de novembro de 2013, permanecendo estável até janeiro de 2014, quando se observou um maior aumento na população. Assim como na flutuação populacional, a mesma tendência se repetiu, com um pico populacional em março, que se manteve até a primeira quinzena de abril, com queda subsequente a partir da segunda quinzena do mesmo mês (Figuras 4, 5 e 6).

Os dados sugerem que não houve efeito dos tratamentos na distribuição de adultos do bicudo. Ainda, os resultados da flutuação populacional, da distribuição de frequência e distribuição espacial se complementam, pois, em hipótese, a distribuição dos adultos está diretamente relacionada com a flutuação populacional, uma vez que em altas densidades a distribuição foi agregada.

Figura 3 - Infestação de *S. levis* inicial (setembro de 2013) e final (agosto de 2014) em soqueiras de cana-de-açúcar em área experimental na Usina Iracema

Figura 4 - Número de adultos de *S. levis* no segundo semestre de 2013 em área experimental na Usina Iracema

Figura 5 - Número de adultos de *S. levis* em janeiro e fevereiro de 2014 em área experimental na Usina Iracema

Figura 6 - Número de adultos de *S. levis* de março a junho de 2014 em área experimental na Usina Iracema

De acordo com diversos autores, a distribuição espacial de uma população de insetos depende da escala espacial considerada; das características do hábitat; do ciclo de vida; da densidade populacional e de interações interespecíficas (BENARD; McCAULEY, 2008; COLL; YUVAL, 2004; SCHOWALTER, 2006; SLANSKY; FEENY, 1977).

Nesse contexto, os resultados do presente estudo estão em concordância com os propostos por Grodowitz, Johnson e Schad (2014), que relataram a natureza altamente agregada das populações de *Cyrtobagous salviniae* Calder & Sands (Coleoptera: Curculionidae), espécie que realiza o controle biológico de uma das piores plantas invasoras do mundo e nativa do Brasil, denominada *Salvinia molesta* D. S. Mitchell (Salviniales: Salviniaceae), nos meses em que foi observado o maior número de larvas e adultos, enquanto que, nos meses em que o tamanho da população foi menor, a distribuição foi aleatória, sugerindo que, tanto para *C. salviniae*, quanto para *S. levis*, a aleatoriedade não está relacionada ao padrão de distribuição, mas sim às baixas densidades populacionais, sendo possível inferir que a distribuição espacial de ambas espécies é dependente da densidade.

O padrão de distribuição agregado é típico de pragas com mobilidade limitada, tais como os curculionídeos, os quais permanecem agrupados onde se originaram e, com isso, múltiplas progênies residem no mesmo local. O bicudo da cana apresenta baixa capacidade de dispersão, em função da capacidade restrita de voo (PRECETTI; ARRIGONI, 1990). A principal forma de deslocamento é por caminamento, os machos podem chegar a 3 m dia⁻¹, enquanto as fêmeas atingem até 5 m dia⁻¹ (PRECETTI; TÉRAN, 1983). Segundo Degaspari et al. (1987), os adultos se dispersam em campo de 6,6 a 11,1 m por mês em uma área de aproximadamente 98,2 m², o que indica a sua mobilidade limitada e, em hipótese, uma das razões em apresentar o padrão agregado.

Além disso, os organismos se agrupam também pela disponibilidade de recursos e ambientes apropriados; para acasalamento; defesa e por comportamento de agregação (NORRIS; CASWELL-CHEN; KOGAN, 2002). Feromônios de agregação produzidos por machos de curculionídeos já foram descritos em várias espécies. Zarbin et al. (2004) identificaram em laboratório o álcool (S)-2-metil-4-octanol como o composto que elicit o comportamento de agregação em adultos de *S. levis*, sendo que este composto já havia sido previamente identificado como componente do feromônio de agregação de uma grande variedade de espécies de

curculionídeos (AMBROGI; VIDAL; ZARBIN, 2009). Greco e Wright (2013) indicaram que a distribuição espacial de *Xylosandrus compactus* (Eichhoff) (Coleoptera: Curculionidae), importante praga em plantações de café no Havaí, foi agregada e, que esse padrão foi influenciado pela presença de hospedeiros alternativos dentro e nos arredores das fazendas e, atribuído ao aumento da liberação de cairomônios, levando à atração de fêmeas, as quais liberam feromônios que, consequentemente elicitam a atração de mais insetos.

Faleiro, Kumar e Rangnekar (2001) relaram o padrão agregado de *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier (Coleoptera: Curculionidae) em plantações de côco na Índia. O padrão de distribuição agregado foi observado quando a população da praga estava altamente ativa, no caso de *R. ferrugineus*, nos meses de outubro e novembro, assim como no presente estudo, mas também em períodos de baixa atividade, entre maio e junho. Ainda, o padrão de distribuição de *Rhynchophorus palmarum* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Curculionidae) foi avaliado por Oehlschlager et al. (1995) em plantações de palmeiras na Costa Rica e os autores inferiram a natureza fortemente agregada dessa praga.

O comportamento de agregação pode trazer diversos benefícios no decorrer da vida de um inseto, tais como a facilidade de encontros com parceiros sexuais durante a reprodução; abrigo; proteção às alterações climáticas e à ação de inseticidas; maior exploração de recursos e defesa contra inimigos naturais (BERNAYS; CHAPMAN, 1994; CLARK; FAETH, 1997; COSTER-LONGMAN; LANDI; TURILLAZZI, 2002; HUNTER, 2000; STRONG; LAWTON; SOUTHWOOD, 1984; TURCHIN; KAREIVA, 1989). No caso de *Hypothenemus hampei* Ferrari, 1867 (Coleoptera: Curculionidae) que, de acordo com Benavides et al. (2005) também apresenta comportamento de agregação, o principal motivo desse padrão pode ser o comportamento reprodutivo das fêmeas adultas. O autor sugere que a incapacidade de voo dos machos, cujas asas são atrofiadas e; a baixa relação sexual (10 fêmeas: 1 macho) resulta em maior efetividade na reprodução sob a distribuição agregada.

Na Austrália, o padrão de distribuição agregado do gorgulho da cana-de-açúcar, *Rhabdoscelus obscurus* (Boisduval) (Coleoptera: Curculionidae: Rhynchophorinae) também foi reportado por Robertson e Webster (1995). Schotzko e Quisenberry (1999) indicaram padrões similares para *Sitona lineatus* Linnaeus (Coleoptera: Curculionidae) em ervilha, enquanto Dosdall et al. (2006) relataram a

distribuição agregada de larvas e adultos de *Ceutorhynchus obstrictus* Marsham (Coleoptera: Curculionidae), importante praga de canola no Canadá.

Os resultados do presente estudo corroboram também com os obtidos por Arbab e McNeill (2014), os quais relataram a natureza agregada de *Sitona humeralis* Stephens (Coleoptera: Curculionidae), importante praga de alfafa, cujos adultos se alimentam das folhagens e as larvas de raízes e nódulos. Ainda, esse padrão de distribuição de *S. humeralis* foi similar ao encontrado por Elvin e Yeargan (1995), os quais observaram que *Sitona hispidulus* Fabricius, 1777 (Coleoptera: Curculionidae) também seguiu um padrão de distribuição agregado em alfafa. O padrão de distribuição agregado para todos os estágios do gorgulho-da-alfafa *Hypera postica* Gyllenhal (Coleoptera: Curculionidae), exceto para pupas que apresentaram distribuição aleatória, foi revelado por Moradi-Vajargah et al. (2011).

Por outro lado, de acordo com Fonseca et al. (2013), o bicudo do algodoeiro, *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) apresenta distribuição aleatória, agregada e uniforme, porque o bicudo começa colonizando as margens da cultura e, posteriormente se espalha em busca de estruturas reprodutivas, o que explica a alteração no comportamento de distribuição aleatória para agregada, enquanto que, o modelo uniforme se encaixa melhor às taxas de dispersão a partir de 80 dias após a emergência das plantas, pois a praga participa mais intensamente no derramamento dos botões florais (SCARPELLINI; BUSOLI, 1999).

Ainda, Socías et al. (2014) relataram a distribuição espacial aleatória de ovos, larvas e adultos do gorgulho da haste da soja, *Sternechus subsignatus* Boheman, 1836 (Coleoptera: Curculionidae) e inferiram que possivelmente este padrão esteja relacionado às baixas densidades da praga encontradas no campo, sugerindo que a distribuição espacial foi dependente da densidade e, nesse caso, dependente também da escala, alta fecundidade e preferência por determinados locais para oviposição, evitando a competição de fêmeas pelo recurso.

Similarmente, Nam et al. (2013) reportaram que a distribuição espacial de *Platypus koryoensis* (Coleoptera: Curculionidae), o besouro-da-ambrósia, foi alterada em resposta a densidade populacional. Em baixas densidades, essa praga apresentou distribuição agregada, associada à feromônios de agregação, para aumentar a probabilidade de sucesso em um ataque massal às árvores de uma floresta temperada na Coreia do Sul e, à medida que houve um aumento na competição intraespecífica, devido ao incremento da densidade (DAVIS;

HOFSTETTER, 2009), a proporção de besouros que evitou o ataque às árvores aumentou, resultando em uma distribuição espacial aleatória, a fim de reduzir as pressões de competição em árvores individuais, sugerindo que o aumento na densidade populacional e a competição intraespecífica são fatores críticos na regulação da distribuição espacial de espécies (BERRYMAN et al., 1985; BYERS, 1984; CHOI et al., 2008).

De acordo com Afshari et al. (2009), a distribuição espacial é um fator inerente a uma espécie e é resultado da interação entre insetos e o seu habitat e, portanto, pode refletir nas características comportamentais. Além disso, conhecer a distribuição espacial proporciona informações úteis tanto no que diz respeito à biologia das populações, quanto para programas de monitoramento em campo (BINS; NYROP; WERF, 2000; LEGAY; DEBOUZIE, 1985; TAYLOR, 1984), pois para o desenvolvimento de um programa de amostragem, os fatores mais importantes são a determinação da densidade e da distribuição espacial das espécies, sendo a base para a tomada de decisão em programas de MIP. Entretanto, estudos sobre a distribuição espacial de populações de insetos raramente têm sido abordados na literatura, sobretudo pelo esforço intensivo exigido pela amostragem.

Desse modo, informações sobre alterações na densidade populacional durante as safras, a identificação de fatores que influenciam essa densidade e a flutuação populacional e, a determinação dos seus impactos na produtividade são fundamentais para o manejo efetivo do bicudo, que deve se basear no conhecimento biológico e comportamental, combinado com a realização de um controle eficiente na renovação do canavial.

3.4 Conclusões

Com base nos resultados obtidos no presente estudo, pôde-se concluir que:

- 1) Não há alteração na flutuação populacional de *S. levis*, cujos picos permanecem os mesmos que anteriormente propostos na literatura.
- 2) Tanto o manejo da palha, quanto a aplicação de *B. bassiana* não influenciam na distribuição de frequência e distribuição espacial de adultos de *S. levis*;

- 3) Larvas e pupas de *S. levis* apresentam padrão de distribuição agregado;
- 4) A distribuição espacial de adultos de *S. levis* em cana-de-açúcar apresenta o padrão agregado em altas densidades populacionais.

Referências

- AFSHARI, A.; SOLEYMAN-NEJADIAN, E.; SHISHEHBOR, P. Population density and spatial distribution of *Aphids gossypii* Glover (Homoptera: Aphididae) on cotton in Gorgan, Iran. **Journal of Agricultural Science and Technology**, Flórida, v. 11, n. 1, p. 27-38, 2009.
- AMBROGI, B.G.; VIDAL, D.M.; ZARBIN, P.H.G. Feromônios de agregação em curculionidae (INSECTA: COLEOPTERA) e sua implicação taxonômica. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 8, p. 2151-2158, 2009.
- ARBAB, A.; McNEILL, M.R. Spatial distribution and sequential sampling plans for adult *Sitona humeralis* Stephens (Coleoptera: Curculionidae) in alfafa. **Journal of Asia-Pacific Entomology**, Amsterdam, v. 17, n. 3, p. 515–519, 2014.
- BART, J.; FLIGNER, M.A.; NOTZ, W.I. **Sampling and statistical methods for behavioural ecologists**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. 344p.
- BECHINSKI, E.J.; PEDIGO, L.P. Population dispersion and development of sampling plans of *Orius insidiosus* and *Nabis* spp. in Soybeans. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 10, n. 6, p. 956-959, 1981.
- BENARD, M.F.; MCCAULEY, S.J. Integrating across life-history stages: consequences of natal habitat effects on dispersal. **The American Naturalist**, Salem, v. 17, n. 1, p. 553-567, 2008.
- BENAVIDES, P.; VEGA, F.E.; ROMERO-SEVERSON, J.; BUSTILLO, A.E.; STUART, J.J. Biodiversity and biogeography of an important inbred pest of coffee, coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). **Annals of the Entomological Society of America**, College Park, v. 98, n. 3, p. 359-366, 2005.
- BERNAYS, E.A.; CHAPMAN, R.F. **Host-plant selection by phytophagous insects**. New York: Chapman and Hall, 1994. 310p.
- BERRYMAN, A.A.; DENNIS, B.; RAFFA, K.F.; STENSETH, N.C. Evolution of optimal group attack, with particular reference to bark beetles (Coleoptera: Scolytidae). **Ecology**, Arizona, v. 66, n. 3, p. 898-903, 1985.
- BINS, M.R.; NYROP, J.P.; WERF, W. **Sampling and Monitoring in crop protection: the theoretical basis for developing practical decision guide**. Wallingford: CABI Publishing, 2000. 304p.

BYERS, J.A. Nearest neighbor analysis and simulation of distribution patterns indicates an attack spacing mechanism in the bark beetle, *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae). **Environmental Entomology**, Lanham, v. 13, n. 5, p. 1191-1200, 1984.

CHOI, W.I.; LEE, J.S.; CHOI, K.S.; KIM, J.K.; SHIN, S.C. Tree trunk level distribution of entry hole by *Platypus koryoensis* (Coleoptera: Platypodidae) and its implication to tree damage. **Korean Journal of Applied Entomology**, Suwon, v. 47, n. 2, p. 127-131, 2008.

CLARK, B.R.; FAETH, S.H. The consequences of larval aggregation in the butterfly *Chlosyne lacinia*. **Ecological Entomology**, London, v. 22, n. 4, p. 408-415, 1997.

COLL, M.; YUVAL, B. Larval Food Plants Affect Flight and Reproduction in an Oligophagous Insect Herbivore. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 33, n. 5, p. 1471-1476, 2004.

COSTER-LONGMAN, C.; LANDI, M.; TURILLAZZI, S. The role of passive defence (Selfish Herd and Dilution Effect) in the gregarious nesting of *Liostenogaster wasps* (Vespidae, Hymenoptera, Stenogastrinae). **Journal of Insect Behavior**, New York, v. 15, n. 3, p. 331-350, 2002.

CRAWLEY, M.J. **The R Book**. New Jersey: John Wiley, 2007. 942p

DAVIS, T.S.; HOFSTETTER, R.W. Effects of gallery density and species ratio on the fitness and fecundity of two sympatric bark beetles (Coleoptera: Curculionidae). **Environmental Entomology**, Lanham, v. 38, n. 3, p. 639-650, 2009.

DEGASPARI, N.; BOTELHO, P.S.; ALMEIDA, L.C.; CASTILHO, H.J. Biologia de *Sphenophorus levis* (Vaurie, 1978) (Coleoptera: Curculionidae) em dieta artificial e no campo. **Pesquisa Agropecuária do Brasil**, Brasília, v. 22, n. 6, p. 556-558, 1987.

DEMÉTRIO, C.G.B.; HINDE, J.P. Half-normal plots and overdispersion. **GLIM Newsletter**, Oxford, v. 27, p. 19-26, 1997.

DINARDO-MIRANDA, L.L. Nematoides e pragas do solo em cana-de-açúcar. **Informações agronômicas**, São Paulo, n. 110, p. 25-32, 2005.

DOSDALL, L.M.; ULMER, B.J.; GIBSON, G.A.P.; CÁRCAMO, H.A. The spatio-temporal distribution dynamics of the cabbage seedpod weevil, *Ceutorhynchus obstrictus* (Coleoptera: Curculionidae), and its larval parasitoids in canola in western Canada. **Biocontrol Science and Technology**, Oxford, v. 16, n. 10, p. 987-1006, 2006.

ELVIN, M.K.; YEARGAN, K.V. Spatial distribution of clover root curculio, *Sitona hispidulus* (Fabricius) (Coleoptera: Curculionide), eggs in relation to alfalfa crowns. **Journal of the Kansas Entomology Society**, Lawrence, v. 58, n. 2, p. 346-348, 1995.

FALEIRO, J.R.; ASHOK KUMAR, J.; RANGNEKAR, P.A. Spatial distribution of red palm weevil *Rhynchophorus ferrugineus* Oliv. (Coleoptera: Curculionidae) in coconut plantations. **Crop Protection**, Guildford, v. 21, n. 2, p. 171–176, 2001.

FONSECA, P.R.B.; FERNANDES, M.G.; DEGRANDE, P.E.; MOTA, T.A.; KASSAB, S.O. Spatial distribution of adult *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) and buds with feeding punctures on conventional and Bt cotton. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 1129-1138, 2013.

GRECO, E.B.; WRIGHT, M.G. Dispersion and Sequential Sampling Plan for *Xylosandrus compactus* (Coleoptera: Curculionidae) Infesting Hawaii Coffee Plantations. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 42, n. 2, p. 277-282, 2013.

GRODOWITZ, M.J.; JOHNSON, S.; SCHAD, A.N. Efficiency of Sampling to Determine Population Size of *Cyrtobagous salviniae* (Coleoptera: Curculionidae). **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 7, n. 3, p. 1213-1225, 2014.

HINDE, J.; DEMÉTRIO, C.G.B. Overdispersion: Models and estimation. **Computational Statistics & Data Analysis**, Amsterdam, v. 27, n. 2, p. 151-170, 1998.

HUNTER, A.F. Gregariousness and repellent defences in the survival of phytophagous insects. **Oikos: A journal of ecology**, Copenhagen, v. 91, n. 2, p. 213–224, 2000.

KLEIJNA, D.; LANGEVELDE, F.V. Interacting effects of landscape context and habitat quality on flower visiting insects in agricultural landscapes. **Basic and Applied Ecology**, Jena, v. 7, n. 3, p. 201-214, 2006.

LEGAY, J.M.; DEBOUZIE, D. **Introduction à une biologie des populations**. Paris: Elsevier Masson, 1985. 143p.

MELO, E.P.; FERNANDES, M.G.; DEGRANDE, P.E.; CESSA, R.M.A.; SALOMÃO, J. L.; NOGUEIRA, R. F. Distribuição espacial de plantas infestadas por *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 35, n. 5, p. 689-697, 2006.

MOILANEN, A.; HANSKI, I. Metapopulation dynamics: Effects of habitat quality and landscape structure. **Ecology**, Arizona, v.79, n. 7, p. 2503-2515, 1998.

MORADI-VAJARGAH, M.; GOLIZADEH, A.; RAFIEE-DASTJERDI, H.; ZALUCKI, P.; HASSANPOUR, M.; NASERI, B. Population density and spatial distribution pattern of *Hypera postica* (Coleoptera: Curculionidae) in Ardabil, Iran. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici**, Cluj-Napoca, v. 39, n. 2, p. 42-48, 2011.

NAM, Y.; CHOI, W.; WON, D.; KI, J. Density related plasticity in stand-level spatial distribution of the ambrosia beetle, *Platypus koryoensis* (Coleoptera: Curculionidae). **Population Ecology**, Tokyo, v. 55, n. 1, p. 3-10, 2013.

NELDER, J.A.; WEDDERBURN, R.W.M. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society**, London, v. 135, n. 3, p. 370-384, 1972.

NORRIS, R.F.; CASWELL-CHEN, E.P.; KOGAN, M. **Concepts in Integrated Pest Management**. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 586p.

OEHLSCHLAGER, A.C.; MCDONALD, R.S.; CHINCHILLA, C.M.; PATSCHKE, S.N. Influence of pheromone based mass trapping system on the distribution of *Rhynchophorus palmarum* (Coleoptera: Curculionidae) in oil palm. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 24, n. 5, p. 1005–1012, 1995.

OLINDA, R.A.; SCALON, J.D. Métodos de Monte Carlo para análise de processos pontuais marcados. **Revista Brasileira de Biometria**, São Paulo, v. 28, n. 1, p. 39-56, 2010.

PRECETTI, A.A.C.M.; ARRIGONI, E.B. **Aspectos bioecológicos e controle do besouro *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar**. São Paulo: COPERSUCAR, 1990. 15p.

PRECETTI, A.; TERÁN, F. Gorgulhos da cana-de-açúcar, *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 e *Metamasius hemipterus* (L., 1765) (Coleoptera: Curculionidae). In.: REUNIÃO TÉCNICA COPERSUCAR, 1983, Piracicaba, **Reunião Técnica Agrônômica...** São Paulo, 1983. p.32-37.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R foundation for statistical computing, 2012. 1706p.

ROBERTSON, L.N.; WEBSTER, D.E. Strategies for managing cane weevil borer. **Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists**, Queensland, v. 17, p. 83–87, 1995.

SCARPELLINI, J.R.; BUSOLI, C. Infestação do bicudo do algodoeiro *Anthonomus grandis* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) correlacionada a queda de botões florais em cultivares de algodoeiro. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 66, n. 1, p. 69-76, 1999.

SCHOTZKO, D.J.; QUISENBERRY, S.S. Pea leaf weevil (Coleoptera: Curculionidae) spatial distribution in peas. **Environmental Entomology**, Lanham, v. 28, n. 3, p. 477-484, 1999.

SCHOWALTER, T.D. **Insect Ecology: An Ecosystems approach**. Philadelphia: Elsevier Inc., 2006. 650p.

SILVEIRA NETO, S., CARVALHO, R.P.L.; PARANHOS, S.B. **Manual de ecologia dos insetos**. São Paulo: Ceres, 1976. 419p.

SLANSKY, F.; FEENY, P. Stabilization of the Rate of Nitrogen Accumulation by Larvae of the Cabbage Butterfly on Wild and Cultivated Food Plants. **Ecological Monographs**, Lawrence, v. 47, n. 2, p. 209-228, 1977.

SOCÍAS, M.G.; LILJESTHRÖM, G.G.; CASMUZ, A.S.; MURÚA, M.G.; GASTAMINZA, G. Density and spatial distribution of different development stages of *Sternechus sugsignatus* Boheman (Coleoptera: Curculionidae) in soybean crops. **Crop Protection**, Guildford, v. 65, p. 15-20, 2014.

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. **Biometry**: the principles and practice of statistics in biological research. New York: W. H. Freeman, 1995. 887p.

SOUTHWOOD, T.R.E. **Ecological methods with particular reference to the study of insect populations**. London: Chapman & Hall, 1978. 524p.

SOUTHWOOD, T.R.E.; HENDERSON, P.A. **Ecological methods**. Malden: Blackwell Science, 2006. 575p.

STRONG, D.R.; LAWTON, J.H.; SOUTHWOOD, T.R.E. Evolution of phytophagous insects. In.: STRONG, D.R.; LAWTON, J. H.; SOUTHWOOD, T.R.E. **Insects on plants**: Community Patterns and Mechanisms. Massachusetts: Harvard University Cambridge, 1984. cap. 4, p. 15-45.

TAYLOR, L.R. Assessing and interpreting the spatial distribution of insect population. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 29, p. 321–358, 1984.

TURCHIN, P.; KAREIVA, P.M. Aggregation in *Aphis vaiana*: an effective strategy for reducing predator risk. **Ecology**, Arizona, v. 70, n. 4, p. 1008-1016, 1989.

ZARBIN, P.H.; PRINCIVAL, J.L.; SANTOS, A.A; OLIVEIRA, A.R.M. Synthesis of (S)-(+)-2-methyl-4-octanol: male-specific compound released by sugarcane weevil *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v. 15, n. 2, 2004.

4 EFEITO DO MANEJO DA PALHA PÓS-COLHEITA E DA APLICAÇÃO DE *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Cordycipitaceae) NA OCORRÊNCIA DE *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) EM CANA-DE-AÇÚCAR

Resumo

A alteração no sistema de colheita de cana-de-açúcar causou importantes mudanças no cenário da cultura, sobretudo em relação à população de pragas, que foi muito afetada. Entre as pragas, cuja população aumentou consideravelmente, destaca-se o bicudo da cana, *S. levis*, que além de ter se beneficiado pela presença da palha remanescente da colheita e pela ausência do fogo, os adultos podem ser transportados pelas próprias colhedoras durante a colheita, sendo capazes de infestar novas áreas. Além disso, os problemas com essa praga tendem a ser intensificados, pelo fato das medidas de controle do bicudo serem ainda pouco eficientes. Diante da falta de conhecimentos acerca dessa mudança no ecossistema da cultura em relação à população desse inseto-praga e da necessidade em melhorar o seu manejo, objetivou-se com esse estudo testar o efeito do manejo da palha pós-colheita na ocorrência de *S. levis* e avaliar a eficácia da aplicação de *Beauveria bassiana* na população do bicudo da cana-de-açúcar. Para isso, foi instalado um experimento na Usina Itacema, no município de Itacemópolis, São Paulo, onde foram avaliados seis tratamentos: (1) Área “desenleirada”; (2) Área “desenleirada” com aplicação de *B. bassiana*; (3) Área “enleirada”; (4) Área “enleirada” com aplicação de *B. bassiana*; (5) Área convencional e; (6) Área convencional com aplicação de *B. bassiana*. Utilizou-se o delineamento em blocos com parcelas casualizadas, sendo quatro repetições por tratamento. Foram instaladas quinzenalmente 576 iscas e, nas avaliações, os adultos foram quantificados e mantidos no local. Foi também realizado um segundo bioensaio para avaliar a eficácia de *B. bassiana* em uma área da Raízen, no município de Piracicaba, São Paulo, sendo utilizados os seguintes tratamentos: (A) 1×10^{12} conídios ha^{-1} de *B. bassiana*; (B) 5×10^{12} conídios ha^{-1} de *B. bassiana*; (C) 1×10^{13} conídios ha^{-1} de *B. bassiana*; (D) Engéo Pleno® (2 L p.c. ha^{-1}), utilizando delineamento em blocos com parcelas casualizadas e cinco repetições por tratamento. A população do bicudo foi avaliada antes da aplicação e aos 15, 30 e 45 dias após a aplicação, por meio da retirada de soqueiras e instalação de iscas. Os resultados indicaram que as estratégias de afastamento da palha da linha de plantio não interferiram nos níveis de infestação de *S. levis*, quando comparado ao tratamento que não houve manejo da palha e, ainda, o manejo da palha utilizado conjuntamente à aplicação de *B. bassiana* não influenciou na densidade populacional de adultos de *S. levis* no período avaliado. Portanto, o manejo da palha entre as linhas de cana-de-açúcar (desenleiramento e enleiramento) não reduz a densidade populacional de *S. levis* em locais com elevado histórico de infestação e são necessários mais estudos para ajustar a dose de *B. bassiana* adequada e eficaz no controle de *S. levis*.

Palavras-chave: Cana crua; Bicudo da cana; Controle cultural; Fungo entomopatogênico

Abstract

The change in the sugarcane harvesting system caused major shifts in the culture scenario, especially in terms of pests population, which were severely affected. Among the pests whose population increased considerably, the sugarcane weevil *Sphenophorus levis* can be highlighted as a beneficiary of the presence of straw and absence of fire. Additionally, during harvesting, adults can be transported by harvesters and be able to infest new areas. Thus, the problems with this pest tend to worsen, because control measures against the weevil are still inefficient. Given the lack of knowledge about how agroecosystem changes affects pest insect population dynamics and the necessity to improve the management of *S. levis*, the study aims to test the effects of post-harvest management of straw on the occurrence of *S. levis* and evaluate the efficacy of *Beauveria bassiana* application in the control of *S. levis* in sugarcane. An experiment was installed on the Iracema farm in the municipality of Iracemópolis, São Paulo State, where six treatments were evaluated: (1) An area with the removal of the straw from the top of the cane row, (2) An area with the removal of the straw from the top of the cane row with *B. bassiana* application; (3) An area with the removal of the straw of two blocks and transferred to a third one and a part was collected; (4) An area with the removal of the straw of two blocks and transferred to a third one and a part was collected with *B. bassiana* application; (5) A conventional area; (6) A conventional area with *B. bassiana* application. The block design was completely randomized with four replicates per treatment. It was installed 576 baits twice per month, adults were quantified and maintained in the experimental area. It was carried out a second bioassay to assess the efficacy of *B. bassiana* in an area of Raizen farm, in the municipality of Piracicaba, São Paulo State, where the following treatments were used: (A) 1×10^{12} conidia ha^{-1} of *B. bassiana*; (B) 5×10^{12} conidia ha^{-1} ; (C) 1×10^{13} conidia ha^{-1} ; (D) Engeo Pleno® (2 L c.p. ha^{-1}). The block design was completely randomized with five replicates per treatment. The cane weevil population was evaluated before the application and 15, 30 and 45 days after application, by removing clumps and installation of baits. The results indicated that the management strategies of straw did not affect the infestation levels of *S. levis*, compared with the conventional treatment and straw management with *B. bassiana* application did not influence the population density of *S. levis* during the study period. Hence, management of straw does not reduce the population density of *S. levis* in areas with high infestation levels and studies are necessary to adjust the adequate and effective dose of *B. bassiana* to control sugarcane weevil.

Keywords: Green cane; Sugarcane weevil; Cultural control, Entomopathogenic fungi

4.1 Introdução

A alteração no sistema de colheita de cana-de-açúcar, que passou de colheita manual de cana queimada para colheita mecanizada sem a queima prévia teve como consequências a deposição de grande quantidade de palha no campo, atingindo valores de 4 a 15 toneladas ha^{-1} de massa seca (RIPOLI; RIPOLI, 2008). Até 2021, será obrigatória a eliminação total da queima e, a presença de toda essa palha no campo leva ao aumento da umidade do solo, uma vez que representa uma barreira à incidência da radiação solar, além de conferir proteção e alimento, proporcionando um microclima favorável ao desenvolvimento de insetos. Além da presença da palha, outro elemento que ocasionou alterações no ecossistema foi a ausência do fogo, que auxiliava na destruição de formas biológicas, sendo ambos, portanto, os fatores responsáveis por afetar as populações de pragas e de seus inimigos naturais, causando uma importante mudança no cenário da cultura (DINARDO-MIRANDA; FRACASSO, 2013).

Entre as pragas que foram afetadas por essa mudança estão as cigarrinhas-das-raízes, *Mahanarva* spp. (Hemiptera: Cercopidae), e as pragas de solo, destacando-se o bicudo da cana, *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae), praga primária e limitante da cultura e, que tem aumentado em todas as regiões produtoras do país, sobretudo devido a redução da mortalidade de adultos pelo fogo e pela proteção conferida pela palha remanescente (DINARDO-MIRANDA; FRACASSO, 2013). De acordo com estudos de Dinardo-Miranda (2000; 2011) e Arrigoni (2011), campos de cana-de-açúcar foram dizimados após uma a duas colheitas sem queima e, devido às medidas de controle contra o bicudo serem pouco eficientes, os problemas com essa praga tendem a ser intensificados.

Com isso, estudos sobre a influência do manejo da palha pós-colheita da cana, comumente realizada pelas unidades produtoras de cana-de-açúcar, são fundamentais para determinar a ocorrência do bicudo e a melhor estratégia de manejo, visando a redução populacional.

Além do manejo da palha, diversas usinas vêm realizando a aplicação do fungo entomopatogênico, *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Hypocreales: Cordycipitaceae), para o controle de *S. levis*. A eficácia de *B. bassiana* no controle do bicudo já foi relatada por Badilla e Alves (1991), os quais obtiveram até 92% de eficácia, utilizando-se iscas com toletes de cana de 25 cm de comprimento,

inoculadas com doses de $4,9 \times 10^{11}$ conídios por tolete, tratados com o isolado 447. Ainda, os solos do agroecossistema da cana-de-açúcar, de fato, representam um ambiente favorável para o desenvolvimento de *B. bassiana*, bem como de fungos entomopatogênicos em geral, devido a sua temperatura moderada, umidade e matéria orgânica. No entanto, não há estudos mais recentes que reportam a eficácia em campo de *B. bassiana*, bem como o ajuste de doses adequadas para o controle de *S. levis* e, na maioria dos casos, as aplicações ocorrem sem nenhum tipo de monitoramento, tanto prévio em laboratório, quanto posterior à aplicação.

Diante disso, objetivou-se com esse trabalho testar o efeito do manejo da palha pós-colheita na ocorrência de *S. levis* e avaliar a eficácia da aplicação de *B. bassiana* na população do bicudo da cana-de-açúcar.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Local e condições ambientais

Os experimentos foram realizados em uma área de produção comercial de cana-de-açúcar (22°59'04" S, 47°55'93" O) na Usina Iracema – Grupo São Martinho, situado no município de Iracemápolis, São Paulo, Brasil; na Fazenda DallaVilla, (22°39'04.1" S, 47°39'55.5" O) da Raízen - Unidade Costa Pinto, município de Piracicaba, São Paulo, Brasil e, no Departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ/USP, em Piracicaba, São Paulo, Brasil. Os experimentos foram realizados no período de julho de 2013 a outubro de 2014.

4.2.2 Insetos

Os insetos utilizados no bioensaio em condições laboratoriais foram obtidos junto a Usina Iracema.

4.2.3 Fungo

O fungo entomopatogênico *B. bassiana* (ESALQ-PL63), isolado de *Atta* (Hymenoptera: Formicidae), foi obtido do banco de entomopatógenos do Laboratório de Patologia e Controle Microbiano de Insetos do Departamento de Entomologia e Acarologia da ESALQ/USP.

4.2.4 Avaliação da ocorrência natural de conídios de *B. bassiana*

Foram coletados 125 adultos de *S. levis* da área experimental na Usina Iracema em 25/11/2013, os quais foram mantidos em laboratório por 15 dias em sala climatizada à temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, UR $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas, para quantificar a ocorrência natural de *B. bassiana*, antes da aplicação em campo.

Desse total de 125 insetos, os que morreram naturalmente após 10 dias, foram transferidos para uma câmara úmida e mantidos por mais 10 dias em sala climatizada à temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, UR $70 \pm 10\%$ e fotofase de 14 horas, para esporulação do fungo.

4.2.5 Concentração de conídios de *B. bassiana*

A concentração de conídios foi determinada por meio da pesagem de 0,1 g do material e, em seguida, foi feita uma suspensão em 9,9 mL de água estéril contendo espalhante adesivo (0,01% Twin[®] 80), a qual foi diluída para uma concentração de 10^5 conídios mL^{-1} . Posteriormente, foram preparadas cinco lâminas de Neubauer e efetuadas as leituras. A concentração de conídios em número de conídios g^{-1} de produto foi calculada multiplicando-se o número de conídios mL^{-1} pelo volume de diluição da amostra.

4.2.6 Viabilidade de conídios de *B. bassiana*

Foram preparadas cinco placas de Petri com meio B.D.A. (Difco[®]), distribuído em uma fina camada no fundo das placas, as quais foram expostas à secagem em fluxo laminar. Posteriormente, foram transferidos 150 μL da suspensão de conídios, a mesma utilizada para determinação de concentração, para as placas de B.D.A. com pipeta de 200 μL . As placas foram incubadas em câmara climatizada tipo B.O.D. ($26 \pm 0,5^\circ\text{C}$, UR $70 \pm 10\%$ e fotofase de 12 horas), durante 24 horas.

Foi efetuada a leitura em microscópio óptico comum, na qual foram contados os conídios germinados e não germinados em faixas correspondentes ao diâmetro vertical e horizontal do campo. Em seguida, o resultado foi determinado dividindo-se o número de conídios germinados pelo total de conídios contados (germinados + não germinados) e multiplicando-se o resultado por 100.

4.2.7 Virulência de *B. bassiana*

O bioensaio teve seis tratamentos com cinco repetições, cada uma constituída por 11 adultos de *S. levis*, totalizando 330 adultos. Os tratamentos consistiram na aplicação de cinco concentrações do patógeno (10^6 , 5×10^6 , 10^7 , 5×10^7 e 10^8 conídios mL^{-1}), além da testemunha, composta de água estéril e espalhante adesivo (0,01% Twin[®] 80).

Os adultos foram dispostos em placas de Petri plásticas e estéreis (1,5 cm de altura e 6 cm de diâmetro) e, pulverizados em torre de Potter (15 lb pol^{-2}), com 2,5 mL da suspensão correspondente a cada tratamento. Os insetos tratados foram transferidos para potes plásticos com tampa, contendo dois pedaços de colmos rachados ao meio para alimentação. Esses potes foram mantidos em B.O.D. ($26 \pm 0,5^\circ\text{C}$, UR 60-70% e fotofase de 12 horas). As avaliações foram realizadas diariamente por 30 dias. Os insetos mortos foram transferidos para placas Elisa com 24 células e entre as células foi colocado algodão umedecido, constituindo uma câmara úmida para esporulação do fungo e, com isso, a confirmação da mortalidade por *B. bassiana*. Tais placas também permaneceram em B.O.D. nas mesmas condições citadas acima durante os 30 dias de avaliação.

4.2.8 Influência do manejo da palha pós-colheita e da aplicação de *B. bassiana* na ocorrência de *S. levis* em cana-de-açúcar

A área experimental tinha 7,81 hectares, a variedade de cana cultivada era a CTC 11, de 2º para 3º corte, em latossolo vermelho e ambiente de produção B [potencial de produtividade médio/alto, THC (ton cana ha^{-1}) $90 \leq \text{THC} < 95$ em 4 cortes], segundo critérios da usina. A área apresentava histórico de infestação considerado moderado pelos técnicos responsáveis pelo Manejo de Pragas da usina.

Foram avaliados seis tratamentos, sendo: (1) Área “desenleirada”, ou seja, onde foi realizado o afastamento da palha da linha de plantio; (2) Área “desenleirada” com aplicação de *B. bassiana*; (3) Área “enleirada”, ou seja, onde foi realizada a retirada da palha de duas ruas e transferida para a terceira, sendo uma parte recolhida; (4) Área “enleirada” com aplicação de *B. bassiana*; (5) Área

convencional, isto é, sem manejo da palha e, (6) Área convencional com aplicação de *B. bassiana*.

Utilizou-se o delineamento em blocos com parcelas casualizadas, com quatro repetições por tratamento. Cada parcela tinha 100 metros de comprimento e 31,5 metros de largura (correspondente a 21 linhas de plantio com espaçamento simples de 1,5 m).

Inicialmente, realizou-se uma avaliação preliminar da população de *S. levis*, com o objetivo de confirmar a intensidade de infestação na área. Para isso, logo após a colheita, foram avaliadas 18 soqueiras de cana-de-açúcar por parcela, sendo uma a cada 16,5 metros e na 5ª, 10ª e 15ª linhas da parcela. Em cada soqueira foi analisado o número total de colmos, número de colmos atacados, número de larvas, número de pupas e número de adultos.

As avaliações da população de adultos foram realizadas quinzenalmente, do dia 04/10/2013 a 06/06/2014, que consistiram na instalação de 24 iscas por parcela, ou seja, uma a cada 15 metros e na 4ª, 8ª, 12ª e 16ª linhas da parcela, totalizando 576 iscas. Para preparação das iscas foram selecionadas variedades de cana-de-açúcar com boas características morfológicas, ou seja, colmos com maior diâmetro e internódios longos. Os colmos foram cortados no campo, as folhas secas e ponteiros retirados e, em seguida, as iscas foram preparadas. Tais iscas consistem de segmentos de colmos de 30 cm de comprimento cortados longitudinalmente com o uso de “facão” específico para a cultura. As iscas cortadas foram utilizadas no prazo máximo de dois dias para evitar fermentação e perda da qualidade. Para o monitoramento, a extremidade cortada ficou em contato com o solo e próximas a touceira de cana-de-açúcar, sendo, em seguida, cobertas com palha. Nas avaliações, os adultos foram quantificados e, posteriormente, mantidos no local.

A aplicação de *B. bassiana* foi realizada em 3,78 hectares no dia 15/01/2014. A concentração indicada e aplicada foi de 5×10^{12} conídios ha^{-1} , sendo a concentração dos conídios de 1×10^{11} conídios g^{-1} . Para aplicação dos tratamentos foi utilizado pulverizador autopropelido Patriot 350, com vazão de 200 L ha^{-1} , sendo o volume de calda de 200 L de água ha^{-1} , no qual se adicionou uma formulação oleosa contendo 266 g de conídios de *B. bassiana*, 4,5 L de óleo de girassol e espalhante adesivo (0,01% Twin® 80). A aplicação foi feita na base das touceiras de cana-de-açúcar e, a temperatura e umidade no interior da área no dia da aplicação eram de 24°C e 73% UR, respectivamente. A primeira avaliação da eficiência de aplicação foi

realizada 13 dias após aplicação e, as posteriores, quinzenalmente conforme já estava sendo realizado desde o início.

Na colheita do talhão, realizada com a colhedora Case In Modelo Smart Cruise 8800, cinco ruas de cana de cada parcela foram colhidas e pesadas com indicador de pesagem Alfa instrumentos® Modelo 3101C, para avaliar a produtividade (ton ha^{-1}) nos diferentes tratamentos.

Após a colheita, foi realizada uma avaliação da intensidade de infestação na área e, para isso, foram avaliadas 20 soqueiras, sendo uma a cada 16,5 metros e na 6ª, 9ª, 12ª e 15ª linhas da parcela e, a avaliação consistiu no número total de colmos, número de colmos atacados, número de larvas, pupas e adultos.

4.2.9 Eficácia de *B. bassiana* no controle de *S. levis* em cana-de-açúcar

A eficácia de *B. bassiana* no controle de *S. levis* também foi avaliada em uma área de produção comercial de cana-de-açúcar localizada na Fazenda DallaVilla da Raízen - Unidade Costa Pinto, município de Piracicaba, São Paulo, Brasil, com porcentagens de histórico de infestação de 25 a 100%. A variedade de cana presente na área era SP83-5073, de 3º para 4º corte e ambiente de produção E [potencial de produtividade baixo, THC (ton cana ha^{-1}) < 80 em 4 cortes], segundo critérios da empresa.

Foram utilizados os seguintes tratamentos: (A) 1×10^{12} conídios ha^{-1} ; (B) 5×10^{12} conídios ha^{-1} ; (C) 1×10^{13} conídios ha^{-1} ; (D) Engeo Pleno® (2 L p.c. ha^{-1}) - [lambdacialotrina (212 g i.a. ha^{-1}) + tiametoxam (282 g i.a. ha^{-1}), Syngenta Proteção de Cultivos Ltda., São Paulo, SP] e; (E) controle (água). A viabilidade de conídios (ESALQ-PL63) foi previamente aferida em laboratório, conforme método descrito no item 4.2.6. É importante salientar que o isolado utilizado pertence ao mesmo lote anteriormente aplicado na Usina Iracema.

Utilizou-se o delineamento em blocos com parcelas casualizadas, com cinco repetições por tratamento. Cada parcela tinha 10 m de comprimento e 9,6 m de largura (correspondente a 8 linhas de plantio com espaçamento duplo, de 1,20 x 0,90 metros).

Para aplicação do fungo foi utilizado pulverizador autopropelido John Deere CA64-6415, com vazão de 100 L ha^{-1} e volume de calda de 100 L de água ha^{-1} . A aplicação foi feita no sulco de plantio com corte de soqueira.

Utilizou-se uma formulação oleosa contendo os conídios de *B. bassiana*, 950 mL de óleo de girassol e 50 mL de espalhante adesivo (0,01% Twin® 80). Na concentração de 1×10^{12} conídios ha^{-1} foi utilizado 4,83 g de conídios; em 5×10^{12} conídios ha^{-1} , 24,15 g de conídios e; em 1×10^{13} conídios ha^{-1} , utilizou-se 48,30 g de conídios. Antes e depois da aplicação, foram coletadas amostras da calda com o fungo direto do bico do pulverizador, as quais foram levadas para o laboratório de Patologia e Controle Microbiano para confirmação da viabilidade dos conídios antes e após a aplicação, conforme método descrito no item 4.2.6.

Inicialmente, realizou-se uma avaliação preliminar da população de *S. levis*, com o objetivo de confirmar a intensidade de infestação na área. Desse modo, logo após a colheita, em cada parcela foram avaliadas duas touceiras, na 4ª e 5ª linhas da parcela e, em seguida, os rizomas de cana-de-açúcar foram retirados e rachados com cuidado para não danificar as larvas. A avaliação consistiu no número total de colmos, número de colmos atacados, número de larvas, número de pupas e número de adultos.

Avaliou-se ainda, antes da aplicação de *B. bassiana*, a população inicial de adultos e, para isso, foram instaladas 300 iscas no total, sendo 12 iscas por parcela, na 3ª, 4ª, 5ª e 6ª linhas da parcela. Cada isca era constituída por duas metades dos colmos, com a extremidade cortada em contato com o solo e próximas a touceira de cana-de-açúcar, sendo, em seguida, cobertas com palha. Nas avaliações, os adultos foram quantificados e, posteriormente, mantidos no local. Após a aplicação, foram realizadas três avaliações, aos 15, 30 e 45 dias após a aplicação, seguindo o mesmo método de instalação de iscas mencionado acima. E, por fim, realizou-se uma última avaliação da infestação do bicudo no rizoma da cana-de-açúcar, conforme metodologia descrita acima.

4.2.10 Análises estatísticas

Modelos lineares generalizados (NELDER; WEDDERBURN, 1972) com distribuição do tipo quase-binomial e quase-Poisson foram utilizados para análise dos dados de proporção de mortalidade e de esporulação de *B. bassiana* nos cadáveres e de contagem de colmos totais, colmos atacados, larvas, pupas e adultos de *S. levis*, respectivamente. A verificação da qualidade do ajuste foi feita pelo gráfico meio-normal de probabilidades com envelope de simulação

(DEMÉTRIO; HINDE, 1997; HINDE; DEMÉTRIO, 1998). Quando houve diferença significativa entre os tratamentos, múltiplas comparações (teste de Tukey, $p < 0,05$) foram realizadas por meio da função “*glht*” do pacote “*multcomp*” com ajuste dos valores de p . Os dados de produtividade, nos diferentes tratamentos, foram submetidos inicialmente ao teste de Bartlett (BARTLETT, 1937) para verificar a homogeneidade das variâncias e de Shapiro-Wilk (SHAPIRO; WILK, 1965) para verificar a normalidade dos resíduos. Como os dados atenderam as pressuposições do modelo normal, estes foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. Todas as análises foram realizadas no software estatístico “R”, versão 2.15.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2012). Além disso, regressões não lineares do tipo exponencial foram utilizadas para representar a densidade populacional de adultos de *S. levis* durante o período de avaliação.

4.3 Resultados e Discussão

4.3.1 Avaliação da ocorrência natural de conídios de *B. bassiana*

Dos 125 insetos coletados no campo, apenas cinco morreram naturalmente em 10 dias e, depois de transferidos para uma câmara úmida e mantidos por mais 10 dias em sala climatizada houve esporulação, no entanto, determinou-se que a mortalidade foi causada por fungos saprófitas. Concluiu-se, portanto, que não havia ocorrência natural de conídios de *B. bassiana* nos insetos amostrados provenientes da área experimental.

4.3.2 Concentração e viabilidade de conídios de *B. bassiana*

O fungo utilizado nos experimentos apresentou concentração corrigida de 1×10^{11} conídios g^{-1} e 92% de viabilidade, sendo adequados para aplicação em laboratório e campo.

4.3.3 Mortalidade de adultos de *S. levis* em diferentes concentrações de *B. bassiana*

Os resultados indicaram que não houve diferença significativa na taxa de mortalidade de adultos de *S. levis* nas diferentes concentrações de conídios de *B. bassiana* utilizadas no bioensaio. Apesar de não haver diferença significativa na taxa de mortalidade, os resultados revelaram que a esporulação do fungo nos cadáveres foi equivalente entre as concentrações testadas, diferindo apenas do tratamento controle (Figura 7).

Figura 7 - Porcentagem de mortalidade e esporulação de diferentes concentrações de conídios de *B. bassiana* sobre adultos de *S. levis*

Diante disso, o fungo, provavelmente, pode ter sido letal aos insetos, mas não é possível afirmar devido à alta mortalidade no controle, pois o fungo pode ter apenas se aproveitado do cadáver como fonte de nutrientes. O fato dos adultos terem sido coletados no campo, apresentando, portanto, idade desconhecida, pode ter influenciado nos resultados.

Varela e Morales (1996) também obtiveram valores baixos de mortalidade de *Hypothenemus hampei* Ferrari, 1867 (Coleoptera: Curculionidae), que variaram de 24 a 35% após 10 dias, ao pulverizarem 10⁷ conídios mL⁻¹ de cinco diferentes isolados de *B. bassiana* em condições de laboratório. Entretanto, outros autores obtiveram altas taxas de mortalidade ao utilizarem metodologias de inoculação diferentes para a broca-do-café, sobretudo por imersão, dentre os quais, Posada e Vega (2005) avaliaram a mortalidade de brocas de *H. hampei* imersas por dois

minutos em suspensão de 10^7 conídios mL^{-1} de *B. bassiana*, inoculadas individualmente em frascos com papel filtro umedecido e sem alimento e, observaram 100% de mortalidade para 47 isolados. Jiménez-Gómez (1992) e González, Posada e Bustillo (1993) também obtiveram mortalidade superior a 90% utilizando diversos isolados de *B. bassiana* sobre adultos de *H. hampei*, quando inoculados por imersão em suspensões de 10^7 conídios mL^{-1} . Esses resultados sugerem que, a imersão em suspensões de conídios permite uma maior aderência desses à cutícula do inseto, o que pode ter contribuído para as altas taxas de mortalidade obtidas nesses trabalhos.

A exposição de adultos de *Hippodamia convergens* Guérin-Meneville, 1842 (Coleoptera: Coccinellidae) à suspensão de conídios de *B. bassiana* por imersão, resultou em doses cinco vezes maiores por inseto comparado às aplicações por pulverização (JAMES et al., 1998). Diante disso, a principal hipótese atribuída às baixas mortalidades no presente estudo pode estar relacionada a quantidades insuficientes de conídios aderidos na cutícula do bicudo após pulverização em torre de Potter. No entanto, devido a indisponibilidade de adultos de *S. levis* provenientes de criação de laboratório não foi possível realizar um novo bioensaio por imersão.

Assim, em função da dificuldade na obtenção de formulados comerciais com concentração e viabilidade adequadas para aplicação em campo, optou-se por utilizar esse fungo, que apesar dos resultados obtidos em laboratório, a concentração e viabilidade de conídios estavam adequadas para aplicação em campo.

4.3.4 Influência do manejo da palha pós-colheita e da aplicação de *B. bassiana* na ocorrência de *S. levis* em cana-de-açúcar

De acordo com a avaliação da infestação inicial de *S. levis* na área experimental realizada em setembro de 2013, não houve diferença significativa nos parâmetros avaliados, que foram o número total de colmos, número de colmos atacados, porcentagem de colmos atacados e número de larvas, pupas e adultos no monitoramento da infestação inicial de *S. levis* nos diferentes tratamentos, mostrando que não houve diferença inicial entre as parcelas (Tabela 7). As porcentagens de colmos atacados variaram de $6,00 \pm 1,12$ a $10,31 \pm 1,45\%$ nos diferentes tratamentos (Tabela 7), sendo essa porcentagem de ataque considerada

alta, levando-se em conta que o Grupo São Martinho realiza aplicação de *B. bassiana* quando o nível populacional encontra-se abaixo de 5% e, acima desse valor, é realizado o controle químico, aplicado em corte de soqueira. Ressalta-se que, o nível de controle e de dano econômico para *S. levis* ainda não foram estabelecidos e, com isso, cada unidade produtora de cana-de-açúcar tem adotado níveis diferentes.

Tabela 7 - Monitoramento prévio da infestação inicial de *S. levis* na área experimental na Usina Iracema em setembro de 2013

Tratamento	Nível de infestação ¹					
	Total de colmos	Colmos atacados	% Colmos atacados	Larvas	Pupas	Adultos
Desenleirado	7,87 ± 0,20 a	0,61 ± 0,11 a	7,71 ± 1,31 a	0,10 ± 0,04 a	0,10 ± 0,04 a	0,01 ± 0,01 a
Desenleirado + <i>Beauveria bassiana</i>	7,70 ± 0,18 a	0,73 ± 0,11 a	9,45 ± 1,44 a	0,14 ± 0,05 a	0,11 ± 0,04 a	0,06 ± 0,03 a
Enleirado	8,13 ± 0,18 a	0,51 ± 0,10 a	6,00 ± 1,12 a	0,21 ± 0,05 a	0,04 ± 0,02 a	0,01 ± 0,01 a
Enleirado + <i>Beauveria bassiana</i>	8,00 ± 0,24 a	0,73 ± 0,11 a	10,15 ± 1,86 a	0,23 ± 0,07 a	0,06 ± 0,03 a	0,01 ± 0,01 a
Convencional	8,03 ± 0,16 a	0,90 ± 0,13 a	10,31 ± 1,45 a	0,20 ± 0,05 a	0,06 ± 0,03 a	0,10 ± 0,04 a
Convencional + <i>Beauveria bassiana</i>	8,01 ± 0,19 a	0,63 ± 0,12 a	7,30 ± 1,35 a	0,13 ± 0,05 a	0,17 ± 0,05 a	0,04 ± 0,02 a
F	0,567	1,247	1,377	1,143	1,971	1,832
g.l.	5, 413	5, 413	5, 413	5, 413	5, 413	5, 413
Valor de p	0,725	0,286	0,232	0,337	0,082	0,105

¹Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente (GLM com distribuição quase-Poisson, seguido por *post hoc* teste de Tukey, $p < 0,05$).

Os diferentes sistemas de manejo da palha pós-colheita não influenciaram na densidade populacional de adultos de *S. levis* no período avaliado. Ainda, o manejo da palha utilizado conjuntamente à aplicação de *B. bassiana* também não apresentou efeito no número de insetos capturados (Figura 8).

Figura 8 - Densidade populacional de adultos de *S. levis* em diferentes sistemas de manejo da palha: desenleirado (A), desenleirado + *B. bassiana* (B), enleirado (C), enleirado + *B. bassiana* (D), convencional (E) e convencional + *B. bassiana* (F)

Para a produtividade (ton. ha^{-1}) de cana-de-açúcar não foi verificada diferença significativa (Figura 9), apesar dos tratamentos enleirado + *B. bassiana* e desenleirado + *B. bassiana* terem proporcionado os melhores resultados, de 97,30 e 96,90 ton ha^{-1} , respectivamente, ou seja, 8,73 e 8,33 ton ha^{-1} a mais que o tratamento convencional (88,56 ton ha^{-1}) e; 11,50 e 11,10 ton ha^{-1} a mais que o tratamento convencional + *B. bassiana* (85,80 ton ha^{-1}), respectivamente, representando acréscimos consideráveis do ponto de vista das unidades produtoras de cana-de-açúcar.

Figura 9 - Produtividade média (ton ha^{-1}) de cana-de-açúcar cultivada em diferentes sistemas de manejo da palha: desenleirado; desenleirado + *B. bassiana*; enleirado; enleirado + *B. bassiana*; convencional e; convencional + *B. bassiana*

Os resultados indicaram que as estratégias de afastamento da palha da linha de plantio não interferiram nos níveis de infestação de *S. levis*, quando comparado ao tratamento que não houve manejo da palha. No entanto, Dinardo-Miranda e Fracasso (2013) reportaram que a remoção da palha poderia reduzir as populações de *S. levis*, uma vez que resultaria em um menor número de áreas de abrigo disponíveis para os adultos, os quais apresentam longa longevidade e ocupam a superfície do solo, sendo capazes de se proteger nos restos culturais e plantas invasoras (PRECETTI; ARRIGONI, 1990). Entretanto, os adultos são muito resistentes às condições adversas (PRECETTI; ARRIGONI, 1990) e, com isso, o impacto dessa medida seria considerado baixo. Assim, acredita-se que a ausência do fogo seja o fator mais relevante para o aumento populacional de *S. levis* em áreas de colheita mecanizada de cana crua, pois a colheita manual de cana

queimada era responsável pela eliminação de grande quantidade de adultos pelo fogo (DINARDO-MIRANDA; FRACASSO, 2013). Em consonância com esta hipótese, Dinardo-Miranda (2009) relatou que os níveis de infestação e de dano causado por *S. levis* foram maiores em áreas de colheita mecanizada, em relação a outra área onde foi efetuada a queima, confirmando que o sistema de colheita, realmente promove um acelerado crescimento na população desse inseto praga, sendo que, em determinadas regiões, canaviais foram rapidamente destruídos dentro de uma e/ou duas colheitas (ARRIGONI, 2011; DINARDO-MIRANDA, 2000; DINARDO-MIRANDA, 2011). Na Austrália, também foi reportado o aumento do gorgulho da cana-de-açúcar, *Rhabdoscelus obscurus* (Boisduval) (Coleoptera: Curculionidae: Rhynchophorinae) em áreas onde a colheita mecanizada de cana crua foi adotada, pelo fato dos resíduos culturais proporcionarem condições de umidade favoráveis às larvas do gorgulho (ROBERTSON; WEBSTER, 1995).

A praga mais fortemente afetada pela mudança no sistema de colheita foi a cigarrinha-da-raiz da cana-de-açúcar, *Mahanarva fimbriolata* Stål, 1854 (Hemiptera; Cercopidae), pelo fato de ser diretamente dependente da umidade do solo, sendo, portanto, favorecida por ambientes quentes e úmidos (DINARDO-MIRANDA, 2003; GUAGLIUMI, 1973), o que tornou essa praga economicamente importante não apenas no nordeste, mas principalmente na região centro-sul do Brasil (MENDONÇA, 1996), devido os benefícios conferidos pela presença da palha e ausência do fogo, que também eliminava a maioria das formas biológicas dessa praga, tratando-se agora de uma das principais pragas da cultura (DINARDO-MIRANDA; FRACASSO, 2013). Dinardo-Miranda (2003) encontrou médias de 0,5 insetos m^{-1} em cana soca queimada e 20,2 insetos m^{-1} em áreas com cana soca crua.

Para a cigarrinha-da-raiz, estudos já foram realizados com o objetivo de avaliar o efeito da remoção e afastamento da palha da linha de plantio na intensidade de infestação dessa praga em cana-de-açúcar e, de acordo com amostragens realizadas nos meses de dezembro de 2000 e de janeiro a fevereiro de 2001, as densidades de infestação foram de 5,6; 6,9 e 16,0 insetos m^{-1} , respectivamente, em parcelas onde a palha foi mantida, enquanto que, em parcelas onde foi feito o afastamento da palha das linhas de plantio, os números foram de 1,8; 0,9 e 4,6 insetos m^{-1} , respectivamente (DINARDO-MIRANDA, 2002), divergindo dos resultados obtidos no presente estudo para *S. levis*. Ainda, no mesmo estudo,

foi relatada a redução de 85% nas populações de cigarrinhas durante o período de pico da população em outras áreas, que variou de 20,2 insetos m^{-1} em áreas sem manejo da palha e 2,7 insetos m^{-1} , onde a palha foi retirada, permitindo concluir que o manejo da palha entre as linhas de plantio de cana pode ser eficiente na manutenção de populações de cigarrinhas durante todo o seu ciclo quando a praga estiver em baixa densidade populacional (DINARDO-MIRANDA, 2002).

De acordo com a autora, o afastamento da palha da linha de plantio permite uma maior incidência de radiação solar sobre as linhas de cana e, consequente, a diminuição da umidade do solo, resultando em condições menos favoráveis para o desenvolvimento de pragas. No entanto, em locais com altas infestações, o manejo da palha pode contribuir na redução da população de cigarrinhas, embora não o suficiente para reduzir os danos causados à cultura e, com isso, inferiu-se que apenas o manejo da palha não pode ser considerado uma medida eficaz em áreas com um histórico de alta densidade populacional (DINARDO-MIRANDA, 2002; DINARDO-MIRANDA; FRACASSO, 2013). Acredita-se que a retirada de uma parte ou de toda a palha causaria uma redução maior nas populações de pragas; por outro lado, poderia afetar o desenvolvimento da cultura, pois, em regiões quentes e secas, a brotação e o desenvolvimento inicial de determinadas variedades podem ser severamente prejudicados, refletindo, consequentemente, em menor produtividade (DINARDO-MIRANDA; FRACASSO, 2013).

Diante disso e, levando-se em consideração o elevado histórico de infestação de *S. levis* na área experimental onde foi realizado o presente estudo, em hipótese, pode-se inferir que, assim como para *M. fimbriolata*, apenas o manejo da palha não se trata de uma tática eficaz em áreas com alta densidade populacional. Contudo, o manejo da palha associado à aplicação de *B. bassiana* poderia incrementar a eficácia no manejo populacional do bicudo, uma vez que os solos do agroecossistema da cana-de-açúcar, de fato, representam um ambiente favorável para o desenvolvimento de *B. bassiana*, bem como de fungos entomopatogênicos em geral (BADILLA; ALVES, 1991), devido a sua temperatura moderada, umidade e teor de matéria orgânica. Tanto o manejo da palha, quanto a aplicação de *B. bassiana* são táticas que têm sido realizadas em várias unidades produtoras de cana para o controle de *S. levis*. Entretanto, os resultados indicaram que o manejo da palha utilizado conjuntamente à aplicação de *B. bassiana* não influenciou na densidade populacional de adultos de *S. levis* no período avaliado.

A forma e momento de aplicação pode ser uma provável justificativa da ineficácia do fungo no campo, pois em função da dificuldade e do longo período gasto para obtenção de um fungo viável, a aplicação na Usina Iracema foi feita cinco meses após a colheita, sendo que o mais indicado seria a aplicação no sulco de plantio com corte de soqueira. Outro fator que pode ter interferido é a estiagem, que atingiu o sudeste do país e, ainda, as altas temperaturas alcançadas no período de estudo, uma vez que, os patógenos quando expostos às condições naturais de campo são altamente afetados por diversos fatores climáticos, dentre eles a umidade e a radiação solar, principalmente o raio-ultravioleta (UV) (ALVES; LECUONA, 1998). Condições de baixa umidade relativa afetam as fases de disseminação, germinação, penetração e para alguns patógenos é fator limitante na sua reprodução. Com relação à radiação ultravioleta, esta pode afetar os patógenos, causando diminuição da patogenicidade dos microrganismos, impedindo a multiplicação destes. Em condições de campo, após aplicação, tais fatores são extremamente importantes na permanência dos propágulos dos agentes microbianos vivos no ambiente, proporcionando a eles condições favoráveis para a infecção dos insetos (ALVES; LECUONA, 1998).

Por outro lado, a eficácia de *B. bassiana* no controle do bicudo já foi relatada por Badilla e Alves (1991) em condições de campo, os quais obtiveram até 92% de eficácia, utilizando-se iscas com toletes de cana de 25 cm de comprimento, inoculadas com doses de $4,9 \times 10^{11}$ conídios por tolete, que corresponde à concentração de $7,7 \times 10^7$ conídios mm^{-2} , tratados com o isolado 447. Ainda, os autores reportaram que esse fungo apresenta uma alta capacidade de persistência nas condições de campo, pois, encontraram porcentagens de mortalidade de 100; 91,2 e 85,7% obtidas aos 4, 8 e 16 dias, respectivamente, após a instalação das iscas no canavial e, inferiu-se que a aplicação de *B. bassiana* em iscas protegidas com folhas de cana pode ter favorecido a persistência, enfatizando que entre os fatores mais importantes na persistência de um patógeno no campo, destacam-se o efeito da radiação solar e a temperatura (BADILLA; ALVES, 1991).

Ainda, o fungo entomopatogênico *B. bassiana* é o agente de controle microbiano mais viável contra *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824) (Coleoptera: Curculionidae) (OLIVEIRA et al., 2010), popularmente conhecido como moleque-da-bananeira, além de ser muito estudado no Brasil e no mundo para o controle dessa importante praga, que é considerada a mais destrutiva da cultura em diversos países, uma vez que esta espécie de fungo ocorre frequentemente em insetos e

amostras de solo (ALVES, 1998). Nankinga e Moore (2000) relataram alta eficácia do isolado G41 de *B. bassiana* na concentração de 2×10^{15} conídios ha^{-1} contra *C. sordidus*, cuja população reduziu até 72% em Uganda.

A eficácia de *B. bassiana* no controle de *R. ferrugineus* também foi relatada por alguns autores (GÜERRI-AGULLÓ et al., 2010; SEWIFY; BELAL; AL-AWASH et al., 2009). Güerri-Agulló et al. (2010) relataram reduções de 70 a 100% na população de *R. ferrugineus* três meses após a aplicação de uma formulação líquida contendo 500 g do isolado 203 em duas áreas de campo distintas, o qual foi obtido de adultos dessa praga naturalmente infectados em campos na Espanha. Além disso, foi detectada a persistência das aplicações de *B. bassiana* devido ao encontro de várias fases infectadas pelo fungo e os autores inferiram que os adultos, provavelmente, foram os responsáveis por espalhar o fungo no campo.

Em outro trabalho em que foi avaliada a eficácia do isolado local UAE-B2 de *B. bassiana* contra *R. ferrugineus* em palmeiras nos Emirados Árabes, com concentração de 5×10^7 conídios mL^{-1} e viabilidade de 91,7%, utilizou-se uma formulação oleosa e pulverização de 5 L árvore^{-1} , causando porcentagens de mortalidade apenas de 13,7 a 19,2% em adultos, durante as três semanas após a aplicação, com mortalidade mensal de 2,3 a 12,5% nos quatro meses seguintes (EL-SUFTY et al., 2007). Os autores inferiram que, possivelmente, a eficácia reduzida no controle dessa praga ocorreu devido ao isolado utilizado, pois de acordo com Güerri-Agulló et al. (2011), a seleção do isolado é um passo muito importante para o desenvolvimento de um micoinseticida. Sendo assim, sugere-se que no caso do presente estudo com o bicudo da cana, o isolado utilizado talvez não seja o mais efetivo no controle de *S. levis*.

Tanto *B. bassiana*, quanto *M. anisopliae* são entomopatógenos cosmopolitas que podem ser isolados a partir de várias fontes, tais como solo, insetos e plantas, e uma de suas características é a diferença de virulência para espécies distintas de insetos. A virulência do fungo é determinada por características intrínsecas nos diferentes isolados e a sua manifestação também está relacionada com variações bióticas e abióticas (HALL; PAPIEROK, 1982). Nesse contexto, estudos para seleção de isolados mais virulentos são fundamentais para melhorar a eficácia do controle microbiano do bicudo da cana-de-açúcar.

Não há estudos mais recentes que reportam a eficácia de *B. bassiana*, bem como a seleção de isolados virulentos e o ajuste de doses adequadas para o

controle de *S. levis* e, na maioria dos casos, as unidades produtoras realizam aplicações sem nenhum tipo de monitoramento, tanto da concentração e viabilidade, quanto posterior à aplicação para avaliar a eficácia, o que dificulta a determinação do sucesso na utilização dessa estratégia de controle.

Na última avaliação realizada após a colheita em agosto de 2014 para determinar os níveis de infestação final de *S. levis* na área experimental na Usina Iracema, os resultados indicaram que os níveis de infestação de pupas de *S. levis* após a colheita foram menores nos tratamentos desenleirado, desenleirado + *B. bassiana* e enleirado, quando comparados ao tratamento convencional + *B. bassiana*. Da mesma forma, a infestação de adultos foi menor nos tratamentos desenleirado e desenleirado + *B. bassiana* quando comparado ao enleirado (Tabela 8).

Com isso, pôde-se observar que não houve efeito de *B. bassiana* nos tratamentos que apresentaram menores níveis de infestação de pupas e também de adultos, uma vez que os tratamentos desenleirado; desenleirado + *B. bassiana* e; enleirado apresentaram o mesmo número médio de pupas, assim como os tratamentos desenleirado e desenleirado + *B. bassiana* mostraram o mesmo número de adultos, em ambos os casos, independentemente da adição do fungo (Tabela 8), sugerindo que essa diferença possa estar relacionada ao manejo da palha.

Tabela 8 - Níveis de infestação final de *S. levis* na área experimental na Usina Iracema em agosto de 2014

Tratamento	Nível de infestação ¹					
	Total de colmos	Colmos atacados	% Colmos atacados	Larvas	Pupas	Adultos
Desenleirado	7,36 ± 0,16 a	1,61 ± 0,14 a	22,24 ± 1,90 a	0,60 ± 0,10 a	0,01 ± 0,01 b	0,01 ± 0,01 b
Desenleirado + <i>Beauveria bassiana</i>	7,84 ± 0,19 a	2,01 ± 0,18 a	25,60 ± 2,21 a	0,80 ± 0,12 a	0,01 ± 0,01 b	0,01 ± 0,01 b
Enleirado	7,50 ± 0,18 a	1,52 ± 0,18 a	19,21 ± 2,02 a	0,73 ± 0,12 a	0,01 ± 0,01 b	0,12 ± 0,04 a
Enleirado + <i>Beauveria bassiana</i>	7,61 ± 0,57 a	1,80 ± 0,47 a	23,70 ± 5,78 a	0,90 ± 0,34 a	0,06 ± 0,08 ab	0,05 ± 0,07 ab
Convencional	7,72 ± 0,22 a	1,90 ± 0,18 a	23,40 ± 2,03 a	0,80 ± 0,13 a	0,04 ± 0,02 ab	0,04 ± 0,02 ab
Convencional + <i>Beauveria bassiana</i>	7,61 ± 0,18 a	1,72 ± 0,16 a	22,12 ± 1,94 a	0,85 ± 0,10 a	0,13 ± 0,05 a	0,04 ± 0,02 ab
F	0,776	1,186	0,970	0,786	2,943	2,392
g.l.	5, 474	5, 474	5, 474	5, 474	5, 474	5, 474
Valor de p	0,567	0,315	0,435	0,560	0,013	0,037

¹Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente (GLM com distribuição quase-Poisson, seguido por *post hoc* teste de Tukey, p<0,05).

Em diversos estudos com a espécie *C. sordidus* determinou-se que as densidades populacionais desse curculionídeo são muito maiores em áreas com cobertura (JONES, 1986; PRICE, 1993; WALLACE, 1938). Ainda, de acordo com Rukazambuga et al. (2002), a densidade de adultos do moleque-da-bananeira foi de 1,8 a 2,3 vezes maior em parcelas com restos culturais em relação à áreas onde são feitos os tratos culturais. Os autores inferiram que as áreas com cobertura fornecem um hábitat mais favorável para adultos de *C. sordidus*, pois esses são fortemente hidrofílicos (GOLD et al., 2002) e, desse modo, as condições de umidade do solo superiores em função da cobertura contribuiu para o aumento da longevidade e estabilidade, resultando em uma imigração de adultos provenientes de áreas sem cobertura (RUKAZAMBUGA et al., 2002).

Em relação ao presente estudo, os dados disponíveis ainda não são conclusivos, pois outros fatores também podem ter contribuído para a ineficiência dos tratamentos na redução populacional de *S. levis*, incluindo o alto nível de infestação inicial, a baixa mobilidade e o longo ciclo biológico do inseto. Portanto, uma possível redução na densidade populacional poderia ser observada na safra subsequente e, assim, seria possível definir se realmente houve efeito do manejo da palha na ocorrência do bicudo. Apesar de ser uma prática que vem sendo utilizada nos sistemas de produção de cana-de-açúcar, esse é o primeiro estudo que reporta o efeito do manejo da palha entre as linhas de plantio de cana sobre a população de *S. levis*.

4.3.5 Concentração e viabilidade de conídios de *B. bassiana* – experimento Raízen

O fungo utilizado no experimento apresentou concentração corrigida de 1×10^{11} conídios g^{-1} e 90% de viabilidade, sendo adequados para aplicação em laboratório e campo. A viabilidade dos conídios não foi reduzida antes da aplicação, de acordo com análise das amostras de calda coletadas do bico de pulverização, no entanto, nas amostras coletadas após a aplicação, a viabilidade dos conídios foi reduzida para 88%.

4.3.6 Eficácia de *B. bassiana* no controle de *S. levis* em cana-de-açúcar – experimento Raízen

Os níveis de infestação de *S. levis* não diferiram antes da aplicação dos tratamentos, sugerindo que não houve diferença inicial entre as parcelas (Tabela 9).

No entanto, os resultados indicaram que não houve diferença significativa na densidade populacional de adultos antes da aplicação e aos 15, 30 e 45 dias após a aplicação dos tratamentos (Tabela 10).

Ainda, os níveis de infestação do bicudo na soqueira também não diferiram 50 dias após a aplicação (Tabela 11). Assim como o fungo, o inseticida sintético lambda-cialotrina + tiametoxam (Engeo Pleno[®]) também não foi eficaz na redução populacional do bicudo no período avaliado.

Tabela 9 - Níveis de infestação de *S. levis* antes da aplicação dos tratamentos na área experimental da Raízen – Unidade Costa Pinto

Tratamento	Nível de infestação ¹				
	Total de colmos	Colmos atacados	Larvas	Pupas	Adultos
1x10 ¹² conídios ha ⁻¹	15,60 ± 1,69 a	2,80 ± 1,07 a	0,20 ± 0,20 a	0,20 ± 0,20 a	0,20 ± 0,20 a
5x10 ¹² conídios ha ⁻¹	14,00 ± 1,82 a	1,40 ± 0,24 a	0,20 ± 0,20 a	0,40 ± 0,40 a	0,00 ± 0,00 a
1x10 ¹³ conídios ha ⁻¹	16,00 ± 2,17 a	1,00 ± 0,55 a	0,20 ± 0,20 a	0,20 ± 0,20 a	0,20 ± 0,20 a
lambda-cialotrina + tiametoxam	17,80 ± 1,77 a	3,60 ± 0,98 a	0,60 ± 0,40 a	0,80 ± 0,37 a	0,40 ± 0,40 a
Controle (água)	13,60 ± 1,57 a	1,60 ± 0,68 a	0,40 ± 0,24 a	0,20 ± 0,20 a	0,00 ± 0,00 a
F	0,863	2,007	0,471	0,810	0,583
g.l.	4, 20	4, 20	4, 20	4, 20	4, 20
Valor de p	0,503	0,132	0,757	0,534	0,678

¹Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente (GLM com distribuição quase-Poisson, seguido por *post hoc* teste de Tukey, p<0,05).

Tabela 10 - Densidade populacional de adultos de *S. levis* antes da aplicação dos tratamentos (inicial) e aos 15, 30 e 45 dias após aplicação

Tratamento	Número médio de adultos ¹			
	Inicial	15 DAA	30 DAA	45 DAA
1x10 ¹² conídios ha ⁻¹	0,40 ± 0,24 a	1,60 ± 0,24 a	0,40 ± 0,24 a	1,40 ± 0,75 a
5x10 ¹² conídios ha ⁻¹	0,40 ± 0,40 a	0,24 ± 0,24 a	0,20 ± 0,20 a	0,80 ± 0,58 a
1x10 ¹³ conídios ha ⁻¹	0,20 ± 0,20 a	2,00 ± 0,63 a	1,40 ± 0,68 a	2,20 ± 0,49 a
lambda-cialotrina + tiametoxam	1,20 ± 0,58 a	1,00 ± 0,45 a	0,40 ± 0,40 a	0,80 ± 0,58 a
Controle (água)	0,20 ± 0,20 a	2,40 ± 0,75 a	0,20 ± 0,20 a	1,20 ± 0,49 a
F	1,344	0,924	1,658	0,965
g.l.	4, 20	4, 20	4, 20	4, 20
Valor de p	0,289	0,470	0,199	0,448

¹Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente (GLM com distribuição quase-Poisson, seguido por *post hoc* teste de Tukey, p<0,05).

Tabela 11 - Níveis de infestação de *S. levis* após a aplicação dos tratamentos na área experimental da Raízen – Unidade Costa Pinto

Tratamento	Nível de infestação ¹				
	Total de colmos	Colmos atacados	Larvas	Pupas	Adultos
1x10 ¹² conídios ha ⁻¹	18,60 ± 0,93 a	2,80 ± 0,58 a	0,20 ± 0,20 a	0,00 ± 0,00 a	0,20 ± 0,20 a
5x10 ¹² conídios ha ⁻¹	18,20 ± 1,59 a	2,60 ± 0,51 a	0,40 ± 0,24 a	0,00 ± 0,00 a	0,00 ± 0,00 a
1x10 ¹³ conídios ha ⁻¹	19,60 ± 0,93 a	3,80 ± 0,37 a	0,20 ± 0,20 a	0,20 ± 0,20 a	0,20 ± 0,20 a
lambda-cialotrina + tiametoxam	18,40 ± 1,57 a	2,80 ± 0,80 a	0,00 ± 0,00 a	0,00 ± 0,07 a	0,40 ± 0,40 a
Controle (água)	19,20 ± 1,28 a	3,40 ± 0,81 a	0,20 ± 0,20 a	0,00 ± 0,00 a	0,00 ± 0,00 a
F	0,203	0,618	0,556	0,812	1,000
g.l.	4, 20	4, 20	4, 20	4, 20	4, 20
Valor de p	0,934	0,655	0,697	0,554	0,431

¹Médias seguidas de mesma letra, nas colunas, não diferem significativamente (GLM com distribuição quase-Poisson, seguido por *post hoc* teste de Tukey, p<0,05).

Assim como no experimento realizado na Usina Iracema, acredita-se que um dos principais fatores que pode ter influenciado na ineficácia do fungo foi o clima extremamente seco e quente desde a primeira avaliação em 28/08/2014 e aplicação em 10/09/2014, até a última avaliação no dia 29/10/2014, pois como mencionado anteriormente, os patógenos quando expostos às condições naturais de campo são altamente afetados por fatores climáticos, sobretudo pela umidade e radiação solar, principalmente o raio-ultravioleta (UV). Além do clima seco e quente, o ambiente de produção “E” da área experimental, segundo critérios adotados pela empresa, também pode ter contribuído para a obtenção de resultados negativos. Esse ambiente de produção caracteriza-se por apresentar um baixo potencial de produtividade, inferior a 80 ton cana ha⁻¹ em quatro cortes (BENEDINI; BERTOLANI, 2008), baixa disponibilidade hídrica e baixos níveis de matéria-orgânica, os dois últimos desfavoráveis à esporulação de fungos.

As concentrações aplicadas, em ambos os experimentos com fungo pode não ter sido também a mais adequada para o controle do bicudo, sendo necessários mais estudos para ajustar a dose ideal. Além disso, os adultos são muito resistentes às condições adversas e, por isso, provavelmente seja necessária mais de uma aplicação para causar mortalidade.

Em outros estudos, Villani et al. (1994) reportaram que insetos que vivem no solo têm evoluído maneiras de evitar doenças infecciosas, dentre os quais, adultos do besouro japonês, *Popillia japonica* Newman, 1841 (Coleoptera: Scarabaeidae) evitaram solos que continham altas concentrações de *Metarhizium anisopliae* (Metchinikoff) Sorokin (Hypocreales: Clavicipitaceae) em até 20 dias após a aplicação, pois aplicações de partículas de micélio no solo afetaram o comportamento de larvas e adultos do besouro pela presença de metabólitos bioativos como quitinases, proteases (St. LEGER et al., 1993) e entomotoxinas (ROBERTS, 1981), capazes de induzir uma resposta de evasão em insetos. Sendo assim, esse trabalho pode ajudar a explicar resultados inconsistentes que ocorrem, com frequência, quando fungos entomopatogênicos são utilizados em campo para o controle de insetos que vivem no solo. No caso de *S. levis*, são necessários estudos para determinar se há algum efeito repelente ou uma mudança no comportamento que pode levá-los a evitar o solo tratado com *B. bassiana*.

Além disso, outro elemento envolvido, tanto em relação ao fungo quanto ao inseticida, que precisa ser rapidamente melhorado para que o controle do bicudo

seja efetivo é a tecnologia de aplicação. O implemento foi desenvolvido para aplicação dentro da linha da soqueira de cana-de-açúcar, mas, em grande parte do processo de aplicação o bico não atingiu esse interior da linha, devido à falhas no espaçamento de plantio e, muitas vezes a aplicação atingiu as entrelinhas e sobre a palha que foi desenleirada, impedindo a exposição da praga ao fungo e/ou inseticida. Ainda, em função do curto período de tempo para a realização desse experimento, a aplicação também não foi realizada no melhor momento (2ª quinzena de agosto), uma vez que, de acordo com produtores, a decisão de controle ocorre no primeiro pico da população de adultos do bicudo em novembro. Diante disso, são necessários mais estudos e esforços por parte das unidades produtoras de cana-de-açúcar para o ajuste dessas questões que estão impedindo o manejo efetivo do bicudo da cana-de-açúcar.

Ainda, o sucesso limitado do controle químico de *S. levis* deixa clara a necessidade de estabelecimento de alternativas mais eficazes, que respeitem o ambiente e a saúde humana e que sejam economicamente mais rentáveis. Tais alternativas incluem o uso de agentes de controle microbiano (McCOY et al., 2000; QUINTELA; McCOY, 1997; SABBOUR; SAHAB, 2005), que são ambientalmente seguros, seletivos, específicos e facilmente biodegradáveis (LALITHA et al., 2012).

A realização do controle microbiano de *S. levis*, por meio das táticas de conservação e incremento e do controle biológico aplicado trata-se de uma realidade que precisa ser explorada no Brasil. No entanto, ao se utilizar um inimigo natural em um programa de controle biológico, é fundamental considerar a sua eficiência, bem como seus pontos positivos e negativos.

Quanto aos benefícios, esses são ambientalmente adequados e seguros aos organismos não-alvo e ao homem; são responsáveis pela redução de resíduos de pesticidas em alimentos e meio ambiente; aumentam a ação dos inimigos naturais e da biodiversidade, em geral. Quanto às desvantagens, deve-se considerar, sobretudo, a persistência no ambiente; o fato de ser uma forma de controle mais lenta; a especificidade e o custo, em geral, mais elevado em relação aos agroquímicos.

Desse modo, o aumento na utilização de agentes microbianos dependerá do aumento da virulência do patógeno e da velocidade para causar mortalidade; do aumento do desempenho; maior eficiência na produção e melhorias na formulação, que proporcionem resistência às condições adversas como a radiação UV e, com

isso, a maior persistência no ambiente, facilidade na aplicação e tempo de prateleira mais longo. Entretanto, nada disso será suficiente, se não houver uma melhor compreensão da importância desses agentes em programas de MIP, de profissionais treinados com conhecimentos sobre sua dinâmica populacional, técnicas de monitoramento e controle nos diferentes sistemas de cultivo e, sobretudo, da credibilidade e aceitação pelos produtores.

No que diz respeito à *S. levis*, de fato, nenhum agente de controle microbiano sozinho levará ao seu manejo sustentável, mas torna-se cada vez mais um componente essencial, cujos atributos têm sido amplamente valorizados, sendo responsável pelo controle significativo e seletivo e, é esperado que o sinergismo dessa estratégia com outros métodos de controle sejam eficientes e promovam o manejo integrado sustentável de *S. levis* no Brasil.

4.4 Conclusões

Com base nos resultados obtidos na presente pesquisa, pôde-se concluir que:

- 1) O manejo da palha entre as linhas de cana-de-açúcar (desenleiramento e enleiramento) não reduz a densidade populacional de *S. levis* em locais com elevado histórico de infestação;
- 2) São necessários mais estudos para ajustar a dose de *B. bassiana* adequada e eficaz no controle de *S. levis*.

Referências

- ALVES, S.B. Fungos entomopatogênicos. In.: ALVES, S.B. (Ed.). **Controle Microbiano de Insetos**, 2. ed. Piracicaba: FEALQ, 1998. cap 11., p. 289-381.
- ALVES, S.B.; LECUONA, R.E. Epizootiologia aplicada ao controle microbiano de insetos. In.: ALVES, S.B. (Ed.). **Controle Microbiano de Insetos**, 2.ed. Piracicaba: FEALQ, 1998. cap 5., p. 97-170.
- ARRIGONI, E.B. New pests of the new system. **Revista Opiniões**, Ribeirão Preto, v. 28, p. 65-67, 2011.
- BADILLA, F.F.; ALVES, S.B. Controle do gorgulho da cana-de-açúcar *Sphenophorus levis* VAURIE, 1978 (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) com *Beauveria bassiana*

em condições de laboratório e campo. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 20, n. 2, p. 251-263, 1991.

BARTLETT, M.S. Properties of sufficiency and statistical tests. **Proceedings of the Royal Society of London**, Série A, London, v. 160, s/n, p. 268-282, 1937.

BENEDINI, M.S.; BERTOLANI, F.C. Carta de Solos e Ambientes de Produção. **Revista Coplana**, Piracicaba, v. 24, p. 24-25, 2008.

DEMÉTRIO, C.G.B.; HINDE, J. Half-normal plots and overdispersion. **Glim Newsletter**, Oxford, v. 27, p.19-26, 1997.

DINARDO-MIRANDA, L.L. Ocorrência de *Sphenophorus levis* em 2000. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 19, p. 26, 2000.

DINARDO-MIRANDA, L.L. O papel da retirada da palha no manejo da cigarrinha-das-raízes. **STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 20, p. 23, 2002.

DINARDO-MIRANDA, L.L. **Cigarrinha-das-Raízes em cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2003. 70p.

DINARDO-MIRANDA, L.L. Pests and the green sugarcane scenario. **Revista Opiniões**, Ribeirão Preto, v. 28, p. 62-64, 2011.

DINARDO-MIRANDA, L.L.; FRACASSO, J.V. Sugarcane straw and the populations of pests and nematodes. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 70, n. 5, p. 305-310, 2013.

EL-SUFTY, R.; AL-AWASH, S.A.; AL-ALMIRI, A.; SHAHDAD, A.; AL-BATHRA, A.; MUSA, S.A. Biological control of the Red Palm Weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* (Col.: Curculionidae) by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* in United Arab Emirates. **ISHS Acta Horticulturae: 3rd INTERNATIONAL DATE PALM CONFERENCE**, Abu Dhabi, UAE, v. 736, p. 399-404, 2007.

GOLD, C.S.; KAGEZI, G.H.; NEMEYE, P.; RAGAMA, P.E. Density effects of the banana weevil *Cosmopolites sordidus* (Germar) on its oviposition performance and egg and larval survivorship. **Insect Science and its Application**, Nairobi, v. 22, n. 3, p. 205-213, 2002.

GONZÁLEZ, G.M.T.; POSADA, F.F.J.; BUSTILLO, P.A.E. Desarrollo de um bioensayo para evaluar la patogenicidad de *Beauveria bassiana* sobre *Hypothenemus hampei*. **Cenicafé**, Chinchiná, v. 44, n. 3, p.93-102, 1993.

GUAGLIUMI, P. **Pragas da cana-de-açúcar**: Nordeste do Brasil. Rio de Janeiro: Instituto do Açúcar e do Álcool - IAA, 1973. 622p.

GÜERRI-AGULLÓ, B.; GÓMEZ-VIDAL, S.; ASENSIO, L.; BARRANCO, P.; LOPEZ-LLORCA, L.V. Infection of the Red Palm Weevil (*Rhynchophorus ferrugineus*) by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*: A SEM study. **Microscopy Research and Technique**, New York, v. 73, n. 7, p. 714-725, 2010.

GÜERRI-AGULLÓ, B.; LÓPEZ-FOLLANA, R.; ASENSIO, L.; BARRANCO, P.; LOPEZ-LLORCA, L.V. Use of a solid formulation of *Beauveria bassiana* for biocontrol of the red palm weevil (*Rhynchophorus ferrugineus*) (Coleoptera: Dryophthoridae) under field conditions in SE Spain. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 94, n. 4, p. 737-747, 2011.

HALL, R.A.; PAPIEROK, B. Fungi as biological control agents of arthropods of agricultural and medical importance. **Journal of Parasitology**, Lawrence, v. 84, p. 205-240, 1982.

HINDE, J.; DEMÉTRIO, C.G.B. Overdispersion: Models and estimation. **Computational Statistics & Data Analysis**, Amsterdam, v. 27, n. 2, p. 151-170, 1998.

JAMES, R.R.; CROFT, B.A.; SHAFFER, B.T.; LIGHTHART, B. Impact of temperature and humidity on host-pathogen interactions between *Beauveria bassiana* and a coccinellidae. **Environmental Entomology**, College Park, v. 27, n. 6, p. 1506-1513, 1998.

JIMÉNEZ-GÓMEZ, J. Patogenicidad de diferentes aislamientos de *Beauveria bassiana* sobre la broca del café. **Cenicafé**, Chinchiná, v. 43, n. 3, p. 84-98, 1992.

JONES, M.T. Pests and diseases of bananas and plantains of Trinidad and Tobago. **Journal of the Agricultural Society of Trinidad and Tobago**, Trinidad e Tobago, v. 86, p. 18-33, 1986.

LALITHA, C.; MURALIKRISHNA, T.; SRAVANI, S.; DEVAKI, K. Laboratory evaluation of native *Bacillus thuringiensis* isolates against second and third instar *Helicoverpa armigera* (Hubner) larvae. **Journal of Biopesticides**, Andhra Pradesh, v. 5, n. 1, p. 4-9, 2012.

McCOY, C. W.; SHAPIRO, W.D.I.; DUCAN, L.W. Application and Evaluation of Entomopathogens for Citrus Pest Control. In: LACY, L.A.; KAYA, H.K. (Ed.) **Field Manual of Techniques in Invertebrate Pathology**: Application and Evaluation of Pathogens for Control of Insects and other Invertebrate Pests. 2. ed. Dordrecht: Springer, 2000. cap. 13, p. 567-582.

MENDONÇA, A.F. **Pragas da Cana-de-Açúcar**. Maceió: Insetos e Cia, 1996. 239p.

NANKINGA, C.M.; MOORE, D. Reduction of Banana Weevil Populations Using Different Formulations of the Entomopathogenic Fungus *Beauveria bassiana*. **Biocontrol Science and Technology**, Oxford, v. 10, n. 5, p. 645-657, 2000.

NELDER, J.; WEDDERBURN, R.W.M. Generalized linear models. **Journal of the Royal Statistical Society**, London, v. 135, n. 3, p. 370-384, 1972.

OLIVEIRA, F.Q.; MALAQUIAS, J.B.; FERREIRA, L.L.; RIBEIRO, T.S.; PEREIRA, A.I.A. Efficacy of molasses and *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuill on the control of *Cosmopolites sorditus* Germar, 1824. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 7, n. 2, p. 127-132, 2010.

POSADA, F.J.; VEGA, F.E. A new method to evaluate the biocontrol potencial of single spore isolates of fungal entomopathogens. **Journal of Insect Science**, Madison, v. 5, n. 37, p. 1-10, 2005.

PRECETTI, A.A.C.M.; ARRIGONI, E.B. **Aspectos bioecológicos e controle do besouro *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar**. São Paulo: COPERSUCAR, 1990. 15p.

PRICE, N.S. Preliminary weevil trapping studies in Cameroon. In.: GOLD, C.S.; GEMMILL, B. (Ed.). **Biological and integrated control of highland banana and plantain pests and diseases**. Cotonou: Proceedings of a Research Coordination Meeting, 1993. p. 57–67.

QUINTELA, E.D.; MCCOY, C.W. Effect of imidacloprid on development locomotory response and survival of first instars of *Diaprepes abbreviatus*. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v. 90, n. 4, p. 988-995, 1997.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna: R foundation for statistical computing, 2012. 1706p.

RIPOLI, T.C.C.; RIPOLI, M.L.C. Palhico como fonte de energia. In.: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008. cap. 36, p. 791-806.

ROBERTS, D.W. Toxins of entomopathogenic fungi. In.: BURGESS, H.D. (Ed.). **Microbial Control of Pests and Plant Disease 1970-1980**. London: Academic Press, 1981. cap. 23. p. 441-464.

ROBERTSON, L.N.; WEBSTER, D.E. Strategies for managing cane weevil borer. **Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologists**, Queensland, v. 17, p. 83–87, 1995.

RUKAZAMBUGA, N.D.T.M.; GOLD, C.S.; GOWEN, S.R.; RAGAMA, P. The influence of crop management on banana weevil, *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae) populations and yield of highland cooking banana (cv. Atwalira) in Uganda. **Bulletin of Entomological Research**, London, v. 92, n. 5, 413-421, 2002.

SABBOUR, M.M.; SAHAB, A.F. Efficacy of some microbial control agents against cabbage pest in Egypt. **Pakistan Journal of Biological Sciences**, Faisalabad, v. 8, n. 10, p. 1351-1356, 2005.

SEWIFY G.H.; BELAL M.H.; AL-AWASH S.A. Use of entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* for the biological control of the red palm weevil, *Rhynchophorus ferrugineus* Olivier. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, Guiza, v. 19, n. 1, p. 157-163, 2009.

SHAPIRO, S.S.; WILK, M.B. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**, London, v. 52, n. 3-4, p. 591-611, 1965.

St. LEGER, R.J.; STAPLES, R.C.; ROBERTS, D.W. Entomopathogenic isolates of *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* and *Aspergillus Xavus* produce multiple extracellular chitinase isozymes. **Journal of Invertebrate Pathology**, San Diego, v. 55, p. 417-427, 1993.

VARELA, A.; MORALES, E. Characterization of some *Beauveria bassiana* isolates and their virulence toward the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*. **Journal of Invertebrate Pathology**, San Diego, v. 67, n. 2, p. 147-152, 1996.

VILLANI, M.G.; KRUEGER, S.R.; SCHROEDER, P.C.; CONSOLIE, F.; CONSOLIE, N.H.; PRESTON-WILSEY, L.M.; ROBERTS, D.W. Soil application effects of *Metarhizium anisopliae* on Japanese Beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) behavior and survival in turfgrass microcosms. **Environmental Entomology**, College Park, v. 23, n. 2, p. 502-513, 1994.

WALLACE, C.R. Measurement of beetle borer migration in banana plantations. **Journal of the Australian Institute of Agricultural Science**, Canberra, v. 4, n. 4, p. 215–219, 1938.