

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

MANEJO DA PALHA ASSOCIADA À APLICAÇÃO DE INSETICIDA NO
CONTROLE DE *SPHENOPHORUS LEVIS* (COLEOPTERA:
CURCULIONIDAE) EM CANA-DE-AÇÚCAR

LUIZ EDUARDO DE OLIVEIRA DIAS

JABOTICABAL– SP
2º Semestre/2023

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

MANEJO DA PALHA ASSOCIADA À APLICAÇÃO DE INSETICIDA NO
CONTROLE DE *SPHENOPHORUS LEVIS* (COLEOPTERA:
CURCULIONIDAE) EM CANA-DE-AÇÚCAR

LUIZ EDUARDO DE OLIVEIRA DIAS

Orientador: Dr. Odair Aparecido Fernandes

Coorientador: Me. João Rafael Silva Soares

Trabalho apresentado à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de
Jaboticabal, para graduação em
ENGENHARIA AGRÔNOMICA.

JABOTICABAL– SP
2º Semestre/2023

D541m	Dias, Luiz Eduardo de Oliveira Manejo da palha associada à aplicação de inseticida no controle de <i>Sphenophorus levis</i> (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar / Luiz Eduardo de Oliveira Dias. -- Jaboticabal, 2023 41 p. : tabs., fotos Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Engenharia Agrônômica) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientador: Odair Aparecido Fernandes Coorientador: João Rafael Silva Soares 1. Bicudo-da-cana. 2. Bioecologia. 3. Controle cultural. 4. Manejo Integrado de Pragas. I. Título.
-------	---



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus Jaboticabal



LUIZ EDUARDO DE OLIVEIRA DIAS

MANEJO DA PALHA ASSOCIADA À APLICAÇÃO DE INSETICIDA NO
CONTROLE DE *SPHENOPHORUS LEVIS* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)
EM CANA-DE-AÇÚCAR

Trabalho de Iniciação Científica apresentado à Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.

Orientador: Prof. Dr. Odair Aparecido Fernandes

Coorientador: Me. João Rafael Silva Soares

Área de Concentração: Entomologia Agrícola

Data da defesa: 04/setembro/2023

(X) Aprovado

() Reprovado

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Odair Aparecido Fernandes

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Prof. Dr. Daniel Junior de Andrade

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Dra. Juliana Livia Vieira

UNESP – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Campus de Jaboticabal

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 29/10/2025 "Ad referendum"

Prof. Dr. Daniel Junior de Andrade
Chefe do Departamento

DEDICO

Primeiramente, à Natureza.

Não haveria sentido na luta, estudo, dedicação e amor doado. Para que no fim, nos formemos em um curso voltado à natureza e não retribuamos coisa alguma para aquela que nos enche de inspiração, reflexão e vida.

Aos meus pais.

Aos meus queridos pais, Luiz Fernando e Ivany Maura, meus grandes tutores da vida. Que com o tempo, têm se tornado grandes amigos. Espero brilhar algum dia, tal como vocês têm brilhado para mim a vida toda.

A minha querida irmã.

À Ana Carolina, que tanto me conhece e na mesma proporção, me faz falta. Éramos felizes e não sabíamos.

A minha companheira de vida.

À “Cookies”, minha amada namorada Beatriz Garcia Lázaro, “aquela que traz felicidade”. Juntos somos mais fortes, mas isso sempre soubemos.

Aos meus amigos da Turma LXXII de Engenharia Agrônômica.

Aos tantos amigos de turma que fiz durante esse tempo. À turma do “Rolezin” Aline Travassos Cardoso; Ana Júlia Florêncio; Gislaine Ferreira Barbosa; Luís Miguel da Costa; Júlia de Paula Cau; Tainah Inoue e Vitor Adriano Benedito, que me amparou em momentos tão difíceis.

Aos meus mestres.

Ao meu querido mestre Dr. Odair Aparecido Fernandes, que me acolheu como filho, tal como João Rafael Silva Soares me acolheu como irmão. Grandes amigos que a vida me deu. Essa vitória também é de vocês.

A minha segunda casa, a República Alambique.

A vocês! Sempre ficarão em meu coração. Espero poder acompanhar a trajetória tão peculiar, mas cheia de sucesso, que cada um de vocês trilha.

AGRADECIMENTOS

Sou grato à vida. Viver é construir laços e não fazemos isso sozinhos. Sou eternamente grato àqueles que acreditaram em meu potencial e me incentivaram de alguma maneira a continuar seguindo e batalhando pelos meus sonhos. Sou grato aos que me acolheram, aos que me ensinaram a justiça e os gestos de bondade, aos que me propuseram desafios para que eu pudesse superá-los, aos que notavam meus pedidos de ajuda e também àqueles que me arrancaram sorrisos sinceros. O sonho de finalizar o ensino superior já está se tornando realidade e isso só está sendo possível graças a cada um que de alguma maneira contribuiu ao me doar um pouco de atenção.

À minha família: meus amados pais, Luiz Fernando e Ivany Maura, minha irmã Ana Carolina; minhas avós, Dona Neide e Dona Regina, e meus tios Andréa e Paulo. Pelo apoio, incentivo, investimento e interesse em minha formação e área de pesquisa. A fagulha da ciência em minha vida partiu de vocês.

À minha amada namorada, Beatriz, por todo o amor que tem transbordado em minha vida, seja na forma de carinho ou me ajudando com as correções deste trabalho.

À equipe do Laboratório de Ecologia Aplicada (Apecolab), Alex, André, Cibele, Sabrina, Vinicius, Gabriela, João Rafael, Luís Augusto, Marina, Thaynara e Yasmin, que me ensinaram e me deram tantas oportunidades, sempre acreditando no meu trabalho.

Ao CNPq, pela concessão da bolsa de iniciação científica.

Ao CEPENFITO, pela oportunidade de poder fazer a diferença para o setor sucroenergético.

À Usina São Martinho, pelo apoio, disponibilidade e confiança depositados.

Por fim, um agradecimento especial aos meus queridos mestres Me. João Rafael Silva Soares, que me acolheu como irmão e ao Dr. Odair Aparecido Fernandes, que me acolheu como filho e me ensinou como o esforço, a humildade e o amor por ensinar, constroem um verdadeiro cientista.

SUMÁRIO

RESUMO.....	VIII
ABSTRACT.....	IX
1. INTRODUÇÃO	10
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	13
2.1. Cana-de-açúcar	13
2.2. <i>Sphenophorus levis</i> , o bicudo-da-cana-de-açúcar	15
2.2.1. Distribuição geográfica e biologia do <i>S. levis</i>	15
2.2.2. Danos causados por <i>S. levis</i>	16
2.2.3. Métodos de controle para <i>S. levis</i>	18
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	21
3.1. Descrição da área experimental.....	21
3.2. Desenho experimental: tratamentos e amostragens	21
3.3. Análise estatística	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
5. CONCLUSÃO	34
REFERÊNCIAS.....	35

RESUMO

O setor sucroenergético enfrenta regularmente desafios significativos relacionados à eficiente gestão de pragas e doenças. Um desses desafios é o bicudo-da-cana, *Sphenophorus levis* Vaurie 1978, cujo controle é baseado no uso de inseticidas aplicados no corte de soqueira, sem a movimentação da palhada da cana-de-açúcar. Neste estudo foi avaliado como o manejo da palhada e a aplicação de inseticidas em duas modalidades diferentes afetam o controle do bicudo-da-cana. Para isto, o experimento foi conduzido em uma área comercial de cana-de-açúcar com infestação natural da praga. Os tratamentos adotados incluíram a ausência de remoção da palha, a sua remoção total, o enleiramento da mesma na entrelinha e a aplicação de inseticida (lambda-cialotrina + tiametoxam), no corte de soqueira e via “*drench*”, ambos com a palha enleirada. Em cada um destes tratamentos, as diferentes formas biológicas (larvas, pupas e adultos) e o grau de injúria (proporção de colmos atacados) causada pelo *S. levis*, foram acessados em três pontos aleatórios por parcela. Nestes pontos, foi feita a abertura de uma trincheira (0,5 x 0,5 x 0,3 m) na linha da cultura para a observação nos rizomas. As avaliações foram realizadas antes da aplicação dos tratamentos e após 30, 65, 93, 128, 156 e 186 dias. Não foi observada a redução no número das formas biológicas entre os tratamentos em cada data de avaliação. No entanto, foram observadas reduções na proporção de colmos atacados nos tratamentos de remoção total da palhada e de palha enleirada na entrelinha com aplicação de inseticida via *drench* após 65 dias, e no tratamento palha enleirada na entrelinha após 186 dias. Portanto, as diferentes estratégias de manejo da palhada associadas às duas modalidades de aplicação do inseticida não proporcionaram controle satisfatório do inseto-praga.

Palavras-chave: bicudo-da-cana, bioecologia, controle cultural, Manejo Integrado de Pragas.

ABSTRACT

The sugar-energy sector regularly faces significant challenges related to the efficient pests and diseases management. One of these challenges is the sugarcane weevil, *Sphenophorus levis* Vaurie 1978, which the control is based on the use of insecticides applied through cane stump cutting, without the movement of the sugarcane straw. This study evaluated how straw management and the application of insecticides in two different modalities affect the control of the sugarcane billbug. For that, the experiment was conducted in a commercial sugarcane area with a natural infestation of the pest. The adopted treatments included absence of straw removal, its total removal, straw windrowing in the interrow and the insecticide application (lambda-cyhalothrin + thiamethoxam) during stump cutting and via "drench", both with the straw windrowed. In each of these treatments, the different biological forms (larvae, pupae, and adults) and the level of damage (proportion of attacked stalk caused by *S. levis*, were accessed in three random points selected per plot. In these points, a trench (0.5 x 0.5 x 0.3 m) was opened along the crop line for observation of the rhizomes. The evaluations were carried out before treatment application and at 30, 65, 93, 128, 156, and 186 after it. There was no reduction in the number of biological forms among the treatments on each evaluation date. However, reductions in the proportion of attacked stalk were observed in the total straw removal and straw windrowing in the interrow with insecticide application via drench treatments after 65 days, and in the straw windrowing in the interrow treatment after 186 days. Therefore, the different straw management strategies associated with the two application methods of the insecticide did not provide satisfactory control of the pest.

Keywords: bioecology, cultural control, Integrated Pest Management, sugarcane weevil.

1. INTRODUÇÃO

Em programas de Manejo Integrado de Pragas (MIP) as táticas de controle são utilizadas para reduzir a população de pragas a níveis que não causem prejuízo econômico (Peterson et al., 2018). As perdas econômicas decorrentes do ataque de insetos fitófagos podem ser prevenidas ou reduzidas por meio da implementação de práticas eficazes de proteção à cultura (Higley & Pedigo, 1996). Estas estratégias dependem do conhecimento sobre os aspectos bioecológicos da espécie praga, além da disponibilidade, eficácia e custo dos métodos de controle, bem como da disposição dos agricultores e consultores em adotá-las (Dara, 2019).

O controle cultural é uma das táticas mais simples de serem adotadas, embora seja negligenciado por agricultores (Latora et al., 2022). Ao contrário do controle químico, o controle cultural é de natureza preventiva, ou seja, são planejados e empregados antes da ocorrência da praga na cultura (Barzman et al., 2015). Esta característica preventiva é alcançada através da criação de um ambiente menos favorável para a reprodução e sobrevivência de pragas, manipulando algum componente do agroecossistema como solo, insumos externos, plantas associadas ou a própria cultura (Dara, 2019). Desta forma, o manejo por meio de práticas culturais consiste na manipulação de componentes atuais ou novos do agroecossistema com o menor custo possível para reduzir os danos causados pelas pragas a níveis não econômicos.

Nas últimas décadas, o setor sucroalcooleiro brasileiro substituiu a queima manual de pré-colheita por um sistema de colheita mecanizada (Bordonal et al., 2018). Consequentemente, quantidades significativas de palhada são mantidas na superfície do solo. A palha da cana-de-açúcar fornece

múltiplos serviços ecossistêmicos, tais como o aumento do acúmulo de carbono sequestrado, reciclagem de nutrientes, manutenção da umidade do solo, aumento das atividades biológicas e redução da compactação do solo (Santos et al., 2015; Bordonal et al., 2018). Entretanto, a queima da palha era uma estratégia profilática de redução da incidência de pragas de solo nos canaviais (Dinardo-Miranda & Fracasso, 2013).

Dentre as pragas favorecidas pela manutenção da palhada no solo está o bicudo-da-cana, *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) (Dinardo-Miranda & Fracasso, 2013), que recentemente tornou-se praga-chave da cana-de-açúcar crua, podendo provocar perdas de produtividade próximas a 30 t ha⁻¹ (Casteliani et al., 2020). As larvas de *S. levis* broqueiam o rizoma das touceiras, provocando o amarelecimento progressivo dos perfilhos e podem levar as plantas à morte. Este ataque reduz o diâmetro, o comprimento e o número de colmos, principalmente em épocas secas do ano, propiciando falhas nas rebrotas, que diminuem a longevidade e a produtividade do canavial (Alencar, 2016).

Neste contexto de aumento da importância de *S. levis* como praga-chave na cana-de-açúcar, relatos apontam que o afastamento da palha na linha de plantio potencialmente reduziria a incidência do ataque das pragas de solo. A palhada pode servir como abrigo contra inimigos naturais e constitui um microclima ideal (temperatura e umidade) para a sobrevivência de *S. levis*. Castro et al. (2019) avaliaram o impacto de quatro taxas de remoção de palhada em área total sobre a população do bicudo-da-cana, verificando que a remoção de palha não afetou a densidade populacional da praga, mas reduziu os danos em plantas de cana-de-açúcar em solos argilosos. No entanto, ainda não foi

elucidado o efeito da remoção total da palha na linha de na população e nos danos do bicudo-da-cana. Desta forma, a hipótese deste trabalho é que a retirada de palha, mesmo que seja apenas na linha de cultivo, reduziria a disponibilidade de abrigo para a praga. Deste modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da palha e dos tratamentos químicos na incidência do bicudo da cana-de-açúcar.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum* sp. L.) é uma planta semiperene, cujo centro de origem é a Ásia Meridional (Miranda, 2008), que pertence à família das gramíneas (Poaceae) e compreende diversas espécies: *Saccharum officinarum*, *S. spontaneum*, *S. sinense*, *S. barberi*, *S. robustum* e *S. edule* (Moraes et al., 2015). Entretanto as cultivares atuais de cana-de-açúcar são, em realidade, híbridos interespecíficos (Embrapa, 2015). Além do melhoramento genético, diversos avanços tecnológicos tanto na produção quanto na indústria, propiciaram que a cultura tenha se tornado a principal fonte para a produção de açúcar e se destaque na produção de energia, etanol e fibras (Barbosa et al., 2012; Moraes et al., 2015).

O Brasil se evidencia como o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, ultrapassando 8,2 milhões de hectares de área plantada e 610,1 milhões de toneladas de produção estimada (Conab, 2023). Em 2022, a produção nacional teve um crescimento de 5,4% em comparação à safra anterior, sendo que o estado de São Paulo foi responsável por cerca de 50% do montante nacional (Conab, 2023). Em 2020, o valor da produção agrícola do país atingiu R\$ 470,5 bilhões, com a cultura da cana-de-açúcar tendo participação de R\$ 60,8 bilhões, representando 12,9% deste total (IBGE, 2021). A cadeia produtiva da cana-de-açúcar é segmentada e as principais atividades são a produção da matéria-prima e a geração de importantes produtos para a economia nacional, especialmente o açúcar e o etanol (Silva, 2019). Bacchi e Caldarelli (2015) destacam a relevância do setor sucroalcooleiro para o Brasil e apontam, especificamente

para o estado de São Paulo, cuja população residente nas proximidades das unidades produtoras de cana-de-açúcar obtém ganhos em renda e emprego.

A produtividade média nacional em 2022/23 está estimada em 73,6 ton.ha⁻¹, ou seja, 6,1% superior à obtida na temporada 2021/22 (CONAB, 2023). Embora o Brasil se destaque em volume de produção, ainda é ultrapassado por países como China (77,2 ton.ha⁻¹), Índia (80,1 ton.ha⁻¹) e Estados Unidos (78,3 ton.ha⁻¹), em valores de produtividade (Atlas Big, 2023). Uma das possíveis razões para esta menor produtividade é devido à condução da cultura em sistema de monocultura extensiva. A cana-de-açúcar em clima tropical está vulnerável a diversos estresses abióticos e bióticos, o que inclui doenças fitopatogênicas e insetos-praga, ocasionando problemas fitossanitários que interferem na qualidade e quantidade da produção de açúcar e etanol (Putra et al., 2014; Zhai et al., 2015; Nikpay et al., 2016; Wang et al., 2019).

Uma grande variedade de insetos alimenta-se da cana-de-açúcar, entre eles a broca-da-cana-de-açúcar *Diatraea saccharalis* Fabricius, 1794 (Lepidoptera: Crambidae), o besouro-da-raiz *Migdolus fryanus* Westwood, 1893 (Coleoptera: Vesperidae), a cigarrinha-das-raízes *Mahanarva fimbriolata* Stal, 1854 e *Mahanarva posticata* Stal, 1855 (Homoptera, Cercopidae), a cochonilha rosada da cana-de-açúcar *Saccharicoccus sacchari* Cockerell, 1895 (Hemiptera: Pseudococcidae) e o bicudo da cana-de-açúcar *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae). Esses insetos causam um impacto significativo para a economia do setor sucroalcooleiro (Leslie, 2007; Triana, 2019; Monteiro et al., 2019; Atencio et al., 2021).

2.2. *Sphenophorus levis*, o bicudo-da-cana-de-açúcar

2.2.1. Distribuição geográfica e biologia do *S. levis*

Sphenophorus levis é um besouro curculionídeo, apontado como praga primária da cana-de-açúcar desde o final da década de 1970. Foi descrito em 1978 e encontrado pela primeira vez em áreas canavieiras do estado de São Paulo (Precetti e Arrigoni, 1990). Atualmente este inseto está amplamente distribuído nas principais regiões produtoras de cana-de-açúcar dos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Mato Grosso e Goiás (Giometti et al., 2011; Moraes; Ávila, 2013; Dinardo-Miranda, 2014; Garcia, 2016).

Os adultos podem ser encontrados próximos aos rizomas no solo ou caminhando sob a palhada. Apresentam coloração que varia do castanho-escuro ao marrom com manchas pretas no dorso do tórax e listras longitudinais sobre os élitros (Degaspari et al., 1987). A fêmea possui comprimento entre 10,5 a 13,3 mm, enquanto o macho possui de 7,7 a 11,2 mm, além de ter a região ventral mais pilosa, principalmente, na coxa dianteira, que lhe atribui um aspecto esponjoso (Degaspari et al., 1987; Vaurie, 1978; Wadt, 2016).

O ciclo biológico de *S. levis*, em condições de laboratório (27 a 30°C e fotofase de 12 horas), varia de 58 a 307 dias, sendo em média de 173,4 dias, possibilita até cinco gerações da praga durante o ano. Sabe-se ainda que ocorrem picos populacionais de adultos durante os períodos mais chuvosos do ano, entre fevereiro e março, enquanto o pico populacional das formas biológicas imaturas (larvas e pupas) ocorre entre os meses de junho e julho, períodos mais secos do ano (Degaspari et al., 1987; Precetti e Arrigoni, 1990; Alencar, 2016).

Segundo Barreto-Triana (2009), o acasalamento ocorre em qualquer horário do dia e principalmente quando os adultos estão no período entre os 21 a 35 dias após a emergência. Decorrida a cópula, as fêmeas perfuram os tecidos do rizoma e na base das brotações, situadas abaixo ou ao nível do solo, inserem ovos em uma profundidade de até 4 mm no interior dos colmos. A capacidade média de postura por fêmea é de 40 ovos, podendo chegar a 70, dos quais 75% são depositados na primeira metade da sua vida (Degaspari et al., 1987). Os ovos eclodem de sete a doze dias após a postura da fêmea. Em média o período larval dura 50 dias e a fase pupal cerca de 10 dias (Precetti; Terán, 1983).

O bicudo-da-cana é um inseto com hábitos noturnos, pouco ágil e adota como estratégia de defesa a tanatose, comportamento este em que simula estar morto quando manipulado (Gallo et al., 2002; Precetti e Arrigoni, 1990). Além disso, sua movimentação caracteriza-se pelo caminhar em curtas distâncias e consequentemente, a sua distribuição é em reboleiras (Precetti; Arrigoni, 1990; Pavlu, 2012; Izeppi, 2015; De Castilho, 2022).

2.2.2. Danos causados por *S. levis*

Durante os 50 dias em que o inseto permanece em estágio larval, ele se alimenta da base do interior dos colmos, o que acarreta o amarelecimento das folhas, que evolui para o secamento e morte dos perfilhos. A injúria do inseto pode levar à morte das touceiras, promovendo danos indiretos como o aumento do número de plantas invasoras que competem com a cultura (Degaspari et al., 1987; Almeida, 2005).

Devido a maior densidade populacional, os sintomas de ataque do bicudo-da-cana são mais frequentes nos meses mais secos do ano, podendo ser

confundidos com estresse hídrico, fitotoxicidade causada por herbicidas e até mesmo aplicação de vinhaça em excesso. Diante disso, reforça-se a necessidade de verificar a presença de larvas na base dos colmos e no sistema radicular, por meio de amostragens, para confirmar o dano causado pelo inseto (Precetti e Arrigoni, 1990; Garcia; Botelho, 2016).

Os danos causados por *S. levis* podem levar a uma perda média de 33% da produtividade (Dinardo-Miranda; Fracasso, 2010). Em alguns locais têm-se observado reduções de 20 a 30 toneladas ha/ano, ao se observar de 50 a 60% de perfilhos atacados. Esses danos são refletidos na redução do número, tamanho e diâmetro dos colmos (Dinardo-Miranda; Fracasso, 2013; Garcia; Botelho, 2016). Estima-se que a presença do inseto danificando 1% dos rizomas resulta em uma diminuição de aproximadamente 0,32% no peso dos colmos antes da colheita. Além disso, é observada uma diminuição de cerca de 0,68% no número de brotações que surgem nos rizomas após a colheita dos colmos, acarretando uma perda total de aproximadamente 0,92% a partir do primeiro corte (Casteliani, 2020).

Em áreas com alta incidência de infestação é recomendável realizar a reforma antecipada dos canaviais devido à redução na longevidade das soqueiras, que contribui significativamente para o aumento dos custos de produção (Campanhola; Bettiol, 2003). Este cenário reforça a necessidade de se realizarem práticas antecipadas de monitoramento e controle eficiente, inseridas no manejo integrado de pragas, objetivando a redução populacional do inseto (Peterson, 2018).

2.2.3. Métodos de controle para *S. levis*

Segundo os preceitos do MIP, é necessário ter conhecimento do nível de dano econômico de *S. levis* para implementar as táticas de controle. Segundo Xavier (2020), o índice é atingido em cana-de-açúcar em cultivos de sequeiro quando há 5,93% de tocos atacados. Porém, como os estudos sobre o nível de controle de *S. levis* ainda são insipientes, na prática, cada unidade produtora utiliza o próprio critério para a adoção dos métodos de controle, considerando fatores como o nível de infestação da praga, idade do canavial, custo de controle, disponibilidade do defensivo, entre outros (Izeppi, 2015).

2.2.3.1. Controle químico

O controle químico do bicudo-da-cana envolve o uso de inseticidas sintéticos com aplicações preventivas distribuídas em dois principais momentos da cultura. O primeiro é a aplicação no sulco de plantio e o segundo no corte de soqueira, na qual o inseticida é aplicado diretamente no sulco de 5 a 10 cm de profundidade promovido pelo disco de corte do implemento (Precetti e Arrigoni, 1990; Leite et al., 2005; Evangelista et al., 2017).

Outra maneira de se aplicar o controle químico é a utilização de iscas tóxicas com inseticidas, visando o controle de insetos adultos em campo. Esta prática foi mais difundida nas décadas de 1980 e 1990, porém deixou de ser utilizada em larga escala em consequência do alto custo com mão-de-obra, sendo atualmente mais restrita a viveiros de mudas e no monitoramento da praga (Girón-Pérez et al., 2009; Pavlu, 2012). Atualmente existem dezenove inseticidas sintéticos registrados para o controle do bicudo da cana-de-açúcar, sendo as

modalidades de uso para aplicação direta no sulco de plantio (cana planta) e no corte de soqueira (cana soca) (Agrofit, 2023).

2.2.3.2. Controle biológico

Considerando o controle biológico de *S. levis*, os principais agentes de controle são os fungos entomopatogênicos *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuil. e *Metarhizium anisopliae* (Metsch) Sorok (Gallo et al., 2002; LI, 2010; Giometti, 2011; Batista Filho, 2016). Esses microorganismos infectam o inseto por meio do contato com o tegumento e, desse modo, funcionam de forma semelhante a inseticidas de contato (Xiao et al., 2012).

Uma das formas de se utilizar os fungos para o controle da praga é a inoculação em iscas confeccionadas com toletes de cana seccionadas longitudinalmente. Segundo Badilla e Alves (1991), estudos realizados em campo, utilizando iscas com tolete de cana inoculadas com o fungo *B. bassiana*, apresentaram até 92% de mortalidade de adultos. Os fungos, de maneira geral, podem ser utilizados de forma isolada (Canassa, 2014) ou associados a inseticidas (Custódio et al., 2017; Smaniotto, 2019).

O controle ainda pode ser realizado com nematóides entomopatogênicos (NEP's) (Simi, 2014). Os NEP's dos gêneros *Steinernema* sp. e *Heterorhabditis* sp. se destacam no controle de *S. levis*, penetrando o tegumento dos insetos e em seguida liberando na hemolinfa bactérias simbiotes do gênero *Xenorhabdus* sp., as quais produzem toxinas e matam o hospedeiro por septicemia (Dolinski, 2006; Leite et al., 2005; Ansari, 2008; Leite et al. 2012; Dinardo-Miranda, 2014).

2.2.3.3. Controle cultural

A principal medida de controle cultural recomendada para *S. levis* consiste no uso do equipamento Eliminador Mecânico de Soqueira (EMS) em áreas afetadas, durante a reforma de canavial (Precetti; Arrigoni, 1990). A prática tem a finalidade de impedir que os adultos ataquem os novos brotos em formação e deve ser realizada preferencialmente nos períodos de pico populacional das fases imaturas (de junho a setembro), a fim de expor a possíveis predadores as larvas e pupas localizadas no solo (Precetti; Arrigoni, 1990; Dinardo-Miranda, 2005; Almeida, 2020).

Após a destruição de soqueiras deve-se, por pelo menos três meses, manter a área livre de plantas hospedeiras ou não-hospedeiras, que possam estabelecer uma condição favorável para o abrigo dos adultos da praga. Aqui se destacam gramíneas de retorno econômico, principalmente o milho (*Zea mays*), tendo em vista que já foi relatado a presença de *S. levis* nesta cultura (Precetti; Arrigoni, 1990; Gallo et al., 2002) ou gramíneas infestantes tais como a grama-seda (*Cynodon dactylon*), o capim-colchão (*Digitaria horizontalis*) e o capim-marmelada (*Brachiaria plantaginea*) (Almeida, 2020).

Outra estratégia que visa a redução do risco de introdução do inseto em áreas livres de infestação é a execução de limpeza cuidadosa de todos os implementos e máquinas, evitando o transporte das formas biológicas desta praga (Almeida, 2020).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Descrição da área experimental

O experimento foi conduzido em talhões comerciais de cana-de-açúcar na região de Ribeirão Preto, São Paulo, Brasil, durante o período de outubro de 2022 a junho de 2023. A área experimental compreendia 1,26 hectares, cultivados com a variedade CT02-2994, de 2º para 3º corte, em latossolo vermelho. As práticas agrícolas nessas áreas foram mantidas, com exceção das táticas para o controle de *S. levis*.

3.2. Desenho experimental: tratamentos e amostragens

Como *S. levis* possui um padrão de distribuição agregado nas áreas de cultivo, foi realizada a amostragem preliminar da população do inseto para escolher uma área com histórico de infestação e assim, estabelecer blocos de parcelas com níveis de infestação semelhantes. Esta amostragem foi realizada em 28 de outubro de 2022 e, para tanto, foram avaliadas cinco soqueiras de cana-de-açúcar por parcela. A soqueira foi retirada com o auxílio de enxadão e o número total de tocos atacados e de larvas, pupas e adultos foram registrados. A partir disso, determinou-se cinco níveis diferentes de infestação para a alocação dos blocos, adotando-se, assim, o delineamento de blocos casualizados, com cinco repetições por tratamento.

Os tratamentos testados foram os seguintes: a) sem remoção da palha; b) remoção total da palha; c) palha enleirada na entrelinha; d) palha enleirada na entrelinha com aplicação de inseticida via *drench* e e) palha enleirada na entrelinha com aplicação de inseticida em corte de soqueira. Cada parcela tinha

25 m de comprimento por 18 m de largura, consistindo em 12 linhas de cana-de-açúcar no espaçamento simples de 1,5 metros, com uma área total de 450 m².

A aplicação dos tratamentos foi realizada entre os dias 15 e 21 de dezembro de 2022 (Figura 1), pois a operação de movimentação da palhada foi realizada manualmente com o uso de forcados retos, enxadões e enxadas.

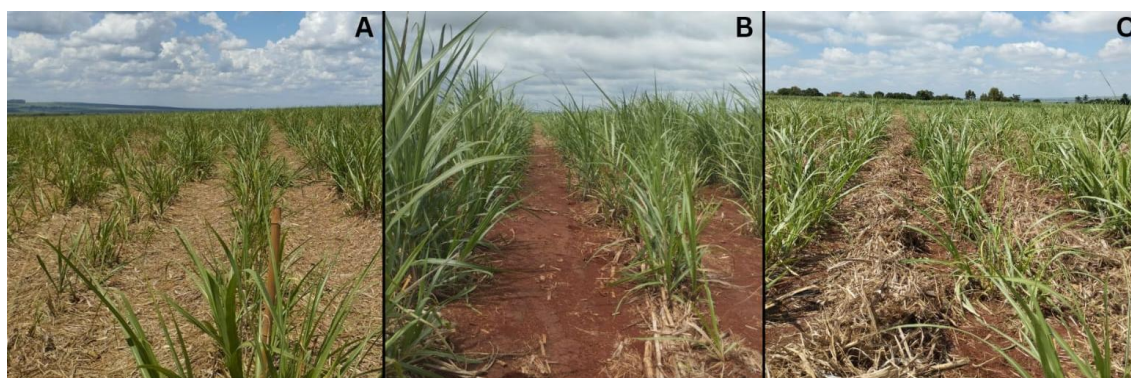


Figura 1. Estratégias de manejo de palha adotados no experimento. A) parcela sem remoção da palha (controle); B) parcela com remoção total da palha e C) parcela com palha enleirada na entrelinha de cana-de-açúcar.

As aplicações de inseticida foram realizadas em 21 de dezembro de 2022 utilizando-se lambda-cialotrina (212 g i.a. ha⁻¹) e tiametoxam (282 g i.a. ha⁻¹) na dosagem de 2 L p.c. ha⁻¹ (Engeo Pleno®, Syngenta Proteção de Cultivos Ltda, São Paulo, SP). O produto utilizado é classificado como inseticida sistêmico com efeito de contato e via ingestão, pertencente aos grupos químicos neonicotinoide e piretróide, respectivamente (Agrofit, 2023).

Os procedimentos para aplicação do produto seguiram os padrões de funcionamento para áreas comerciais de cana-de-açúcar. Para a aplicação do tratamento de inseticida no corte de soqueira foi utilizado um trator acoplado ao implemento cortador de soqueiras. Este equipamento consiste em um aplicador de inseticida com reservatório de 300 L, com 4 discos de corte, que seccionam as soqueiras verticalmente e bicos que aplicam o produto no centro e região

circundante ao corte. A taxa de aplicação adotada foi de 222 L. ha⁻¹. Em contrapartida, a aplicação do tratamento de inseticida via “*drench*” foi realizada diretamente no solo direcionando os jatos na projeção abaixo da copa da planta. Para isso, foi utilizado um trator engatado a um pulverizador com reservatório de 300 L, com a taxa de aplicação de 222 L ha⁻¹. A data, o horário e os principais elementos climáticos durante os procedimentos de aplicação inseticida encontram-se listados na Tabela 1 e os custos operacionais para se realizarem estas operações em campo estão expressos na Tabela 2.

Tabela 1. Data, horário e condições dos principais elementos climáticos durante a aplicação.

Data	Horário		Temperatura (°C)	UR(%)	Vento (m/s)
	Início	Fim			
21/12/2022	14:55	15:15	25,8	61	1,8

Tabela 2. Custos das práticas operacionais realizadas no experimento.

Prática operacional		Enleiramento	Aplicação de inseticida em corte de soqueira	Aplicação de inseticida via <i>drench</i>
Máquina	Descrição	Trator 100 cv	Trator 100 cv	Trator 100 cv
	Custo (R\$/h)	111,25	111,25	111,25
Implemento	Descrição	Enleirador	Cortador de soqueira e pulverizador	Pulverizador
	Custo (R\$/h)	14,02	62,04	34,51
	Custo (R\$/h)	125,27	285,05	145,76
Operação	Rendimento (h/ha)	0,26	0,45	0,6
	Custo (R\$/h)	32,57	128,25	87,46
	Custo (R\$/h)			
Insumo	Descrição	-	Engeo Pleno	Engeo Pleno
	Custo (R\$/L)	-	389	389
	Dose p.c. (L/ha)	-	2	2
	Custo (R\$/ha)	-	778	778
Custo total (R\$/ha)		32,57	906,25	865,46

Fonte: Adaptado de ASSOCANA (2023).

O levantamento populacional do bicudo e dos seus danos foi realizado mensalmente entre os dias 20 de janeiro de 2023 a 28 de junho de 2023, totalizando seis amostragens. Este levantamento se procedeu conforme Alencar (2016), onde cada ponto amostral consistiu em uma touceira de cana-de-açúcar (Figura 5a), retirada manualmente com o uso de um enxadão, ao abrir-se uma trincheira de 0,5 x 0,5 x 0,3 m. Em seguida, houve a quantificação das formas biológicas, ou seja, larvas, pupas e adultos (Figura 5b) e das injúrias causadas pelo bicudo (Figura 5c), através do seccionamento longitudinal dos perfilhos com o uso de um facão. Os perfilhos que apresentaram injúrias causadas por *S. levis* foram denominados tocos atacados.

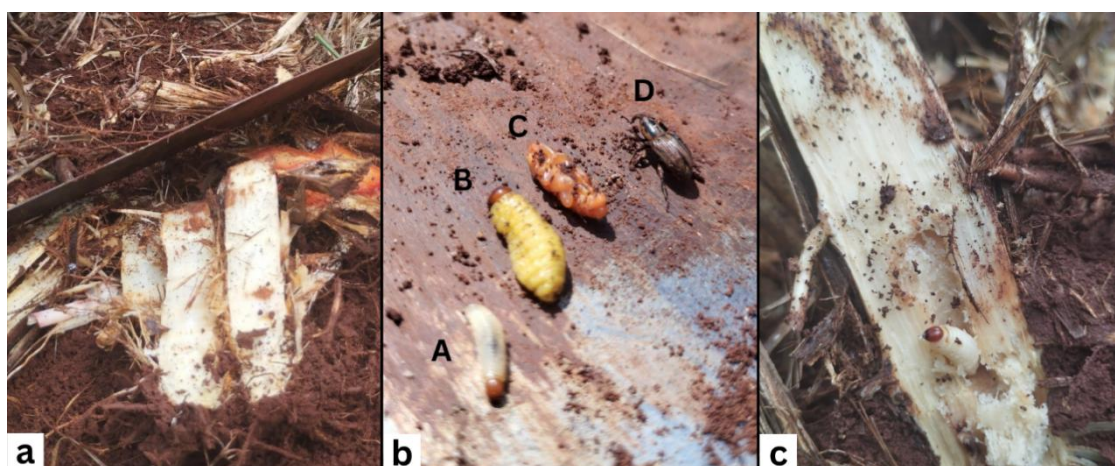


Figura 2. Detalhes da amostragem de *S. levis*. A) amostra de touceira de cana-de-açúcar após corte longitudinal do colmo; B) formas biológicas de *S. levis* encontrados em amostras, sendo a) larva de 2º- 3º Instar; B) larva de 4º- 5º Instar; c) pupa e d) adulto; e C) colmo de cana-de-açúcar atacado por larva de *S. levis* (toco atacado).

3.3. Análise estatística

As informações coletadas a partir das três amostras de cada parcela foram agrupadas para a determinação da proporção média de tocos atacados e a soma das formas biológicas encontradas. Em seguida, os dados foram submetidos a modelos lineares generalizados mistos (GLMM) pelo pacote "glmmTMB" v. 1.1.7 no software R v. 4.1.1. (R CORE TEAM, 2021).

Os tratamentos considerados no estudo (sem remoção da palha; remoção total da palha; palha enleirada na entrelinha; palha enleirada na entrelinha com aplicação de inseticida em corte de soqueira e palha enleirada na entrelinha com aplicação de inseticida via *drench*), a data de avaliação e as possíveis interações entre as variáveis foram considerados no modelo para entender o efeito do manejo da palha e das estratégias de aplicação do inseticida químico na redução da população e da injúria do inseto.

A proporção de tocos atacados e a soma das formas biológicas encontradas foram ajustadas com as famílias de distribuição “Tweedie” e “Poisson” respectivamente, com checagem do ajuste (sub ou sobredispersão, normalidade e homogeneidade das variâncias) no pacote “DHARMA” v. 0.4.5. Por se tratar de medidas repetidas no tempo, considerando uma mesma parcela/bloco, a identificação de cada bloco foi considerada como efeito aleatório. Os modelos foram ajustados com efeito aditivo e interativo dos fatores, com a seleção do melhor modelo via teste de razão de verossimilhança (LRT). A significância dos fatores foi verificada aplicando-se o teste de Wald tipo 3. Quando foi detectada significância, o teste Tukey ao nível de 5% foi adotado para a comparação das médias dos tratamentos em cada data de avaliação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na avaliação prévia não houve diferença significativa entre os tratamentos em relação à infestação de *S. levis* (Tabela 3 e Figura 3), indicando que o estabelecimento de blocos contendo parcelas com níveis de infestações semelhantes foi adequado para o delineamento experimental de praga de solo com distribuição agregada. Além disso, não houve diferenças significativas observadas entre os tratamentos (Tabela 3) e nas avaliações realizadas aos 30,

65, 93, 128, 156 e 186 dias após a respectiva aplicação (DAT) (Figura 3). De forma semelhante, Castro et al. (2019) constataram que o manejo da palha sob diferentes taxas de remoção não influenciou a incidência de *S. levis* em oito experimentos de campo em solo argiloso.

Tabela 3. Resultado do Teste de Wald para o modelo GLMM com distribuição Poisson para a contagem de formas biológicas (soma de larvas, pupas e adultos).

Fonte de variação	X ²	gl	p
Tratamentos	3,56	4	0,62
Data de avaliação	46,52	6	2,33*10 ⁻¹²
Tratamento*Data de avaliação	28,09	24	0,26

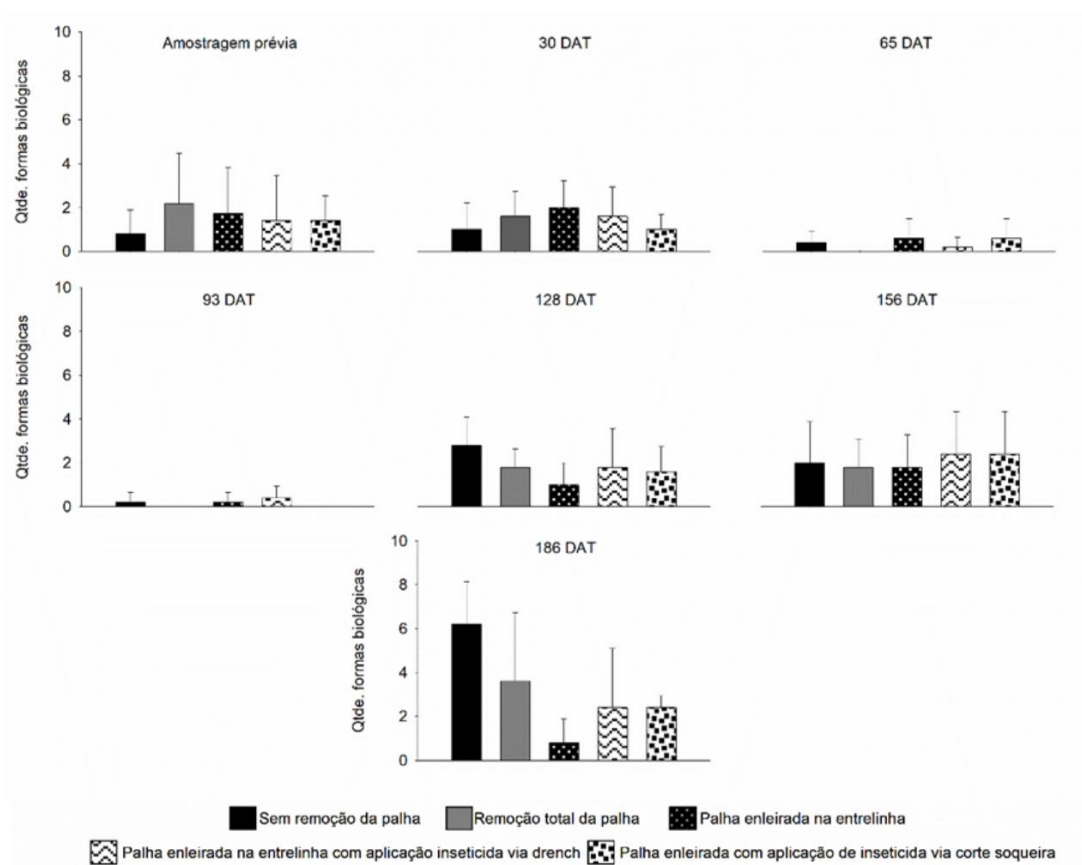


Figura 3. Número médio das formas biológicas (soma de larvas, pupas e adultos) de *S. levis* por touceira, representada pelas colunas nos diferentes tratamentos na amostragem prévia, 30, 65, 93, 128, 156 e 186 Dias Após o Tratamento (DAT).

Curiosamente, a partir dos 93 DAT, a quantidade de formas biológicas no tratamento em que a palha foi enleirada na entrelinha foi inferior quando

comparada aos tratamentos submetidos à aplicação de inseticida, tanto na aplicação realizada com corte de soqueira como via *drench*. É possível, todavia, que haja perda de eficiência do inseticida em controlar a população da praga após esse período. Porém não há evidência estatística para afirmar que há diferença significativas entre os tratamentos.

A proporção de tocos atacados por *S. levis* na avaliação prévia também não se detectou diferença significativa entre os tratamentos, mais uma vez corroborando o adequado delineamento experimental em função da ocorrência agregada da praga. Para 65 e 93 DAT nota-se uma diminuição na proporção de tocos atacados para todos os tratamentos (Figura 8), com exceção do tratamento em que houve remoção total da palha. Entretanto, logo nas avaliações seguintes, ocorridas aos 156 e 186 DAT observou-se uma tendência geral de crescimento na proporção de tocos atacados. Esse resultado pode estar associado ao ciclo biológico do inseto, visto que essas avaliações foram realizadas entre abril e junho, período em que se concentra o pico populacional de larvas, forma biológica que causa a injúria na cana-de-açúcar (Degaspari et al., 1987; Precetti; Teran, 1983; Precetti; Arrigoni, 1990).

Considerando algumas datas de avaliação, alguns tratamentos apresentaram diferença significativa entre si (Tabela 4 e Figura 4) como é o caso da avaliação de 186 DAT entre o tratamento em que houve enleiramento na entrelinha e aquele em que não houve remoção da palha (testemunha), totalizando 16% e 53% de tocos atacados, respectivamente. De maneira similar, Castro et al. (2019) relataram níveis mais elevados de tocos atacados quando há aumento da quantidade de palha. Isso ocorre devido à maior retenção de umidade em solos argilosos sob a palhada, favorecendo a sobrevivência de

adultos e larvas de *S. levis* ao proporcionar um abrigo ideal ao inseto (Dinardo-Miranda, 2008). Todavia, a expectativa de que a remoção total da palha pudesse ser um fator importante para redução da população do inseto não foi confirmada.

Tabela 4. Resultado do Teste de Wald para o modelo GLMM com distribuição Tweedie para a variável resposta proporção de tocos atacados.

Fonte de variação	χ^2	GL	p
Tratamentos	1,09	4	0,90
Data de avaliação	65,28	6	$3.77 \cdot 10^{-12}$
Tratamento*Data de avaliação	56,22	24	0,00021

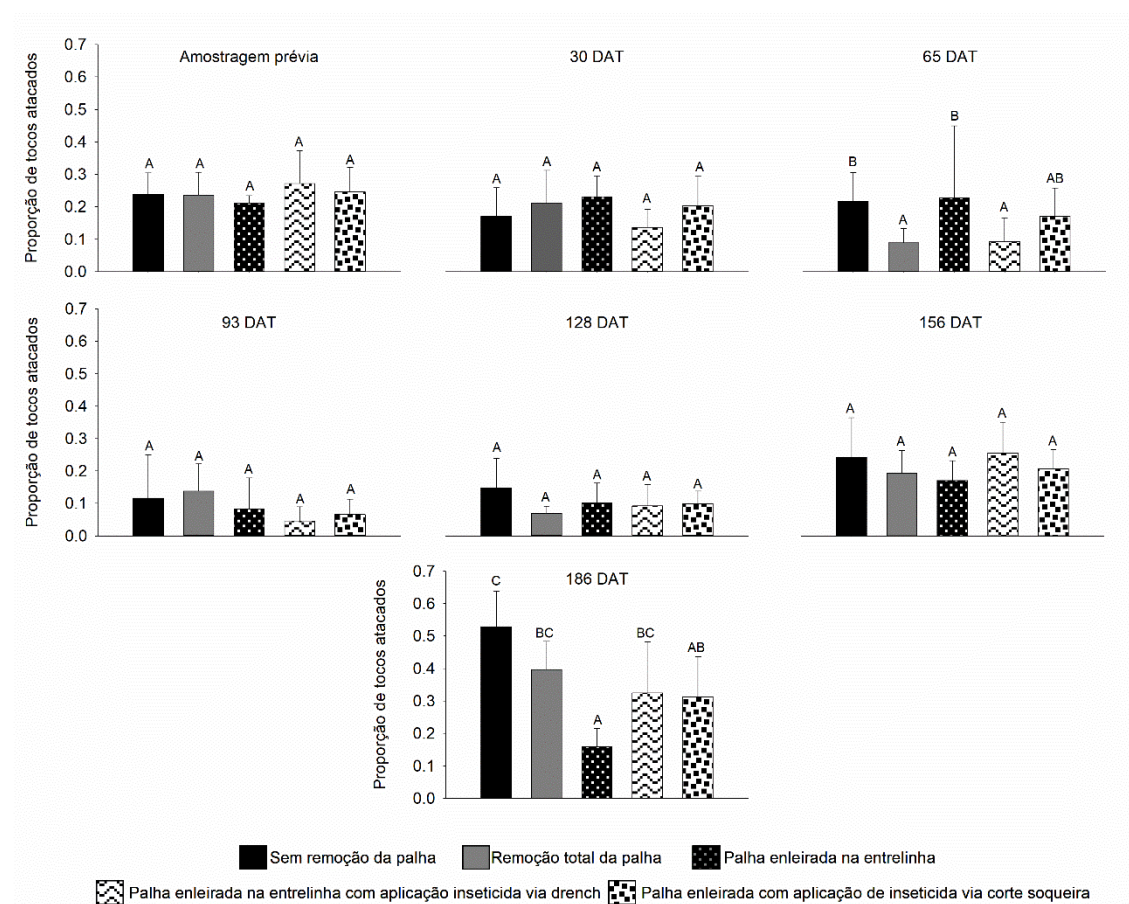


Figura 4. Proporção de tocos atacados por *S. levis* representada pelas colunas nos diferentes tratamentos na amostragem prévia, 30, 65, 93, 128, 156 e 186 Dias Após o Tratamento (DAT).

Apesar da quantidade de formas biológicas amostradas e da proporção de tocos atacados não demonstrarem indícios de alta eficiência dos tratamentos,

ainda é necessário analisar os parâmetros de produtividade e de qualidade do produto final. Esta avaliação deve ser realizada para que se tenha dados mais consistentes ao considerar a influência dos tratamentos no desenvolvimento da planta, visto que operações como o corte de soqueira caracterizam-se pela agressividade à cultura, afetando por exemplo, a longevidade do canavial (Dinardo-Miranda, 2014).

De um modo geral, os resultados desse estudo convergem para uma possível interferência na movimentação da palha no comportamento do *S. levis*. Fato este que pode estar associada à maior retenção de umidade no solo sob a palhada, que favorece a sobrevivência de adultos e larvas de *S. levis*, ao proporcionar um abrigo ideal ao inseto (Dinardo-Miranda, 2008). Ainda, conforme avaliado por Ferreira e Ferreira (2022), estes insetos possuem movimentação principalmente durante o período noturno. Portanto, a proteção à luz proporcionada pela palha deve favorecer a dispersão do inseto.

Acredita-se que a ausência das queimadas em áreas com a implementação da colheita mecanizada seja o principal fator que explicaria o aumento populacional da praga (Precetti; Arrigoni, 1990). Isso decorre, pois a ação do fogo era responsável pela redução das infestações de *S. levis* (Dinardo-Miranda, 2009; Dinardo-Miranda; Fracasso, 2013). Situação semelhante ao relatado em um estudo na Austrália, no qual o aumento do gorgulho da cana-de-açúcar *Rhabdoscelus obscurus* (Boisduval 1835) (Coleoptera: Curculionidae: Rhynchophorinae) também foi associado à transição para o sistema de colheita mecanizada. No sistema mecanizado há uma maior deposição de restos culturais em campo, que favorece a sobrevivência de adultos, proporcionando condições com umidade e temperatura ideais (Robertson; Webster, 1995). Já

em Uganda, observou-se que a densidade de *Cosmopolites sordidus* (Germar, 1824) (Coleoptera: Curculionidae), uma importante praga na cultura da banana, foi incrementada em 1,8 a 2,3 vezes em parcelas com maiores quantidades de restos culturais (Masanza, 2006).

Os tratamentos nos quais o inseticida foi adicionado, não apresentaram eficiência no controle de *S. levis*. Sabe-se que a mistura inseticida tiametoxam + lambda-cialotrina atua diretamente no sistema nervoso central e periférico dos insetos causando hiperexcitação e em seguida, morte (Davies et al., 2007; Simon-Delso et al., 2015). Porém, a baixa eficiência do controle químico reportada em *S. levis* tem sido atrelada ao hábito noturno e a baixa movimentação dos adultos, além do fato das formas imaturas ocorrerem em locais de difícil alcance dos produtos fitossanitários (Precetti; Arrigoni, 1990). Logo, a justificativa para a falta de êxito na utilização do produto pode estar na metodologia da tecnologia de aplicação, uma vez que é imprescindível que se conheça a biologia e o comportamento do alvo biológico a ser atingido para que o controle seja efetivo (Balan et al., 2012). Desta forma, embora o controle químico associado ao corte de soqueira seja bastante utilizado, a sua eficiência não foi aqui comprovada. Destaca-se ainda que o corte de soqueira pode comprometer o desenvolvimento da planta e, conseqüente, reduzir a sua produtividade (MORAIS, 2015). Assim, os resultados aqui obtidos corroboram para que esta estratégia seja revista.

Como foi relatado, os adultos de *S. levis* são mais ativos e caminham na superfície do solo durante a noite (Precetti, Arrigoni, 1990), o que justificaria a execução de aplicações noturnas para o controle da praga (Ferreira; Ferreira, 2022). Além disso, a utilização de inseticidas sólidos, que em geral, liberam

lentamente o ingrediente ativo, proporcionando efeitos residuais prolongados, aumentaria as chances de contato de *S. levis* com o produto em dose suficiente para matá-lo (Ferreira; Ferreira, 2022; Ferreira, 2022).

Em relação ao impacto do uso inadequado de produtos fitossanitários, deve-se entender que no agroecossistema da cana-de-açúcar não estão presentes apenas espécies que ameaçam a cultura, mas também uma diversidade de inimigos naturais, como parasitoides e predadores, que auxiliam na regulação das populações de insetos-praga (Pinto, 2006). Para os predadores, a exposição aos inseticidas causa diversos danos fisiológicos, o que afeta o comportamento, desenvolvimento, longevidade e fecundidade destes (Martínez et al. 2018; Martínez et al. 2019). Assim, se faz necessária a utilização consciente, racional e assertiva do controle químico, ou até mesmo adotar alternativas que não empreguem o uso de produtos que ameacem a preservação da entomofauna benéfica à produção da cana-de-açúcar. (Daufenback, 2022).

Estudos da avaliação do efeito de tiametoxam + lambda-cialotrina sobre agentes no controle biológico de *D. saccharalis*, outra praga-chave da cana-de-açúcar, demonstraram efeito deletério sobre os inimigos naturais. Ao avaliarem o efeito desse inseticida no parasitoide *Trichogramma galloi* Zucchi, 1988 (Hymenoptera: Trichogrammatidae), Costa et al. (2014) observaram efeitos transgeracionais expressivos após a exposição dos estágios ovo-larval, pré-pupal e pupal. De maneira semelhante, Narazaki (2019) observou redução de 100% do parasitismo após imersão dos ovos de *D. saccharalis* ao tiametoxam + lambda-cialotrina, além de mortalidade de quase 80% das fêmeas de *T. galloi*. Outro parasitoide de *D. saccharalis* também pode ser bastante afetado, como mostram Matioli, Zanardi e Yamamoto (2019), que observaram 100% de

mortalidade para o parasitoide *Cotesia flavipes* (Cameron 1891) (Hymenoptera: Braconidae) após a exposição de fêmeas recém-eclodias à uma superfície contaminada, apresentando efeito residual em até 30 DAT, com mortalidades de 30%. Dessa forma, a aplicação de produtos que não sejam seletivos, além de não controlar o bicudo-da-cana, ainda desfavorece o controle da broca, favorecendo surtos populacionais.

Até o momento, o impacto ambiental causado pelo mal uso de métodos de controle não é precisamente mensurado. Sobretudo, a ineficiência dos métodos de controle apresentados neste presente trabalho também revela a problemática financeira ao haver investimentos robustos destinados ao controle dessa praga. Com base nessa problemática, avaliou-se pTt

Tabela 5 – Custos operacionais das práticas de manejo adotadas para o manejo de *S. levis*.

Tratamento	Custo médio/ha
Enleiramento da palha na entrelinha	R\$ 32,57
Enleiramento da palha na entrelinha com aplicação de inseticida em corte de soqueira	R\$ 938,82
Enleiramento da palha na entrelinha com aplicação de inseticida via <i>drench</i>	R\$ 898,03

Fonte: Adaptado de ASSOCANA (2023).

Dificuldades no controle de *S. levis* têm sido relatadas pelos produtores. Nossos resultados comprovam que não houve eficiência no controle de *S. levis* em nenhum dos tratamentos adotados, agravando o dispêndio em insumos e em operações agrícolas. Estima-se que as áreas de cana-de-açúcar infestadas por *S. levis* no Brasil alcancem aproximadamente dois milhões de hectares (ROSA,2021), causando um severo impacto econômico para o setor sucroenergético. As perdas são estimadas em R\$ 1,65 bilhões anualmente, ao se considerar perdas de rendimento e custos com controle da praga (Arrigoni, 2017). Em função desse conhecimento, ressalta-se a necessidade de

investimentos para o desenvolvimento de pesquisas que busquem o controle eficiente de *S. levis*, adotando práticas que sejam economicamente viáveis e ambientalmente corretas, estando, dessa forma, alinhadas principalmente aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU. Não obstante, há a necessidade de melhor conhecimento de aspectos biológicos da espécie, de maneira a otimizar as ferramentas de controle e, conseqüentemente, a sua eficiência.

5. CONCLUSÃO

- A aplicação de tiametoxam + lambda-cialotrina associada ao enleiramento da palha não é eficiente no controle de *Sphenophorus levis*.

REFERÊNCIAS

- AGROFIT - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Consulta de Pragas e doenças**. Disponível em: https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 20 mai. 2023.
- ALENCAR, M. A. V. ***Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae): Caracterização macroscópica e determinação de inseticida e época de aplicação para controle**. Tese (Doutorado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2016.
- ALMEIDA, L. C. Bicudo da cana-de-açúcar. **Boletim técnico C.T.C** Piracicaba: Centro de Tecnologia Canavieira, p.1-3, 2005.
- ALMEIDA, L. C. **Monitoramento e controle do bicudo de cana-de-açúcar, *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978**. Curitiba, SENAR AR-PR., p.30, 2020.
- ANSARI, M. A.; SHAH, F. A.; BUTT, T. M. Combined use of entomopathogenic nematodes and *Metarhizium anisopliae* as a new approach for black vine weevil *Otiorhynchus sulcatus*, control. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 129, p. 340–347, 2008.
- ARRIGONI, E. B. Como avaliar a eficiência no controle de pragas. In: **13º Insectshow**. Grupo IDEA, Ribeirão Preto SP, Brasil, 2017.
- ATENCIO, V. R.; GOEBEL, F.; GUERRA, A.; NIKPAY, A.; COLLANTES, G. R. Manejo integrado de los barrenadores *Diatraea* spp., *Elasmopalpus lignosellus* y *Telchin licus* em caña de azúcar. **Revista Semilla Del Este**, n. 2, p.37-58, 2021
- ATLASBIG. **WORLD Sugarcane Production by Country**. Disponível em: <<https://www.atlasbig.com/en-us/countries-sugarcane-production>>. Acesso em: 20 de jul. de 2023.
- BACCHI, M. R. P.; CALDARELLI, C. E. Impactos socioeconômicos da expansão do setor sucroenergético no Estado de São Paulo, entre 2005 e 2009. **Nova Economia**, v. 25, n. 1, p. 209-224, 2015.
- BADILLA, F. F.; ALVES, S. B. Control del picudo de la caña de azúcar *Sphenophorus levis* Vaurie (Col.: Curculionidae) con *Beauveria bassiana* y *Beauveria brogniartii* en condiciones de laboratorio y campo. **Turrialba Volumen** 41, 1991.
- BALAN, M. G.; SAAB, O. J. G. A.; MACIEL, C. D. G.; OLIVEIRA, G. M. Diagnóstico e proposta de descrição metodológica para artigos técnico-científicos que tratam da avaliação de aplicações de herbicidas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.11, n.1, p.126-138, 2012.
- BARBOSA, M. H. P.; RESENDE, M. D. V.; DIAS, L. A. S.; BARBOSA, G. V. S.; DE OLIVEIRA, R. A.; PETERNELLI, L. A.; DAROS, E. Genetic improvement of sugar cane for bioenergy: the Brazilian experience in network research with RIDESA. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 12, p. 87-98, 2012.

BARRETO-TRIANA, N. D. C. **Comportamento sexual e reprodutivo de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar**. Tese (Doutorado em Ciências: Entomologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

BARZMAN, M.; BÀRBERI, P.; BIRCH, A. N. E.; BOONEKAMP, P.; DACHBRODT-SAAAYDEH, S. *et al.* Eight principles of integrated pest management, **Agronomy for Sustainable Development**, v. 35, n. 4, p. 1199-1215, 2015.

BATISTA FILHO, A. Controle biológico com fungos em cana-de-açúcar. In: **Desafios da pesquisa em controle biológico na agricultura no Estado de São Paulo**. Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP, São Paulo, Brasil. 2016

BORDONAL, R. O.; CARVALHO, J. L. N.; LAL, R.; FIGUEIREDO, E. B.; OLIVEIRA, B. G.; LA SCALA JR., N. Sustainability of sugarcane production in Brazil. A review, **Agronomy for Sustainable Development**, v. 38, n. 2, p. 1-23, 2018.

CAMPANHOLA, C.; BETTIOL, W. **Métodos alternativos de controle fitossanitário**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003.

CANASSA, F. **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: Curculion)**. Dissertação (Mestrado em Entomologia). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo, 2014

CASTELIANI, A.; FATIMA MARTINS, L.; MARINGOLI CARDOSO, J. F.; OLIVEIRA SILVA, M. S.; ABE DA SILVA, R. S. *et al.* Behavioral aspects of *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculionidae), damage to sugarcane and its natural infection by *Steinernema carpocapsae* (Nematoda: Rhabditidae), **Crop Protection**, v. 137, p. 105, 2020.

CASTILHO, V. T.; FERREIRA, C. P.; FERNANDES, O. A. Um olhar sobre a distribuição espaço-temporal de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae). **Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics**, v. 9, n. 1, 2022.

CASTRO, S. G. Q.; DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. V.; BORDONAL, R. O.; MENANDRO, L. M. S.; FRANCO, H. C. J.; CARVALHO, J. L. N. Changes in soil pest populations caused by sugarcane straw removal in Brazil, **BioEnergy Research**, v. 12, p. 1-10, 2019.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. Brasília, v. 10, n. 4 abril 2023. Disponível em: www.conab.gov.br. Acesso em: 10 mai. 2023.

COSTA, M. A.; MOSCARDINI, V. F.; COSTA GONTIJO, P.; CARVALHO, G. A., OLIVEIRA, R. L.; OLIVEIRA, H. N. Sublethal and transgenerational effects of insecticides in developing *Trichogramma galloi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae): toxicity of insecticides to *Trichogramma galloi*. **Ecotoxicology**, v. 23, n. 8, p. 1399-1408, 2014

CUSTÓDIO, H. H.; MARTINELLI, P. R. P.; SANTOS, L. S. Controle químico e biológico de *Sphenophorus levis* Vaurie (Coleoptera: Curculionidae) na cultura da cana-de-açúcar. **Entomología Mexicana**, Academia Entomológica de México & Sociedad Mexicana de Entomologia, v. 4, p. 331-337, 2017.

DARA, S. K. The new integrated pest management paradigm for the modern age, **Journal of Integrated Pest Management**, v. 10, n. 1, p. 1-9, 2019.

DAUFENBACK, V. et al. Agrotóxicos, desfechos em saúde e agroecologia no Brasil: uma revisão de escopo. **Saúde em Debate**, v. 46, p. 482-500, 2022.

DAVIES, T.G.E.; FIELD, L. M.; USHERWOOD, P.N.R.; WILLIAMSON, M.S. DDT, pyrethrins, pyrethroids and insect sodium channels. **IUBMB Life**, v. 59, p. 151-162, 2007.

DEGASPARI, N. et al. Biologia de *Sphenophorus levis* (Vaurie, 1978) (Coleoptera: Curculionidae), em dieta artificial e no campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 6, p. 553-558, 1987.

DINARDO-MIRANDA, L. L. *Sphenophorus levis* In: **Nematoides e pragas da cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2014. Cap. 7, p. 210-262.

DINARDO-MIRANDA, L. L. VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. Pragas. In: **Cana-de-açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, p. 349 – 404, 2008.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. V. Effect of insecticides applied at sugarcane planting on *Sphenophorus levis* Vaurie (Coleoptera; Curculionidae) control and on the yield of first two harvests. **Proceedings International Society of Sugar Cane Technology**, Boston, v. 27, p. 1-5, 2010.

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

DOLINSKI, CLAUDIA; MOINO JR, ALCIDES. Utilização de nematóides entomopatogênicos nativos ou exóticos: o perigo das introduções. **Nematologia Brasileira**, v. 30, n. 2, p. 139-149, 2006.

EVANGELISTA, E. F. D. et al. Controle químico de *Sphenophorus levis* Vaurie (Coleoptera: Curculionidae) na cultura da cana-de-açúcar. **Entomologia Mexicana**. Jaboticabal, 2017.

FERREIRA, P. H. U. **Effect of liquid and solid insecticide applications and insect behavior on *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) control in sugarcane**. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal. 2022.

FERREIRA, P. H. U.; FERREIRA, M. C. *Sphenophorus levis* behavior studies: evaluating insect attractiveness or repellency to one insecticide treatment and assessing nocturnal insect activity and location pattern. **Insects**. 2023.

GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, v. 10, p. 275-457, 2002.

GARCIA, J. F. **Manual de identificação de pragas da cana**. Campinas: FMC, p. 164-169, 2013.

GARCIA, J. F.; BOTELHO, P. S. M. Cana-de-açúcar: Desafios fitossanitários e Manejo sustentável. Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda, CRIAR/ **Boletim Técnico**, n. 4, p. 65-76, 2016.

GIOMETTI, F. H. C.; LEITE, L. G.; TAVARES, F. M.; SCHMIT, F. S.; BATISTA FILHO, A.; DELL'AACQUA, R. Virulência de nematóides entomopatogênicos (Nematoda: Rhabditida) a *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculionidae). **Bragantia** v. 70, n.1, p. 81-86, 2011.

GIRÓN-PÉREZ, K. et al. Atração de adultos de *Sphenophorus levis* Vaurie (Coleoptera: Curculionidae) a fragmentos vegetais em diferentes estados de conservação. **Neotropical Entomology**, v. 38, p. 842-846, 2009.

HIGLEY, L. G.; PEDIGO, L. P. **Economic thresholds for integrated pest management**. University of Nebraska Press, 1996.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Em setembro, IBGE prevê safra de 250,9 milhões de toneladas para 2021**. 2021. Disponível em: < <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-denoticias/releases/31826-em-setembro-ibge-preve-safra-de-250-9-milhoes-de-toneladas-para2021>>. Acesso em: 23 mai. 2023.

IZEPPI, T. S.; DIANARDO-MIRANDA, L. L.; ALENCAR, J. R. D. C. C.; BUSOLI, A. C.; BARBOSA, J. C. Distribuição espacial do dano de *Shenophorus levis* Vaurie (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar. In: **REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE PRAGAS DO SOLO, 13., 2013, Rondonópolis. Resumos...** Rondonópolis: Sociedade Entomológica do Brasil, 2013.

LATORA, A. G.; CODOD, C. B.; LEGARREA, S.; DUTTA, B.; KEMERAIT, R. C. et al. Combining cultural tactics and insecticides for the management of the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* MEAM1, and viruses in yellow squash, **Horticulturae**, v. 8, n. 4, p. 341, 2022.

LEITE, L. G. TAVARES F. M.; BOTELHO, P. S. M.; FILHO, A. B.; POLANCZYK, R. A.; SCHMIDT, F. S. Eficiência de nematoides entomopatogênicos e inseticidas químicos contra *Sphenophorus levis* e *Leucothyreus* sp. em cana-de-açúcar. **Pesquisa agropecuária tropical**, v. 42, p. 40-48, 2012.

LEITE, L. G.; FILHO, A. B.; TAVARES, F. M., GINARTE, C. M. A., ALMEIDA, L. C.; BOTELHO, P. S. M. Alternativa de controle: Bicudo da cana-de-açúcar. **Cultivar Grandes Culturas**, Pelotas, n. 83, 2005.

LESLIE, G. Pests of Sugarcane. In JAMES, G. **Sugarcane**, p. 78 – 100, 2004.

LI, Z.; ALVES, S. B.; ROBERTS, D. W.; FAN, M.; DELALIBERA JÚNIOR, I.; TANG, J.; LOPES, R. B.; FARIA, M.; RANGEL, D. E. N. Biological control of insects in Brazil and China: history, current programs and reasons for their successes using entomopathogenic fungi. **Biocontrol Sci Tech**, n. 20, p. 117-136, 2010.

MARTÍNEZ, L. C.; PLATA-RUEDA, A.; GONÇALVES, W. G.; FREIRE, A. F. P. A.; ZANUNCIO, J. C.; BOZDOĞAN, H.; SERRÃO, J. E. Toxicity and cytotoxicity of the insecticide imidacloprid in the midgut of the predatory bug, *Podisus nigrispinus*. **Ecotoxicology and Environmental Safety**, v. 167, p. 69-75, 2019.

MARTÍNEZ, L.C., PLATA-RUEDA, A.; NEVES, G. S.; GONÇALVES, W. G., ZANUNCIO, J. C.; BOZDOĞAN, H.; SERRÃO, J. E. Permethrin induces

histological and cytological changes in the midgut of the predatory bug, *Podisus nigrispinus*. **Chemosphere**, v. 212, p. 629-537, 2018.

MASANZA, M.; GOLD, C. S.; VAN HUIS, A. **Effect of crop sanitation on banana weevil *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae) populations and associated damage in farmer's field in Uganda.** p. 29, 2006.

MATIOLI, T. F.; ZANARDI, O. Z.; YAMAMOTO, P. T. Impacts of seven insecticides on *Cotesia flavipes* (Cameron) (Hymenoptera: Braconidae). **Ecotoxicology**, v. 28, p. 1210-1219, 2019.

MIRANDA, J. R. **História da cana-de-açúcar.** Campinas: Komedi, p.167, 2008.

MONTEIRO, G. G; WOLFF, V. R. S; PERONTI, A. L. B. G.; MARTINELLI, N. M.; ANJOS, I. A. First record of *Hemiberlesia musae* Takagi & Yamamoto, 1974 and *Duplachionaspis divergens* (Green, 1899) (Hemiptera: Diaspididae) on sugarcane in greenhouse in Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, p. 392-396, 2019.

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

MORAIS, L. K. de et al. **Melhoramento Genético de Cana-de-açúcar.** Embrapa Tabuleiros Costeiros. Aracaju: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. EMBRAPA / Circular Técnica, n. 200, p. 09, 2015.

NARAZAKI, M. N. **Toxicidade de inseticidas registrados para uso em cana-de-açúcar ao parasitoide *Trichogramma galloi* (Hymenoptera: Trichogrammatidae).** Dissertação de Mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019.

NIKPAY, A.; GOEBEL, F. Major sugarcane pests and their management in Iran. **Proceedings of the International Society of Sugar Cane Technologists, Chiang Mai, Thailand**, p. 103-108, 2016.

PAVLU, F. A. **Plano de amostragem e distribuição espacial visando o controle localizado de *Sphenophorus levis* na cultura da cana-de-açúcar.** Dissertação (Mestrado em Ciências: Máquinas Agrícolas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2012.

PETERSON, R. K. D.; HIGLEY, L. G.; PEDIGO, L. P. Whatever happened to IPM? **American Entomologist**, v. 64, n. 3, p. 146-150, 2018.

PINTO, A. S.; GARCIA, J. F.; BOTELHO, B. S. M. Controle Biológico da cana-de-açúcar, p. 65-74. In: PINTO, A. S.; NAVA, D. E.; ROSSI, M. M.; MALERBO-SOUZA, D. T. **Controle Biológico de Pragas na Prática.** Piracicaba: FUNEP, 287p.

PRECETTI, A. A. C. M., ARRIGONI, E. D. B. Aspectos bioecológicos e controle do besouro *Sphenophorus levis* (Vaurie, 1978) (Coleoptera, Curculionidae) em cana-de-açúcar. **Boletim Técnico Copersucar**. P.15, 1990.

PRECETTI, A. A. C. M., TERÁN, F. O. Gorgulhos da cana-de-açúcar, *Sphenophorus levis* (Vaurie, 1978), e *Metamasius hemipterus* (L, 1765) (Coleoptera: Curculionidae). In: **REUNIÃO TÉCNICA AGRONÔMICA: PRAGAS DA CANA-DE-AÇÚCAR.** Piracicaba: Copersucar, p. 32-37, 1983.

PUTRA, L. K.; KRISTINI, A.; ACHADIAN, E. M.; DAMAYANTI, T. A. Sugarcane streak mosaic virus, in Indonesia: distribution, characterization, yield losses and management approaches. **Sugar Tech**, v. 16, p. 392–399, 2014.

R Core Team (2021). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponível em: <<https://www.r-project.org>> Acesso em: 23 mai. 2023.

ROBERTSON, L. N. et al. Strategies for managing cane weevil borer. In: **Proceedings of the 1995 Conference of the Australian Society of Sugar Cane Technologists held at Bundaberg, Queensland, Australia, 2nd May to 5th May 1995**. Watson Ferguson & Company, p.1995.

ROSA, J. O. Infestação de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) em relação aos pontos de transferência de cana-de-açúcar, 2021.

SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. **Sugarcane**: agricultural production, bioenergy, and ethanol. 1 ed. Academic Press, Amsterdã, p. 492, 2015.

SILVA, A. F. M. S.; GOMES, G. N.; BACCHI, M. R. P. A importância das cadeias da cana-de-açúcar: uma análise insumo-produto. **Economia ensaios**, Uberlândia, v. 33, n. 2, p. 149-174, 2019.

SIMON-DELISO, N. V. AMARAL-ROGERS, V., BELZUNCES, L.P. et al. Systemic insecticides (Neonicotinoids and fipronil): trends, uses, mode of action and metabolites. **Environmental Science and Pollution Research (ESPR)**. N. 22, p. 5-34, 2015.

SMANIOTTO, G. **Compatibilidade com inseticidas químicos e encapsulamento de *Beauveria bassiana* para controle de *Sphenophorus levis***. Tese (Doutorado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, 2019.

TRIANA, M. F. **Ecologia química da broca-das-sementes de andiroba, *Hypsipyla ferrealis* (Hampson, 1929) (Lepidoptera: Phycitidae) e das pragas da cana-de-açúcar: broca-peluda, *Hyponeuma taltula* (Schs., 1904) (Lepidoptera: Erebiidae) e broca gigante, *Telchin licus* (Drury, 1773) (Lepidoptera: Castniidae)**. Tese (Doutorado em Biotecnologia) Universidade Federal de Alagoas, p. 54-70, 2019.

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

WADT, L. **Morfometria, amostragem populacional e reinvestigação do feromônio de *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculinidae)**. Tese (Doutorado em Ciências: Entomologia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2016.

WANG, K. I.; DENG, Q. Q.; CHEN, J. W.; SHEN, W. K. Development of a reverse transcription loop-mediated isothermal amplification assay for rapid and visual detection of sugarcane streak mosaic virus in sugarcane. **Crop Protection**, v. 119, p. 38-45, 2019.

XAVIER, G. G. **Níveis de dano econômico para o controle químico e biológico de *Sphenophorus levis* em cultivos de cana-de-açúcar de sequeiro e irrigado**. Dissertação (Mestrado Profissional em Defesa Sanitária Vegetal). 2020.

XIAO, G.; YING, S. H.; ZHENG, P.; WANG, Z. L.; ZHANG, S.; XIE, X. Q.; FENG, M. G. Genomic perspectives on the evolution of fungal entomopathogenicity in *Beauveria bassiana*. **Scientific reports**, v. 2, p. 483, 2012.

ZHAI, Y.; DENG, Y.; CHENG, G.; PENG, L.; ZHENG, Y.; YANG, Y. Sugarcane Elongin C is involved in infection by sugarcane mosaic disease pathogens. **Biochemical and Biophysical Research Communications**. V. 466, p. 312-318, 2015.