

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**MANEJO DA PALHA EM CULTIVO DE CANA-DE-AÇÚCAR
AFETA A MOVIMENTAÇÃO DE ADULTOS DE
Sphenophorus levis (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)**

Gabriela Franchini

Bióloga

2024

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**MANEJO DA PALHA EM CULTIVO DE CANA-DE-AÇÚCAR
AFETA A MOVIMENTAÇÃO DE ADULTOS DE
Sphenophorus levis (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)**

Discente: Gabriela Franchini

Orientador: Prof. Dr. Odair Aparecido Fernandes

**Dissertação apresentada à Faculdade
de Ciências Agrárias e Veterinárias –
Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como
parte das exigências para a obtenção do
título de Mestre em Agronomia
(Entomologia Agrícola).**

F816m	Franchini, Gabriela Manejo da palha em cultivo de cana-de-açúcar afeta a movimentação de adultos de <i>Sphenophorus levis</i> (Coleoptera: Curculionidae) / Gabriela Franchini. -- Jaboticabal, 2024 46 p. : tabs., fotos Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientador: Odair Aparecido Fernandes 1. Comportamento de insetos. 2. Bicudo da cana-de-açúcar. 3. Manejo cultural. 4. Dispersão. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: MANEJO DA PALHA EM CULTIVO DE CANA-DE-AÇÚCAR AFETA A MOVIMENTAÇÃO DE ADULTOS DE *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculionidae)

AUTORA: GABRIELA FRANCHINI

ORIENTADOR: ODAIR APARECIDO FERNANDES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em Agronomia (Entomologia Agrícola), pela Comissão Examinadora:

Prof. Dr. ODAIR APARECIDO FERNANDES (Participação Presencial)
Departamento de Fitossanidade / FCAV UNESP Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
ODAIR APARECIDO FERNANDES
Data: 08/07/2024 04:57:54-0300
Verifique em <https://validar.jf.gov.br>

Prof. Dr. GUILHERME DUARTE ROSSI (Participação Presencial)
Departamento de Fitossanidade / FCAV UNESP Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
GUILHERME DUARTE ROSSI
Data: 10/07/2024 10:05:37-0300
Verifique em <https://validar.jf.gov.br>

Profa. Dra. MARILENE FANCELLI (Participação Virtual)
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) - Mandioca e Fruticultura Tropical / Cruz das Almas/BA

Documento assinado digitalmente
MARILENE FANCELLI
Data: 05/07/2024 14:35:00-0300
Verifique em <https://validar.jf.gov.br>

Jaboticabal, 05 de julho de 2024

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

GABRIELA FRANCHINI– Nasceu em Jaboticabal-SP no dia 07 de outubro de 1996. Ingressou no curso de Ciências Biológicas, pela Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho – FCAV, em 2015. Estágiou por 2 anos no laboratório de semestres florestais, auxiliando em atividades laboratoriais e pesquisas de campo. Nesse período desenvolveu um trabalho de iniciação científica com o estresse térmico, hídrico e salino em sementes de ipê amarelo e o ipê branco. Graduiu-se em 2019, obtendo título de bacharel em ciências biológicas. No mesmo ano reingressou no curso de ciências biológicas, licenciatura. Estágiou por um ano no departamento de economia, administração e educação, auxiliando professores da rede estadual de ensino no projeto “eletivas”. Em 2021 recebeu o título de licenciatura em ciências biológicas. Em 2022 iniciou Mestrado em Agronomia (Entomologia Agrícola) na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Câmpus de Jaboticabal.

“A ciência nunca resolve um problema sem criar pelo menos outros dez”.

George Bernard Shaw

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus pelo dom da vida, por Nossa Senhora Aparecida por me guiar sempre no melhor caminho.

À instituição FCAV-Unesp de Jaboticabal pela infraestrutura e oportunidade concedida.

Ao Professor Odair Aparecido Fernandes pela orientação, apoio, paciência e por todo ensinamento ao longo dessa jornada. Com certeza os ensinamentos foram valiosos para minha vida profissional e pessoal.

Aos professores da pós-graduação por todo conhecimento transmitido.

Aos meus pais, pela educação, dedicação, apoio e confiança. Que um dia eu possa retribuir a tudo isso.

À minha irmã Ana Beatriz, pelos conselhos e parceria sempre.

À minha noiva e companheira da vida Luana, que por todos esses anos me deu o total apoio. Obrigada por todas as vezes em que pensei não ser capaz, por ter sido a minha força e incentivo que precisava.

Aos amigos e parceiros do APECOLAB: João Rafael, Juliana, Vinicius, Gustavo, Karine, Lara, Francis Laouru, Sabrina, Alex, Luiz Augusto, Álvaro, Marina, Thaynara, Yasmin, Beliza e Gabriel. Obrigada pelo companheirismo, apoio para realização das atividades e pelo conhecimento compartilhado ao longo desses anos.

Ao CNPQ (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico), pela concessão da bolsa de estudo.

À Usina São Martinho pela concessão de área e suporte com pessoal de apoio para a realização dos trabalhos de campo.

Ao CEPENFITO – Centro de Pesquisa em Engenharia – Fitossanidade em Cana-de-Açúcar (FAPESP Proc. 2017/25258-1). O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

RESUMO.....	i
ABSTRACT.....	ii
1.INTRODUÇÃO.....	1
2.REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Taxonomia e aspectos biológicos de <i>Sphenophorus levis</i>	3
2.2.Dinâmica populacional, dispersão e prejuízos causados por <i>S. levis</i>	4
2.3. Monitoramento e Métodos de Controle.....	5
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	6
3.1. Obtenção e Manutenção dos adultos de <i>Sphenophorus levis</i>	6
3.2. Marcação e avaliação da sobrevivência de adultos de <i>Sphenophorus levis</i>	7
3.3. Movimentação de adultos de <i>Sphenophorus levis</i> a campo sob diferentes condições de manejo de palha.....	8
3.4. Liberação e recaptura dos <i>Sphenophorus levis</i> marcados.....	10
3.5.Análise dos dados.....	12
4.RESULTADOS.....	15
5.DISSCUSSÃO.....	28
6.CONCLUSÕES.....	33
7.REFERÊNCIAS.....	34

Manejo da palha em cultivo de cana-de-açúcar afeta a movimentação de adultos de *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculionidae)

Resumo- Com a eliminação da queimada para a colheita da cana-de-açúcar, a palha é mantida sobre o solo. Todavia, considerando que a presença da palha no campo afeta o comportamento do bicudo-da-cana, *Sphenophorus levis* Vaurie (Coleoptera: Curculionidae), este trabalho teve como objetivo avaliar a movimentação desse inseto sob diferentes condições de presença de palha. Inicialmente foi realizada avaliação da taxa de sobrevivência associada à marcação sob condições controladas e confirmou-se que a marcação não afeta a longevidade dos insetos. Estudos de movimentação foram conduzidos em áreas comerciais de cana-de-açúcar durante duas safras agrícolas. Na primeira safra, um total de 2745 insetos foram marcados e liberados, enquanto na segunda foram utilizados 450 insetos. Foram adotados três tratamentos: a) palha em área total; b) remoção total da palha e c) enleiramento da palha entre as linhas da cultura. A recaptura dos insetos foi realizada utilizando iscas atrativas distribuídas radialmente a partir do ponto de liberação. Na primeira e segunda safras foram recapturados 74 (2,7%) e 33 insetos (7,33%) insetos marcados, respectivamente. A presença da palha no campo favoreceu a movimentação dos adultos de *S. levis*, enquanto que a retirada total da palha ou o enleiramento na entrelinha restringiu a dispersão dos adultos. Assim, a retirada da palha da linha de cana pode ser considerada uma estratégia de manejo para o controle de *S. levis*.

Palavras-chave: Dispersão, Comportamento de insetos, Manejo cultural, Bicudo da cana-de-açúcar, Captura-marcação e recaptura.

Straw management in sugarcane cultivation affects the movement of adults of *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculionidae)

Summary- With the elimination of burning for sugarcane harvesting, the straw is left on the ground. However, considering that the presence of straw in the field affects the behavior of the sugarcane weevil, *Sphenophorus levis* Vaurie (Coleoptera: Curculionidae), this study aimed to evaluate the movement of this insect under different straw presence conditions. Initially, survival rate assessment associated with marking under controlled conditions was performed and confirmed that marking does not affect the longevity of insects. Movement studies were conducted in commercial sugarcane areas during two agricultural seasons. In the first season, a total of 2745 insects were marked and released, while 450 insects were used in the second season. Three treatments were adopted: a) straw covering entire area; b) total straw removal; and c) straw heaping between crop rows. Insect recapture was carried out using attractive baits distributed radially from the release point. In the first and second seasons, 74 (2.7%) and 33 (7.33%) marked insects were recaptured, respectively. The presence of straw in the field favored the movement of adult *S. levis*, while total straw removal or heaping between rows restricted adult dispersion. Thus, straw removal from sugarcane rows can be considered a management strategy for *S. levis* control.

Keywords: Dispersion, Insect behavior, Cultural management, Sugarcane weevil, Capture-mark-release-recapture

1. INTRODUÇÃO

O Brasil lidera a produção mundial de cana-de-açúcar com aproximadamente 677,6 de milhões toneladas na safra de 2023/24 (Conab 2024). O estado de São Paulo se destaca com 60% dessa produção, crescimento de 23,0% em relação ao ciclo anterior (Unica, 2024). A cultura possui alto valor econômico no Brasil e no mundo, devido sua utilização na produção de açúcar, álcool e energia elétrica (Silva et al., 2014). Interessante destacar que a cultura passou por uma transição gradual da colheita da cana queimada para a colheita da cana crua, a partir da lei estadual n 11.241/2002, a qual proíbe a queima do canavial pré-colheita (Ribeiro & Ficarelli, 2010). Com isso, a queimada é proibida.

Dessa forma, com a colheita mecanizada, quantidades significativas de palha são mantidas na superfície do solo em níveis que variam de 8-30 ton ha⁻¹ (Ripoli & Ripoli, 2008; Carvalho et al., 2017), favorecendo alguns serviços ecossistêmicos, como reciclagem de nutrientes e manutenção da umidade do solo (Bordonal et al., 2018b). Apesar de favorecer o solo, a presença de palha no campo fornece um microclima propício para sobrevivência de insetos pragas (Dinardo-Miranda & Fracasso, 2013). Desse modo, o afastamento da palha para a entrelinha de cana tem potencial de reduzir a incidência de determinadas pragas de solo, uma vez que propicia o aumento na exposição solar na base das plantas, com consequente redução da umidade do solo (Barbosa & Asmus, 2019). A remoção da palha, ainda, pode permitir a sua utilização como matéria-prima na produção de bioenergia (Bordonal et al., 2018a).

O bicudo da cana-de-açúcar, *Sphenophorus levis* Vaurie (Coleoptera: Curculionidae), é uma praga primária da cultura, que ganhou importância após a implementação da colheita mecanizada de cana verde (Ribeiro & Ficarelli, 2010). Isso decorreu em função da eliminação da queimada no processo de colheita, a qual funcionava como forma preventiva para redução da incidência de pragas de solo na cultura da cana-de-açúcar (Dinardo-Miranda & Fracasso, 2013; Carvalho et al., 2017). Além do bicudo, outros estudos têm confirmado o aumento da incidência de pragas de solo, como a cigarrinha-das-raízes, *Mahanarva fimbriolata* (Stal) (Hemiptera: Cercopidae) em condições de solos

cobertos com a palhada quando comparado com áreas de queimada (Dinardo-Miranda, 2002; Carbonari et al., 2020).

Os prejuízos causados por *S. levis* podem levar a perdas de produtividade próximas a 30 t ha⁻¹ (Casteliani et al., 2020), além de redução de rebrota após a colheita. Os danos são causados principalmente pelas larvas que destroem o rizoma das plantas, levando à morte de perfilhos, podendo, eventualmente, sob elevadas infestações, matar a planta, bem como reduzir o estande e longevidade do canavial, com elevado impacto sobre a produtividade (Precetti & Arrigoni, 1990; Almeida, 2005). As fêmeas depositam os ovos, individualmente, no interior dos colmos, perfurando com a mandíbula os tecidos do rizoma abaixo do solo (Degaspari et al., 1978).

O comportamento e aspectos biológicos desse inseto-praga ainda precisam ser mais bem compreendidos e podem contribuir para o estabelecimento das bases de seu manejo. Informações relacionadas ao comportamento e dinâmica populacional de *S. levis* ainda necessitam maiores esclarecimentos. Alguns estudos mostram que a dispersão de adultos de *S. levis* é lenta, variando de 6 a 11 m por mês (Degaspari et al., 1987; Arthur et al., 1987), porém nenhum estudo relacionou essa movimentação à influência da presença da palha no campo. A vista do fato de que a palha pode ser um importante fator que afeta o comportamento desse inseto, este trabalho teve como objetivo avaliar a movimentação de adultos de *S. levis* sob diferentes condições de presença de palha de cana-de-açúcar em condições de campo utilizando a estratégia de captura-marcação-liberação-recaptura (Southwood, 1978).

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Taxonomia e aspectos biológicos de *Sphenophorus levis*

O gênero *Sphenophorus* de forma geral, ocorre em diversos continentes, sendo que algumas espécies se alimentam de gramíneas. Na América do Sul (provável centro de origem) há relatos de ocorrência de 75 espécies, sendo 14 dessas no Brasil. Na América do Norte foram identificadas 18 espécies, enquanto apenas 6 são relatadas na África do Norte, Europa e Ásia. Em outras regiões do Pacífico e África foram identificadas 26 espécies (Woodruff, 1966; Vaurie, 1978; Barreto-Triana, 2009).

A espécie *Sphenophorus levis* Vaurie especificamente, é restrita da América do Sul, sendo Brasil, Argentina e Paraguai os locais de ocorrência (Vaurie, 1978). A espécie foi identificada inicialmente no Brasil em 1977, e foi relatada como nova no ano seguinte na região de Piracicaba- SP (Vanin, 1988). Dentre os estados de ocorrência do inseto-praga estão, São Paulo, Minas Gerais, Santa Catarina e Paraná (Giometti, 2009). No estado de São Paulo, essa estava presente em 52 municípios, envolvendo regiões de cultivo de cana-de-açúcar localizadas no Nordeste, Leste, Centro e Sul (Barreto-Triana, 2009). De acordo com uma comunicação pessoal de Luiz Carlos Almeida em 2024, atualmente a infestação da praga está bastante avançada nas diversas regiões produtoras do estado de São Paulo¹.

De acordo com Vaurie (1978), os adultos de *S. levis* apresentam dimorfismo sexual, geralmente sendo as fêmeas maiores. Os machos possuem a região ventral mais pilosa do que as fêmeas (Alencar, 2016b). Os adultos são encontrados no solo, na base das touceiras, torrões e em restos vegetais. Seu ciclo biológico é em torno de 173 dias, em condições laboratoriais. As fêmeas possuem uma longevidade maior, com aproximadamente 175 dias, enquanto os machos podem viver cerca de 170 dias (Degaspari et al., 1978). A postura é feita individualmente na base das brotações, em que as fêmeas perfuram o rizoma

¹ Almeida, L.C. (2024) (Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Júlio de Mesquita Filho - Câmpus de Jaboticabal). Comunicação Pessoal.

com o auxílio do rostro (Casteliani, 2019). Elas podem ovipositar de 40 a 70 ovos, sendo 75% na primeira metade de sua vida (Degaspari et al., 1978). Os ovos possuem formato elíptico e uma coloração inicial branco-leitosa e à medida que se aproxima da eclosão vai escurecendo. Após um período de incubação de 7 a 12 dias, as larvas eclodem e permanecem no colmo por um período médio de 35 a 60 dias. A fase de pupa dura em torno de 10 dias, com as pupas também permanecendo dentro do colmo em uma câmara pupal feita de serragem fina (Degaspari et al., 1978; Precetti & Arrigoni, 1990; Pinto et al., 2009).

2.2. Dinâmica populacional, dispersão e prejuízos causados por *Sphenophorus levis*

A espécie *S. levis* ocorre durante todo o ano, porém picos de seus estágios ocorrem em diferentes épocas. Os adultos, por exemplo, têm maior ocorrência nos períodos chuvosos, com altos picos populacionais nos meses de fevereiro e março. Por outro lado, o período de maior ocorrência das formas imaturas é em períodos de menor índice pluviométrico (Degaspari et al., 1978; Izeppi, 2015). As larvas têm o seu primeiro pico no mês de dezembro e o segundo (com maior intensidade) entre os meses de junho e julho (Precetti & Arrigoni, 1990). Essa dinâmica pode variar com a temperatura e umidade relativa do ar (Alencar, 2016a). Uma umidade relativa maior aumenta a longevidade, consequentemente aumentando a fecundidade e velocidade de desenvolvimento dos insetos (Silveira Neto et al., 1976).

O bicudo da cana-de-açúcar possui hábito noturno, com pouca ou restrita capacidade de voo, mesmo apresentando asas. Com isso, o principal meio de dispersão é pelo caminhamento (Barreto-Triana, 2009). A capacidade de dispersão da espécie é baixa. Degaspari et al. (1987) observaram uma dispersão no campo de 6,6 m a 11 m por mês, enquanto que no mesmo ano Arthur et al. (1987), em seus estudos, observaram que os machos possuem uma dispersão maior do que as fêmeas, percorrendo 24,7 contra 9,12 m, respectivamente, no período de três semanas. Apesar dessa lenta dispersão, acredita-se que a

disseminação da praga ocorre principalmente por meio do transporte de mudas em caminhões (Dinardo-Miranda, 2000).

O bicudo da cana-de-açúcar é uma das pragas principais da cultura, que ganhou importância nos últimos anos, por conta da proibição da queima no processo de colheita, visto que a queimada era considerada uma forma preventiva para redução da incidência de pragas de solo na cultura da cana-de-açúcar (Dinardo-Miranda & Fracasso, 2013). Os prejuízos causados por esse inseto-praga podem atingir 30 t ha⁻¹ (Casteliani et al., 2020). Os danos são causados principalmente pela sua fase imatura, uma vez que as larvas destroem as touceiras, levando à morte do perfilho e sob elevadas infestações de insetos essas acabam morrendo, diminuindo a longevidade e produtividade do canavial (Precetti e Arrigoni, 1990; Almeida, 2005).

2.3. Monitoramento e Métodos de Controle

O monitoramento é feito de duas maneiras, através do levantamento populacional de larvas e pupas ou da fase adulta. Esse último é realizado por meio de armadilhas atrativas tóxicas, formada por iscas confeccionadas a partir de colmos (30cm) de cana-de-açúcar seccionados longitudinalmente (Precetti & Teran, 1983). Essas iscas são imersas em inseticidas químicos por 24 horas e colocadas na base das touceiras e cobertas por palha de cana, sendo renovadas a cada 20 dias (Almeida, 2005). O levantamento populacional das larvas e pupas é feito através de trincheiras (0,5 m X 0,5 m X 0,3 m) em dois pontos por hectare, coletando as formas biológicas encontradas (Almeida et al., 2008).

O nível de controle para esse inseto ainda é incerto na literatura, porém Casteliani et al. (2020) estimaram as perdas na produção e a intensidade de ataque de *S. levis*, sendo 1% de perda a cada 1% de rizoma atacado pela praga. Os valores para o nível de dano econômico para esse inseto-praga em relação ao controle químico é de 5,93% de rizomas atacados para culturas de sequeiro e 4,85% em culturas irrigadas. Já para o controle biológico com o fungo *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill os números são 4,1% e 3,4% de rizomas

atacados em culturas de sequeiro e irrigadas, respectivamente (Xavier et al., 2024).

Entre os métodos de controle, destacam-se o controle químico, controle biológico e controle cultural. O controle químico do bicudo-da-cana inclui o uso de inseticidas sintéticos, aplicados em dois momentos chave: durante o plantio, diretamente no sulco, e no corte da soqueira, onde o inseticida é inserido em sulcos de 5 a 10 cm de profundidade criados pelo disco de corte do equipamento (Precetti e Arrigoni, 1990; Leite et al., 2005; Evangelista et al., 2017). Outra forma de controle químico é o uso de iscas tóxicas com inseticidas para combater insetos adultos no campo, uma prática comum nas décadas de 1980 e 1990, mas caiu em desuso devido ao alto custo de mão-de-obra, sendo hoje restrita a viveiros de mudas e monitoramento da praga (Girón-Pérez et al., 2009; Pavlu, 2012). Para o controle, controle biológico de *S. levis*, fungos entomopatogênicos, como *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*, são os principais agentes, atuando de forma semelhante a inseticidas de contato ao infectar o inseto pelo tegumento (Gallo et al., 2002; LI, 2010; Giometti, 2011; Batista Filho, 2016; Xiao et al., 2012). O controle cultural é uma das medidas mais recomendadas para o controle do bicudo. Essa medida consiste na destruição das soqueiras utilizando o Eliminador Mecânico de Soqueira (EMS) em áreas afetadas durante a reforma do canavial (Precetti & Arrigoni, 1990). Essa prática visa impedir que os adultos ataquem os novos brotos em formação e deve ser realizada preferencialmente durante o pico populacional das fases imaturas, de junho a setembro, para expor larvas e pupas presentes no solo a possíveis predadores (Precetti & Arrigoni, 1990; Dinardo-Miranda, 2005; Almeida, 2020).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Obtenção e Manutenção dos adultos de *Sphenophorus levis*

Adultos de *S. levis* foram coletados em áreas comerciais de cana-de-açúcar infestadas na região de Jaboticabal e Guariba, SP, por meio de iscas

atrativas, devido à dificuldade de criação desses insetos em laboratório. As iscas atrativas consistiram em toletes de cana-de-açúcar, seccionados longitudinalmente com aproximadamente 30 cm de comprimento. Foram utilizadas 4 iscas por ponto de coleta e elas foram colocadas lado a lado com a face cortada voltada para baixo na base das plantas e cobertas com palha, conforme sugerido por Precetti & Teran (1983). As iscas foram distribuídas ao longo de duas linhas de cultivo distanciadas 6 m, mantendo-se espaçamento de 10 m entre iscas. Foram adotadas 45 iscas que foram substituídas semanalmente. As iscas foram vistoriadas duas vezes por semana e os insetos atraídos foram transferidos para recipientes plásticos (1 L de capacidade) contendo uma porção de solo e pedaço de isca de cana-de-açúcar (10 cm de comprimento) para manutenção e transporte até o laboratório. As coletas foram realizadas no período de setembro a dezembro de 2022 (1a. safra) e em fevereiro de 2024 (2a. safra).

No laboratório, os insetos foram separados por sexo (Degaspari et al., 1987; Alencar, 2016b), contados e transferidos para caixas plásticas transparentes (40 x 20 cm) contendo uma porção de solo (camada de 3 cm), sobre a qual foi mantido um tolete de 10 cm cortado longitudinalmente e disposto com a face cortada para baixo, para alimentação dos insetos e postura das fêmeas. Foram mantidos 50 casais de *S. levis* por caixa plástica, que permaneceram em sala climatizada (27 ± 1 °C, 60 ± 5 % UR e fotoperíodo de 0:24 h D:N), conforme sugerido por Degaspari et al. (1987).

3.2. Marcação e avaliação da sobrevivência de adultos de *S. levis*

Adultos de *S. levis* coletados no campo (item 3.1) foram utilizados para avaliação da taxa de sobrevivência associada às marcações em condições controladas. No laboratório, foram separados por sexo (Degaspari, 1978) e alocados aleatoriamente para os tratamentos (técnicas de marcação). Os insetos foram limpos com o auxílio de um pincel de cerdas finas, para retirada de terra e outras impurezas que poderiam estar presentes no pronoto e nos élitros.

Etiquetas quadradas (3 x 3 mm) confeccionadas em papel A4, devidamente numeradas e coloridas foram plastificadas e coladas no pronoto dos insetos adultos, utilizando cola instantânea (MULTBOND®, 3M) (Butler et al., 2012). Após a marcação, os insetos foram mantidos em placas de Petri (100 mm de diâmetro x 20 mm) para secagem em temperatura ambiente por 10 min (Figura 1). Os insetos marcados foram transferidos para caixas plásticas transparentes, idênticas àquelas utilizadas para manutenção. Um grupo controle de insetos não teve nenhum tipo de marcação, mas foram manuseados para garantir as mesmas condições de manipulação do grupo marcado (Butler et al., 2012). As caixas plásticas contendo os insetos permaneceram em sala climatizada (27 ± 1 °C, 60 ± 5 % de UR e fotoperíodo de 0:24 h D:N), conforme proposto por Degaspari et al. (1987) (Figura 1).

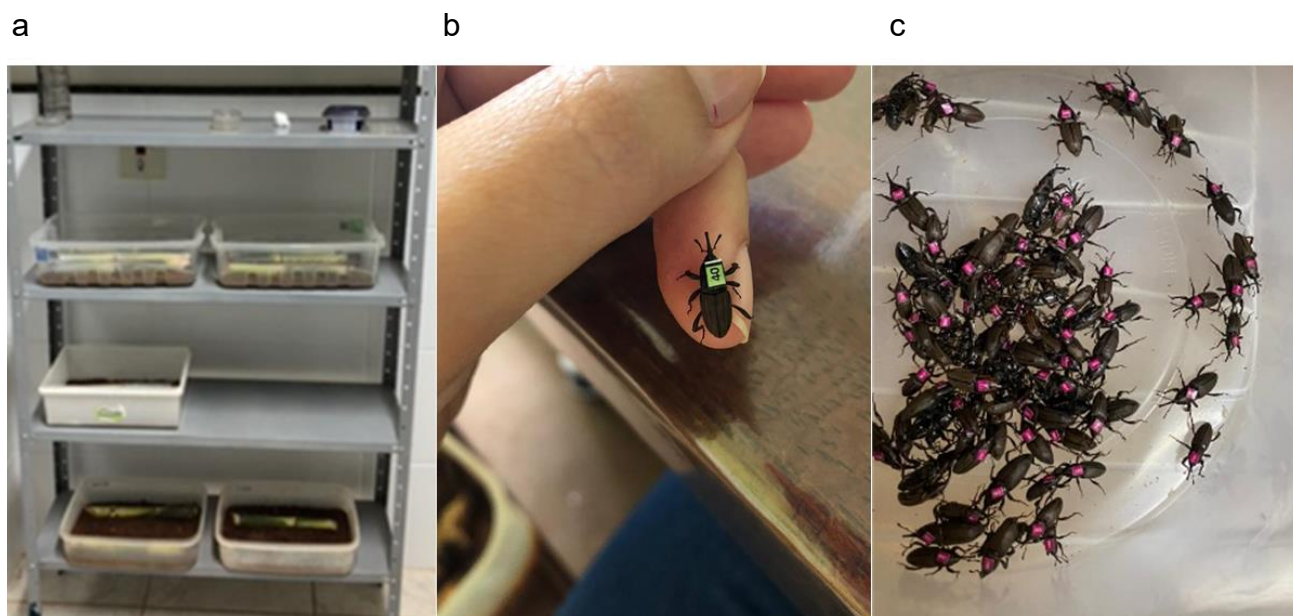


Figura. 1. Manutenção e marcação de *Sphenophorus levis*. a) Caixas plásticas contendo os insetos permaneceram em sala climatizada; b) Detalhe da etiqueta plástica com cor e numeração; c) Adultos de *S. levis* marcados com etiquetas plásticas com diferentes cores e numerações.

Foi adotado o delineamento experimental inteiramente casualizado com 2 tratamentos (marcado e controle) com três repetições de 30 casais marcados por caixa plástica (unidade amostral). Os insetos foram observados diariamente para constatação de mortalidade. A morte foi confirmada pela observação da reação dos adultos após serem tocados com pincel de cerdas finas nas suas antenas. Os insetos considerados mortos foram retirados da caixa plástica e eliminados.

3.3. Movimentação de adultos de *Sphenophorus levis* a campo sob diferentes condições de manejo de palha

A movimentação de *S. levis* sob diferentes condições de campo foi avaliada por meio da liberação e recaptura de machos e fêmeas do bicudo previamente marcados em duas safras (2022/2023 e 2023/2024). Para a marcação dos insetos utilizou-se metodologia descrita no item anterior 3.2.

O primeiro ano de estudo (ensaio 1) em campo foi conduzido em área comercial de cana-de-açúcar, variedade CT 022994, 3º corte, na região de Ribeirão Preto, SP. Cada parcela apresentava 25 x 18 m (450 m²), contendo 12 linhas no espaçamento de 1,5 m. As plantas apresentaram altura que variou de 1 m, no início, à 2 m, no final do experimento, considerando medida da base da planta até o ápice da folha mais alta (Machado et al., 2009). O ensaio 2 foi também realizado em área comercial de cana-de-açúcar, variedade CT 022994, 3º corte, na região de Ribeirão Preto, SP. Nesta ocasião, cada parcela apresentava 33 x 33 m (1089 m²), contendo 21 linhas no espaçamento de 1,5 m. As plantas apresentaram altura média de 2 metros de comprimento, no início do experimento considerando medida da base da planta até o ápice da folha mais alta (Machado et al., 2009). Ainda, houve a avaliação da quantidade de palha na área no início e final do experimento com o auxílio de um gabarito quadrado de 1 x 1 m de comprimento, adotando-se 4 pontos aleatórios na área do estudo.

Ambas as áreas foram conduzidas conforme práticas agrícolas convencionais até o início do experimento, com aplicação de vinhaça localizada (20.000 L/ha). Essa aplicação foi realizada 60 dias antes do início do experimento. Realizou-se a distribuição dos tratamentos seguindo o delineamento de blocos casualizados. Foram adotados três tratamentos: a) palha em área total; b) enleiramento da palha entre as linhas da cultura e c) remoção total da palha (Figura 2). O processo de enleiramento envolveu a remoção da palha das linhas de cana, deslocando-a para a entrelinha a uma distância de 20 cm.



Figura 2. Estratégias de manejo de palha adotadas no experimento: A) palha em área total (controle); B) palha enleirada na entrelinha e C) remoção total da palha total.

3.4. Liberação e recaptura dos adultos de *Sphenophorus levis* marcados

Os adultos de *S. levis* foram marcados 24 horas antes de cada liberação. Os insetos foram transportados para o local de estudo em caixas plásticas dentro de uma caixa de isopor. Uma vez no local do ensaio, as caixas plásticas contendo os insetos foram abertas e mantidas invertidas no centro de cada parcela (ponto de liberação; Figura 3) por 5 min, para aclimação dos insetos. Após esse período, as caixas foram retiradas e os indivíduos liberados para se movimentarem.

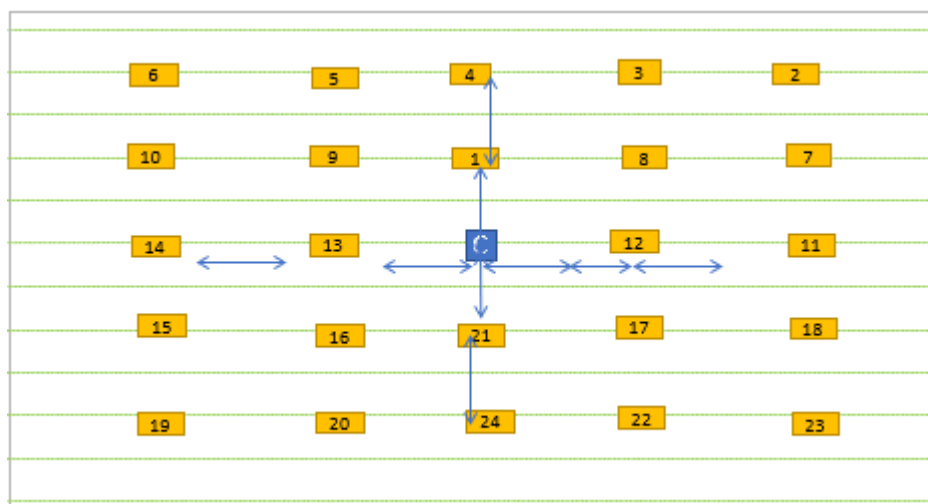


Figura 3. Representação de uma parcela no campo representado por um ponto central (C) e iscas atrativas distribuídas em raios (quadrados amarelos).

Ensaio 1 (1ª. safra)

Foram realizadas cinco liberações, sendo liberados cinco insetos por parcela em 6 de janeiro de 2023 (11h30); 50 insetos em 16 de janeiro de 2023 (9 h); 100 insetos em 24 de janeiro de 2023 (10h30); 100 insetos em 31 de janeiro de 2023 (8h30) e 50 insetos em 7 de março de 2023 (8h50). Com isso, foram liberados 2745 insetos num período de 55 dias. A marcação (item 3.2) permitiu a identificação de cada inseto, tratamento, repetição e data de liberação. Essas quantidades representam a coleta no período. Assim, a liberação foi feita com insetos mantidos em média 15 dias no laboratório.

A recaptura dos insetos foi realizada utilizando 24 iscas atrativas por parcela, conforme sugerido por Degaspari et al. (1978). Essas iscas foram distribuídas em grades de 3,0 e 4,5 m de distância do ponto de liberação (Figura 3). Após 24 dias, a distância das iscas foi ampliada para 6 m, mantendo também as duas distâncias anteriores. Essas distâncias foram baseadas nos estudos de dispersão utilizado por Degaspari (1978). As iscas foram avaliadas e substituídas semanalmente. Todos os insetos marcados tiveram a localização registrada para determinação da dispersão. Após isso, os insetos eram recolocados no mesmo ponto onde haviam sido coletados, e as iscas eram retiradas. O período de avaliação do estudo foi estabelecido com base na observação de que após três dias consecutivos de avaliação, não foram mais realizadas coletas de insetos. Esse critério foi adotado como indicador de estabilidade nas populações de insetos estudadas.

Ensaio 2 (2ª. safra)

Nesse estudo foi realizada uma liberação de 50 insetos por parcela no dia 09 de fevereiro (9:00 horas), totalizando 450 insetos. Esse número foi devido à baixa captura de insetos no campo na época. A recaptura dos insetos foi realizada utilizando 35 iscas atrativas por parcela. Essas iscas foram distribuídas em novamente em grades, porém agora de 1,5; 3,0; 4,5 e 6,0 m de distância do ponto de liberação. Essas distâncias foram escolhidas a partir do primeiro ano

de estudo, onde alguns insetos alcançaram a extremidade das parcelas. O período de avaliação do estudo foi de 30 dias. O métodos de avaliação e critério aderido para determinar o período de avaliação foi o mesmo adotado para o ano 1.

3.5. Análise dos dados

A eficácia da marcação foi avaliada através da comparação da proporção de adultos sobreviventes entre os tratamentos no teste preliminar. Esse processo foi conduzido empregando a metodologia de Kaplan Meier com o PROC LIFETEST (SAS Institute, 2023). Os dados de sobrevivência entre os dois grupos testados (marcado e controle) foram submetidos à análises estatísticas utilizando o teste de Wilcoxon e Log-rank.

Os dados da relação entre a distância percorrida pelos adultos de *S. levis* nos diferentes tratamentos nos dois anos de estudo foram submetidos aos testes de Shapiro-Wilk para normalidade e Bartlett para homoscedasticidade. As médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade para ambos os anos de estudo. Logo após, os dados foram ajustados em uma curva de decaimento exponencial crescente (Fritz, 2014) cuja fórmula adaptada

$$Y = C (1 - e^{-kt}), \text{ em que:}$$

C: constante positiva que representa o valor máximo ou limite superior que a função pode atingir;

t: tempo ou período em que observa a mudança (dias);

k: constante positiva que controla a taxa de decaimento exponencial. Quanto maior o valor de k, mais rápida será a queda da função;

e: base do logaritmo natural.

Um cálculo de velocidade média foi feito em relação a distância percorrida e o período de monitoramento dos insetos para cada tratamento, e as médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade. Os dados

foram processados usando a linguagem de programação Python, com a biblioteca SciPy, versão 2023 (Python Software Foundation, 2023).

A partir do compilado dos dados realizados nos dois ensaios, foi avaliada a influência dos tratamentos em relação à movimentação dos adultos de *S. levis*. Para representação gráfica foram analisados 6 modelos (Tabela 2), dentre os quais foi selecionado o que melhor se ajustou. Para tanto, adotou-se o critério de Informação de Akaike Corrigida (AICc), uma vez que o número amostral das análises foi pequeno, em conjunto com o teste de qualidade de ajuste (Proença-Ferreira, 2023). A seleção do modelo levou em consideração o menor valor de AICc, nível de significância de qui-dradrado maior ou igual 0,05, e o ajuste visual da curva (Proença-Ferreira, 2023). A influência do sexo também foi avaliada utilizando os mesmos modelos. Os dados foram processados usando a linguagem de programação R, com o pacote de software *dispfir* R.

Em seguida, modelos de regressão lineares generalizados (GLM) foram empregados para verificar o efeito dos tratamentos e distância percorrida em relação à taxa de recaptura de adultos de *S. levis* no campo. Os modelos foram ajustados considerando uma função polinomial de segundo grau para distância. Este ajuste foi confirmado através de qualidade de ajuste através do comando “anova()”. Os modelos foram ajustados utilizando distribuição binomial negativa pelo pacote “MASS”. A normalidade e homogeneidade da variância dos erros do modelo foram checados pelo pacote DHARMA. Os dados foram processados usando a linguagem de programação R (2024.04.2) (R Core Team, 2024).

Tabela 1. Distribuições do pacote de software *dispfir* R. Para cada kernel, são apresentados o $K_L(r)$ “kernel de localização de dispersão” e o $K_D(r)$ “kernel de densidade de dispersão” usado por *dispfir* para ajustar os dados fornecidos, juntamente com suas propriedades gerais. Nas saídas do pacote, os parâmetros a e b são *sempre* chamados de Parâmetro 1 e Parâmetro 2, respectivamente. r é a distância de dispersão (Clark et al., 1999 ; Forbes et al., 2011; Nathan et al., 2012; Proença-Ferrera, 2023).

Função	KL (r)	KD (r)	Propriedades
Exponencial	$\frac{1}{2\pi} \frac{r}{a^2} e^{-\frac{r}{a}}$	$\frac{r}{a^2} e^{-\frac{r}{a}}$	Caracterizado por um único parâmetro, a , onde $a = \gamma$, ou seja, o parâmetro da escala exponencial.
Gamma	$\frac{r}{a^2} e^{-\frac{r}{a}}$	$\frac{1}{a^b} r^{b-1} e^{-\frac{r}{a}}$	Definido para todos os valores positivos de a e b . Tem uma cauda semelhante a exponencial e é igual à distribuição exponencial quando $b = 2$.
Log-Normal	$\frac{b}{a^b} r^{b-1} e^{-\left(\frac{r}{a}\right)^2}$	$\frac{1}{\sqrt{2\pi} b r} e^{-\frac{\log\left(\frac{r}{a}\right)^2}{2b^2}}$	Definido por todos os valores positivos de a e b .
Rayleigh	$\frac{1}{\pi} \frac{r}{a^2} e^{-\left(\frac{r}{a}\right)^2}$	$\frac{2\pi}{a^2} e^{-\left(\frac{r}{a}\right)^2}$	Caracterizado por um único parâmetro, a , onde $a = \sigma\sqrt{2}$, sendo σ o desvio padrão da distribuição normal isotrópica bivariada
Wald	$\frac{\sqrt{b}}{\sqrt{8x^3} r^5} e^{-\frac{b(r-a)^2}{2a^2 r}}$	$\frac{1}{\sqrt{2\pi} b r} e^{-\frac{\log\left(\frac{r}{a}\right)^2}{2b^2}}$	Também denominada distribuição gaussiana inversa, é definida para todos os valores positivos de a e b .
Weibull	$\frac{\sqrt{b}}{\sqrt{8x^3} r^5} e^{-\frac{b(r-a)^2}{2a^2 r}}$	$\frac{b}{a^b} r^{b-1} e^{-\left(\frac{r}{a}\right)^2}$	Definido para todos os valores positivos de a e b . Tem uma cauda semelhante a exponencial e é igual à distribuição exponencial quando $b = 2$.

4.RESULTADOS

4.1 Avaliação da marcação sobre a sobrevivência de adultos de *Sphenophorus levis*

A marcação com etiquetas não afetou a taxa de sobrevivência dos insetos (teste log-rank $\chi^2 = 0,7589$; gl = 1; P = 0,3837 e Wilcoxon ($\chi^2 = 2,92$; gl = 1; P = 0,0874). As etiquetas permaneceram intactas em $73,8 \pm 2,9$ % dos indivíduos marcados até 130 dias (Figura 3). A longevidade dos insetos, previamente capturados a campo e, portanto, sem informação do tempo de vida, atingiu 130 dias.

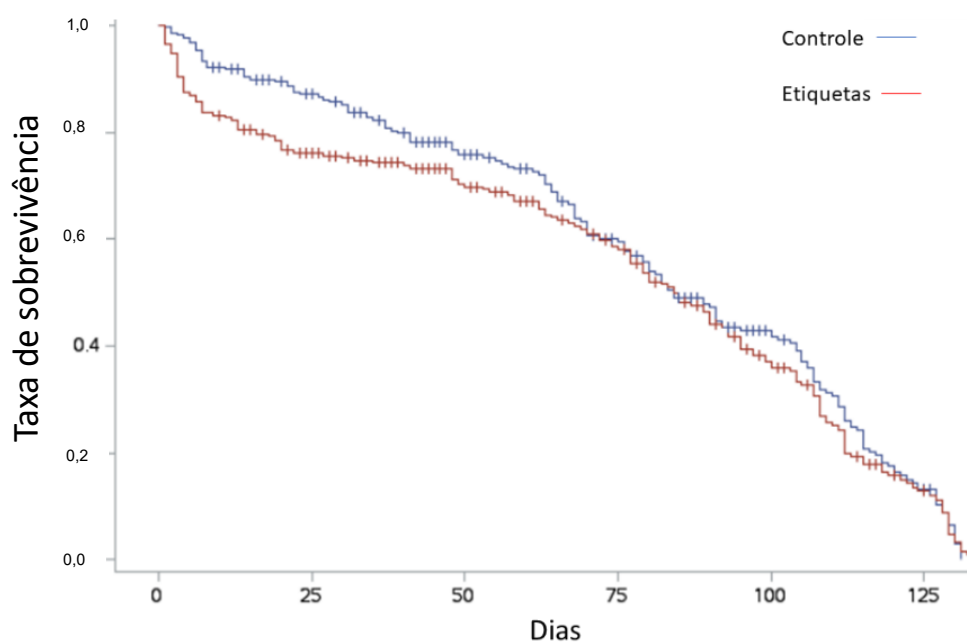


Figura. 4. Curvas de sobrevivência de adultos de *Sphenophorus levis* sem marcação (azul) e marcados com etiquetas no dorso (vermelho).

4.1.1. Movimentação de adultos de *Sphenophorus levis* em diferentes manejos de palha

No primeiro ano de estudo do total de 2745 insetos liberados, 74 deles (2,7 %) foram recapturados, sendo que apenas um inseto foi recapturado duas vezes. Dentre os insetos recapturados, cinco (0,18 %) foram confirmados como insetos marcados, mas, todavia, as etiquetas apresentaram algum desgaste que não permitiu confirmar a numeração do inseto. No segundo ano do total de 450 insetos liberados, 33 deles (7,33%) foram recapturados e dentre eles nenhum apresentou desgaste na marcação. No primeiro ano de estudo, a maioria dos insetos (82,4 %), independente do tratamento, foi recapturada nos primeiros 11 dias após a liberação. Após esse período, as recapturas ocorreram apenas em áreas com cobertura total de palha (Figura 5a). No segundo ano, houve recaptura até o vigésimo quinto dia, independente do tratamento (Figura 5b).

A quantidade de palha presente no campo no início e ao final dos ensaios foram de 2,5 kg/m² e 0,81 kg/m², respectivamente, na safra 2022/2023. Na safra 2023/2024, os valores registrados foram de 2,7 kg/m² no início e 0,84 kg/m² ao término do experimento.

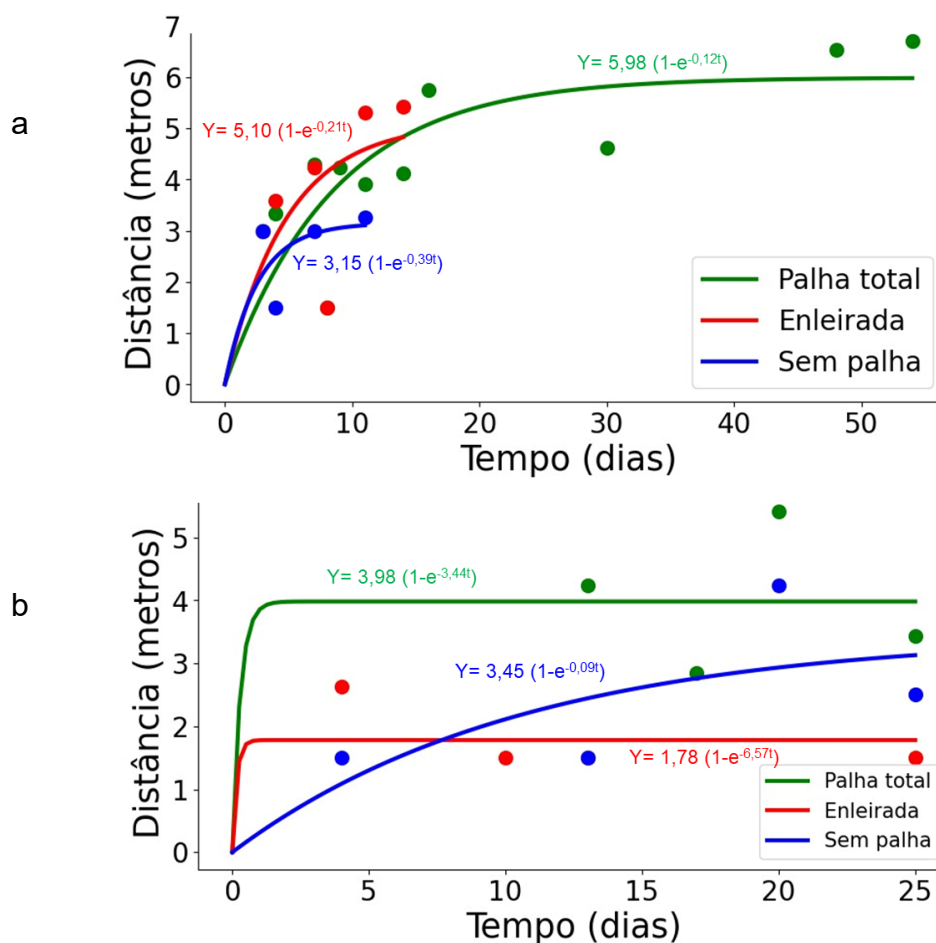


Figura 5. Distância percorrida pelos adultos de *S. levis* marcados ao longo do tempo sob condições de palha em área total (verde), enleiramento da palha (vermelho) e sem palha (azul), no primeiro ano (a) e segundo ano (b) de estudo.

A presença da palha no campo influenciou a movimentação dos adultos de *S. levis* nos dois anos de estudo (Ano 1: $F = 3,910$, $gl = 2$, $P = 0,024$, Ano 2: $F = 4,5933$, $gl = 2$, $P = 0,040$). No primeiro ano de estudo, nas áreas onde houve a retirada total da palha verificou-se que os adultos caminharam uma distância menor que em áreas com presença total da palha ou aquelas em que a palha foi enleirada. Os resultados indicam que não houve diferença significativa ($F = 4,49$; $gl = 1$ $p = 0,1013$) na distância percorrida pelos adultos de *S. levis* numa comparação entre os dois anos (Tabela 2).

A distância máxima percorrida pelos adultos de *S. levis*, no primeiro e no segundo ano de estudo foi de 6,70 m e 6,0 m, respectivamente, em áreas com palha total, 4,50 m em ambos os anos nas áreas com remoção total da palha e 6,36 m e 3,00 m, respectivamente, em áreas onde houve o enleiramento da palha. Não

houve diferença significativa na velocidade média percorrida pelos insetos nos diferentes tratamentos (Ano 1: $F= 0,03$, $gl = 2$, $P= 0,973$, Ano 2: $F: 1,848$, $gl=2$, $P=0,163$). Porém houve diferença numa comparação entre os dois anos tratamentos ($F= 20,41$; $gl= 1$ $p= 0,0107$)

Tabela 2. Distância média e velocidade média ($\pm$ EPM) percorrida por adultos de *S. levis* em diferentes condições de campo nos dois anos de estudos¹.

		Ano 1			Ano 2		
Tratamento	n ²	Distância (m)	Velocidade média(m/dia)	n ²	Distância (m)	Velocidade média(m/dia)	
Palha em área total	29	4,01 $\pm$ 1,28 aA	0,62 $\pm$ 0,29Aa	14	3,32 $\pm$ 1,33 Aa	0,185 $\pm$ 0,107Ab	
Enleiramento	16	3,73 $\pm$ 1,48 aA	0,68 $\pm$ 0,340Aa	12	2,14 $\pm$ 0,80 Aa	0,135 $\pm$ 0,067Ab	
Remoção total da palha	16	3,00 $\pm$ 0,53 bB	0,66 $\pm$ 0,342Aa	7	1,97 $\pm$ 1,11 Bb	0,421 $\pm$ 0,322Ab	

¹ Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha (para a mesma variável nos dois anos) não diferem significativamente pelo teste Tukey ($P > 0,05$).

² Número de adultos de *S. levis* recapturados.

A partir do compilado dos dados, os modelos que permitiram melhores ajuste dos dados foram selecionados seguindo critérios de AICc estabelecidos (Tabela 3). O gráfico evidência a densidade de probabilidade, ou seja, a probabilidade de maior recaptura de adultos de *S. levis* em determinadas distâncias em relação aos tratamentos adotados. Em áreas onde foi realizada a remoção total da palha a movimentação foi mais restrita quando comparada com áreas com palha total ou onde a palha foi enleirada na linha de cana. Ainda, a densidade de probabilidade de recaptura nessas áreas foi maior entre 1,5 e 3 metros (Figura 6a). Por outro lado, nas áreas com palha total e onde foi realizado o enleiramento, a probabilidade de recaptura de adultos de *S. levis* foi evidente em todas as distâncias observadas (Figura 6a). A distribuição de frequência com os dados observados em relação ao número de *S. levis* recapturados nos diferentes tratamentos pode ser observada na Figura 6b, onde mais uma vez se observa que, em áreas com remoção total da palha, a mobilidade foi mais restrita em comparação com os demais tratamentos. Uma análise de regressão com modelos polinomiais de segunda ordem, foi resumida na tabela 4. Esses resultados indicam a influencia do manejo da palha na movimentação dos

adultos de *S.levis*, principalmente quando a palha é removida totalmente do campo.

Tabela 3. Comparação dos índices de seleção de modelos fornecidos pelo pacote de software *dispfir* R, calculados para os tratamentos palha em área total, palha enleirada e remoção total de palha.

Tratamentos	Modelo	AIC	Delta AIC	AICc	Delta AICc	BIC	Delta BIC	Valor de qui ²	Significancia qui ²	Valor de K-S	Significancia K-S
Palha em área total	Exponential	578,317	29,19607	578,391	29,04373	580,3423	27,17072	13,41380075	0,00942128	0,277472527	0,033051554
	Gamma	549,1209	0	549,3473	0	553,1716	0	10,43627907	0,015199442	0,200549451	0,150124836
	Log-Normal	551,6812	2,560273	551,9076	2,560273	555,7319	2,560273	10,27184411	0,016391236	0,251347709	0,034302346
	Rayleigh*	558,5975	9,476599	558,6716	9,324258	560,6228	7,451247	7,728377187	0,102050379	0,233766234	0,083284697
	Weibull	549,8119	0,690964	550,0383	0,690964	553,8626	0,690964	11,52035772	0,009220545	0,218944099	0,112341586
Palha enleirada	Exponential	223,246	5,311646	223,4365	5,311646	224,3815	5,311646	1,680446317	0,431614194	0,28115942	0,323389588
	Gamma	218,5478	0,613494	219,1478	1,023018	220,8188	1,748989	5,22247265	0,022296826	0,248792271	0,406604723
	Log-Normal	218,8927	0,958345	219,4927	1,367868	221,1637	2,093839	7,006179497	0,008122884	0,241847826	0,478300214
	Rayleigh*	217,9343	0	218,1248	0	219,0698	0	1,597731041	0,449839008	0,248792271	0,406604723
	Weibull	219,0163	1,081991	219,6163	1,491514	221,2873	2,217485	4,367360087	0,036633704	0,251716247	0,378789195
Remoção total	Exponential	244,6632	14,41589	244,817	14,08974	245,9954	13,08369	15,69614731	0,000390503	0,607142857	0,000656711
	Gamma	230,4392	0,191887	230,9192	0,191887	233,1036	0,191887	8,053386238	0,004541868	0,392857143	0,02782805
	Log-Normal	230,6979	0,450663	231,1779	0,450663	233,3623	0,450663	6,924033691	0,008504493	0,392857143	0,030145453
	Rayleigh	234,7331	4,485825	234,8869	4,159671	236,0653	3,153621	10,47334801	0,005317915	0,392857143	0,030145453
	Weibull*	230,9058	0,65849	231,3858	0,65849	233,5702	0,65849	11,2772394	0,000784631	0,392857143	0,018882308

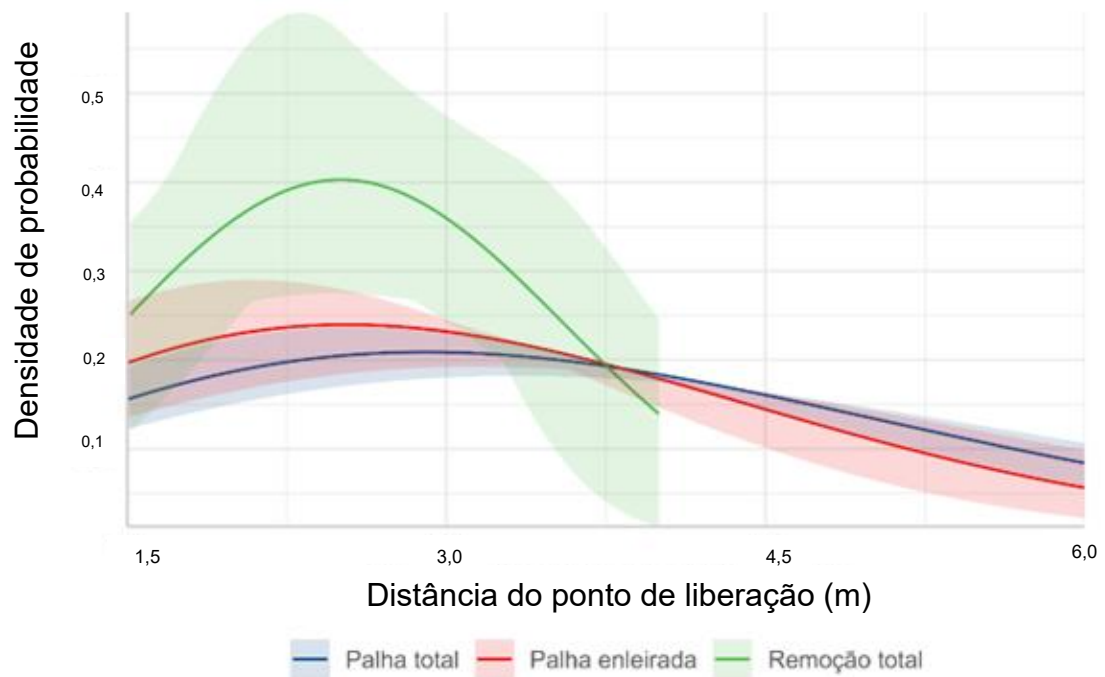
*KS: teste de duas amostras de Kolmogorov-Smirnov.

* Modelos escolhidos seguindo critério de AICC.

Δ Delta

BIC: Critério de Informação Bayesiano

a



b

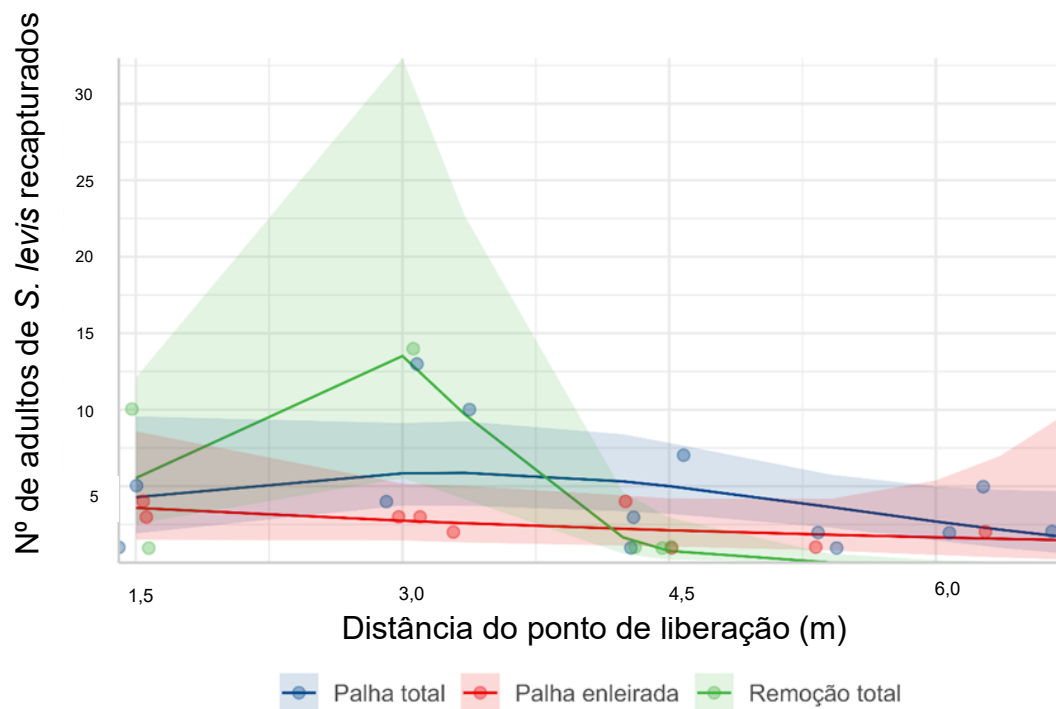


Figura 6. Distância percorrida por adultos de *S. levis* em diferentes condições de presença da palha em cana-de-açúcar; a) Relação da densidade de probabilidade de recaptura baseado no ajuste de modelos AICc; b) número de adultos de *S. levis* recapturados. Área sombreada representa o intervalo de confiança.

Tabela 4. Análise de regressão polinomial da associação entre os tratamentos em relação à taxa de recaptura no campo de adultos de *S. levis* marcados.

Preditores	Índice de taxa de incidência	IC	p
Polinomial (distância) ¹	0.36	0.05 – 2.55	0.289
Polinomial (distância) ²	0.25	0.04 – 1.53	0.137
Palha Total	Referência		
Palha Enleirada * polinomial (distância) ¹	0.65	0.02 – 17.55	0.801
Palha Enleirada * polinomial (distância) ²	4.19	0.14 – 111.02	0.397
Palha Enleirada	0.55	0.29 – 1.00	0.054
Remoção Total	0.12 **	0.02 – 0.47	0.006
Remoção Total * polinomial (distância) ¹	0.00 **	0.00 – 0.00	0.002
Remoção Total * polinomial (distância) ²	0.00 *	0.00 – 0.07	0.011
Observações	28		
R ² Nagelkerke	0.707		
Polinomial (distância) ¹ representa o termo linear			
Polinomial (distância) ² representa o termo quadrático			
* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$ *** $p < 0.001$			

Os resultados mostram uma associação significativa entre áreas com remoção total da palha e a direção do caminhar dos insetos na linha de cana. Em áreas com palha total, $66,6 \pm 7,3 \%$ (48) dos adultos de *S. levis* foram recapturados em linhas de cultivo paralelas à linha na qual haviam sido liberados, enquanto que em áreas onde foi realizada a remoção total da palha, a maioria ($65 \pm 9,9 \%$) dos insetos foram recapturados na mesma linha onde foram liberados. Este foi o mesmo comportamento observado nas áreas com enleiramento da palha (Tabela 5).

Tabela 5. Análise do modelo de regressão binomial negativo avaliando efeito do manejo da palha no campo em relação a direção do caminhar de adultos de *S. levis*.

Preditores	Contagem		
	Índice de taxa de incidência	IC	p
Direção: Linha	0.35	0.11 – 1.12	0.074
Palha Total	Referência		
Palha Enleirada Direção: Linha	6.55	0.98 – 45.15	0.053
Palha Enleirada	0.24 *	0.06 – 0.99	0.044
Remoção Total	0.24 *	0.06 – 0.89	0.032
Remoção Total Direção: Linha	7.17 *	1.17 – 45.01	0.033
Observações	44		
R² Nagelkerke	0.226		
“Palha Total”- tomado como referência			
* p<0.05 ** p<0.01 *** p<0.001			

Os modelos ajustados para machos e fêmeas de *S. levis* seguindo o critério de AICc são apresentados na Tabela 6 e 7. Como observado na Figura

5, os adultos de *S.levis* se movimentaram mais nos primeiros dias após a liberação. Quando comparamos essa movimentação entre machos e fêmeas esse padrão se repete, ou seja a probabilidade de recaptura de *S. levis* nos primeiros dias é maior, para ambos os sexos. Em contrapartida, em áreas onde foi realizado o enleiramento da palha, a probabilidade de encontrar machos de *S.levis* por um período mais longo, foi maior do que em relação as fêmeas e aos demais tratamentos (Figura 7a). Em áreas com palha total a probabilidade de recaptura das fêmeas foi a mesma em todas as distâncias encontradas, por outro lado, no mesmo tratamento a probabilidade de encontrar machos foi maior na distância de 3 metros. Entretanto em áreas com remoção total da palha, a probabilidade de encontrar machos e fêmeas foi similar (Figura 7b).

Tabela 6. Modelos que melhor se ajustaram segundo o critério de AICC para densidade de probabilidade de machos e fêmeas de *S.levis* em relação a distância percorrida para os tratamentos: palha em área total, palha enleirada e remoção total de palha.

Tratamentos	Sexo	Modelo	AIC	Δ AIC	AICc	Δ AICc	BIC	Δ BIC	Valor de qui ²	Significancia qui ²	Valor de K-S	Significancia K-S
Palha total	Macho	Gamma	332,05	0	332,42	0	335,16	0	3,94	0,2672	0,233	0,2135
	Fêmea	Log-Normal	333,43	1,38	333,81	1,38	336,54	1,38	4,63	0,2008	0,242	0,1936
Palha enleirada	Macho	Weibull	333,53	1,48	333,91	1,48	336,65	1,48	4,89	0,1799	0,225	0,2505
	Fêmea	Rayleigh	345,62	13,57	345,74	13,32	347,18	12,01	5,38	0,2500	0,397	0,0036
Remoção total	Macho	Weibull	333,53	1,48	333,91	1,48	336,65	1,48	4,89	0,1799	0,225	0,2505
	Fêmea	Weibull	333,53	1,48	333,91	1,48	336,65	1,48	4,89	0,1799	0,225	0,2505

*KS: teste de duas amostras de Kolmogorov-Smirnov.

Δ Delta

BIC: Critério de Informação Bayesiano

Tabela 7. Modelos que melhor se ajustaram segundo o critério de AICC para densidade de probabilidade de machos e fêmeas de *S. levis* em relação aos dias após a liberação para os tratamentos: palha em área total, palha enleirada e remoção total de palha.

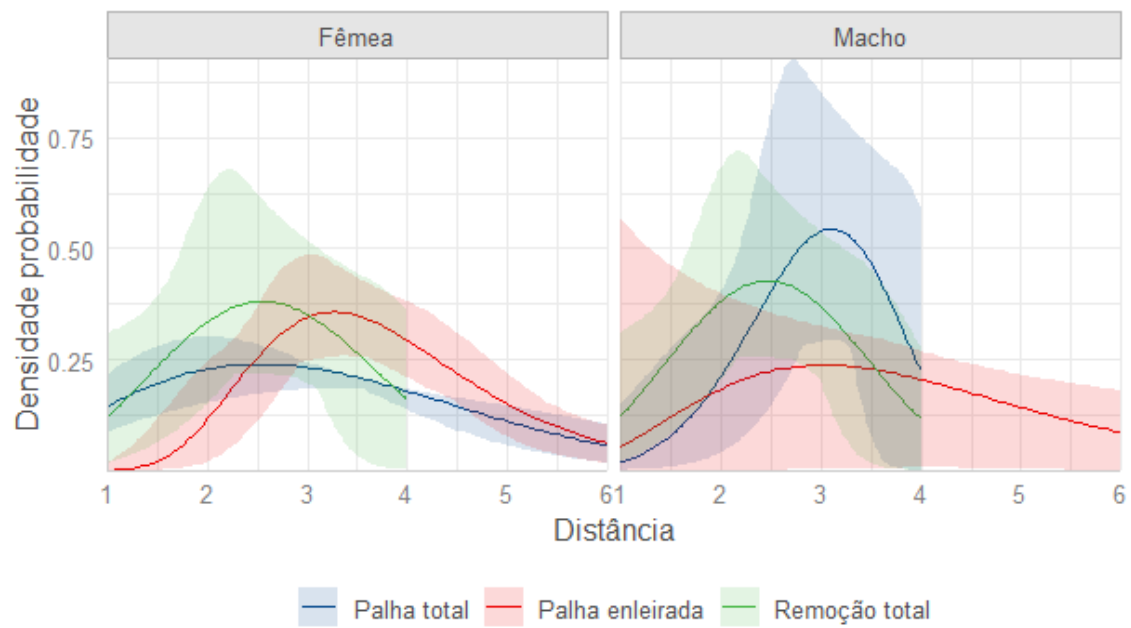
Tratamentos	Sexo	Modelo	AIC	Δ AIC	AICc	Δ AICc	BIC	Δ BIC	Valor de qui ²	Significância qui ²	Valor de K-S	Significância K-S
Palha total	Macho	Wald	536,89	3,27	537,27	3,52	540,00	4,82	14,04	0,0028	0,2700	0,1177
	Fêmea	Exponential	533,62	0	533,74	0	533,17	0	4,63	0,2008	0,2000	0,3653
Palha enleirada	Macho	Exponential	533,62	0	533,74	0	533,17	0	4,63	0,2008	0,2000	0,3653
	Fêmea	Exponential	533,62	0	533,74	0	533,17	0	4,63	0,2008	0,2000	0,3653
Remoção total	Macho	Exponential	533,62	0	533,74	0	533,17	0	4,63	0,2008	0,2000	0,3653
	Fêmea	Exponential	533,62	0	533,74	0	533,17	0	4,63	0,2008	0,2000	0,36535

*KS: teste de duas amostras de Kolmogorov-Smirnov.

Δ Delta

BIC: Critério de Informação Bayesiano

a



b

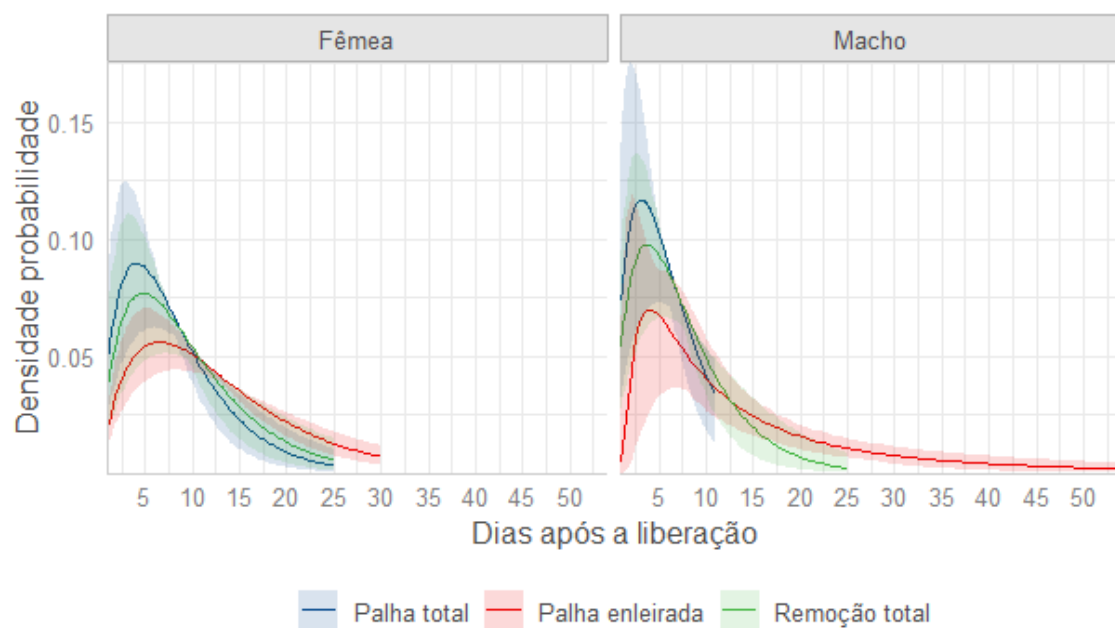


Figura 7. Machos e fêmeas de *S. levis* recapturados nos dois anos de estudo. a) Densidade em relação à distância percorrida; b) densidade em relação aos dias após a liberação nos seguintes tratamentos: Palha total (verde), Enleiramento (vermelho) e sem palha (azul). Área sombreada representa o intervalo de confiança.

5. DISCUSSÃO

O uso de etiquetas plásticas não influenciou na sobrevivência dos adultos de *S. levis*. Com isso, trata-se de técnica de marcação ideal para estudos de biologia, dinâmica populacional, comportamento e dispersão de insetos, conforme apontado por Hagler & Jackson (2001). De forma semelhante ao estudo, Buttler et al. (2012) também não constataram diferença na sobrevivência de *Nicrophorus americanus* Oliver (Coleoptera: Silphidae) marcados com etiquetas. Ainda, estes autores verificaram que a taxa de retenção das marcações foi de 75,5% após duas semanas. Em nosso estudo, as marcações permaneceram intactas por mais de 18 semanas.

A permanência das marcações nos indivíduos é de extrema importância em estudos de recaptura para estimar a dinâmica de populações, uma vez que a ausência ou perda dessas marcações impede a confirmação da movimentação, pois não permite diferenciar os insetos marcados daqueles selvagens presentes na natureza. Além da permanência, o tipo de marcação e o local onde essas marcações são feitas não podem afetar o comportamento dos insetos (Southwood e Henderson, 2000, Araujo et al, 2022). Optou-se por fixar as etiquetas no pronoto dos adultos de *S. levis*, uma vez que Buttler et al. (2012) observaram em seus estudos que etiquetas coladas na base do élitro, tendem acumular terra, o que pode interferir no voo ou em outros comportamentos. A marcação utilizando etiquetas é viável para estudos de marcação de *S. levis*, mas o material utilizado poderá ser aprimorado, pois algumas etiquetas ficaram desgastadas, provavelmente pela umidade decorrente do período de chuvas, durante o qual os ensaios foram conduzidos.

Os adultos de *S. levis* percorreram distâncias maiores em áreas onde não houve o manejo da palha ou em que houve o enleiramento. Portanto a presença da palha no campo influenciou a movimentação desses insetos comparados com áreas onde a retirada da palha foi total. Nessas áreas a taxa de recaptura foi maior e por um período mais longo. Desde a implantação da colheita mecanizada verde há uma extensa deposição de palha no campo (Carvalho et al., 2017).

Dinardo-Miranda (2002) e Dinardo-Miranda & Fracasso (2013) avaliaram o efeito a presença de palha no campo juntamente com a ausência do fogo ao aparecimento de pragas na cultura da cana-de-açúcar. A presença da palhada no campo fornece um microclima propício em relação à umidade e aos nutrientes, além de proteção contra eventuais predadores (De Castro et al., 2019). Estudos com o moleque da bananeira, *Cosmopolites sordidus* (Germar) (Coleoptera: Curculionidae), mostraram maior recaptura de insetos nas localidades com cobertura na entrelinha em plantações de bananeira quando comparadas com áreas sem cobertura (Vinatier et al., 2010).

A presença da palha enleirada na entrelinha de cana não pareceu limitar o deslocamento do bicudo da cana-de-açúcar. Pelo contrário, a presença da palha nessa entrelinha pode ter atuado como ambiente favorável para proteção do inseto. Este comportamento pode ser interpretado como uma estratégia de busca de condições adequadas por parte dos insetos, assim como observado em áreas com palha total (Vinatier et al., 2010; De Castro et al., 2019). O enleiramento da palha, um tipo de manejo feito após a colheita que vem sendo adotado por diversas usinas e produtores, consiste no afastamento da palha da linha de cana para respectiva entrelinha (Sá et al., 2015). O objetivo desta estratégia é aumentar a incidência de luz solar na soqueira, evitando a proliferação de pragas de solo como, principalmente, a cigarrinha-das-raízes (Concenço & Leme Filho, 2017).

Em áreas onde houve a remoção total da palha (~ cultura no limpo), os insetos percorreram distâncias menores. Nesse contexto, é possível notar uma movimentação restrita. A medida que retirou a palha do campo, criou-se uma limitação para esses insetos se movimentarem, consequentemente a distancia percorrida foi menor em áreas com remoção total da palha. Essa baixa movimentação pode estar associada ao fato de que a retirada da palha permite alta exposição à luminosidade e altas temperaturas nas linhas de cana (Dinardo-Miranda & Fracasso, 2013). Além disso, os insetos podem estar sujeitos a maior risco de mortalidade, pois passam mais tempo procurando um habitat adequado, conforme também observado por Vinetier (2011) em seus estudos com *C. sordidus*. Em contrapartida, indivíduos em habitats com baixo risco, podem reduzir sua movimentação e permanecer por mais tempo nesses locais. A

remoção da palha poderia ser uma prática agrícola interessante, pois além de desfavorecer a movimentação de pragas de solo, pode ser utilizada como matéria-prima na produção de bioenergia (Lisboa et al., 2018). Todavia, há implicações negativas relacionadas com os serviços ecossistêmicos do solo, tais como redução de material orgânico e da fertilidade, que, conseqüentemente, podem afetar o crescimento das plantas e produtividade (Bordonal et al., 2018a).

O tamanho das plantas pode influenciar a movimentação de adultos de *S. levis*. No início do primeiro ano de estudo, as plantas estavam baixas, não permitindo o total sombreamento das entrelinhas; mas ao final, as plantas atingiram cerca de 2 m de altura e apresentaram maior sombreamento. No segundo ano, desde a liberação dos insetos já era observado o sombreamento nas entrelinhas. Ferreira (2022), em seu estudo preliminar observou que adultos de *S. levis* se afastavam na presença de uma fonte de luz, movendo-se em direção a locais escuros. Esse fator, chamado de fototaxia negativa, pode explicar um período de maior de recaptura dos adultos de *S. levis* em áreas com total remoção da palha no segundo ano de estudo.

Os adultos de *S. levis* apresentam alta atividade logo após a liberação, muito possivelmente, pela necessidade de busca de um microclima adequado para o desenvolvimento e mesmo pela competição. Esse tipo de movimento é chamado de subdifuso e não difuso, ou seja, alta atividade dos insetos logo após a liberação. Vinetier (2010), em seu estudo observou movimento semelhante com o moleque-da-bananeira. Este autor considera que o movimento dos insetos dificilmente será aleatório, e sim em busca de recursos como alimento, abrigo, baixa luminosidade e local de oviposição. Assim, nas áreas onde não houve a retirada da palha ou houve o enleiramento, esse fato pode estar relacionado à capacidade dos adultos em encontrar um habitat adequado para possibilitar o seu desenvolvimento. Isso reforça a hipótese de que a disponibilidade de recursos e abrigo pode ser o principal fator do seu movimento, conforme também confirmado para *C. sordidus* e *Hylobius warreni* Wood (Coleoptera: Curculionidae) por Vinetier (2010) e Machial et al. (2012), respectivamente.

Foi observado um aumento da distância percorrida pelos adultos de *S. levis* com o passar do tempo, que reflete a movimentação do inseto no agroecossistema. Além da busca de recurso alimentar ou acasalamento, essa

movimentação pode também estar associada à competição intraespecífica pois, à medida que a densidade populacional aumenta, os recursos vão se tornando mais escassos, levando os indivíduos a procurarem locais menos povoados (Krebs 1998; Neves et al., 2003). Indivíduos de *C. sordidus* se moviam mais quando a densidade local era baixa (Vinatier, 2011). Comportamento semelhante foi observado para o gorgulho-do-pinheiro, *Hylobius abietis* (Linnaeus, 1758) (Coleoptera: Curculionidae), eles tendem a se agregar nas fases iniciais de colonização, dispersando-se aleatoriamente em seguida e, por fim, assumem uma distribuição regular no espaço (He & Alfaro, 1997). Com isso pode-se inferir que em áreas com remoção total da palha a competição entre os indivíduos é maior, pois além de não ser um ambiente adequado, os recursos são limitados.

A direção do caminhar de adultos de *S. levis* foi afetada pela remoção total da palha no campo. Observou-se uma orientação dos insetos para habitats mais favoráveis para sua sobrevivência. Assim, nesse caso, há uma associação da presença da palha como um estímulo para os insetos atravessarem e se dispersarem mais na área de cultivo. Os habitats, de maneira geral, apresentam padrões de organização, o qual podem ser mais favoráveis à presença dos insetos. Vinatier et al. (2010) e Vinatier (2011), em seus estudos com o moleque-da-bananeira, observaram diferença na seleção de habitats em relação a sua heterogeneidade. Portanto, infere-se que qualquer alteração na disposição da palha no campo pode provocar mudanças no padrão de movimentação dos adultos de *S. levis*.

O padrão de movimento dos insetos pode ser tendencioso quanto ao sexo. As áreas com palha total pareceu ser mais propícia para as fêmeas, pois em todas as distâncias teve a probabilidade de serem recapturadas. Negro et al. (2008), estudando padrões de movimentação de *Carabus olympiae* (Coleoptera: Carabidae), observaram que os machos se moviam por mais tempo e seguiam caminhos mais complexos para diminuir o tempo à busca de parceiros. Esse padrão foi observado nos machos em áreas com o enleiramento da palha na entrelinha. Para o moleque-da-bananeira, Vinatier (2011) não observou efeito do sexo na movimentação. Assumindo que no campo a densidade de machos e fêmeas liberados foi a mesma, uma diferença na movimentação pode ser consequência da competição por recursos, alimentação,

no caso das fêmeas locais de oviposição ou por parceiros nos machos (Albrechtsen & Nachman, 2001; Szyszko, 2004; Carval et al., 2015).

A dispersão dos adultos de *S. levis* parece ser limitada e lenta. Os insetos apresentaram baixa movimentação como inicialmente previsto, porém com diferenças nas distâncias percorridas entre os tratamentos envolvendo manejo de palha. Resultados semelhantes foram encontrados por Arthur et al. (1987) para *S. levis*, embora estes autores não tenham avaliado o efeito sob diferentes condições de presença de palha de cana-de-açúcar na movimentação desses insetos.

Esse trabalho representa um dos primeiros estudos com objetivo de avaliar o efeito de diferentes condições de presença de palha de cana-de-açúcar no campo sobre a movimentação de adultos de *S. levis*. Os resultados mostraram que a presença da palha influencia nessa movimentação, podendo o inseto percorrer maiores distâncias quando estão protegidos pela palhada. Portanto, a retirada da palha da linha de cana pode ser considerada uma estratégia de manejo a ser implementada visando o controle de *S. levis*, uma vez que os insetos se mantêm na linha de cultivo. Isso pode ser importante para a aplicação de produtos (químicos e biológicos) aumentando a eficácia de controle. Entretanto, há a necessidade de mais pesquisas a respeito da quantidade de palha recomendável que deveria ser retirada dos campos, pois, uma combinação equilibrada poderá ajudar na elaboração e otimização de estratégias de manejo e, possíveis ferramentas de controle para o bicudo da cana-de-açúcar e, conseqüentemente promover uma produção de cana mais rentável e sustentável.

6. CONCLUSÕES

- Marcação com etiquetas plastificadas não afeta a sobrevivência e o comportamento de adultos de *S. levis* em condições de campo e laboratório.
- A presença da palha favorece a movimentação de *S. levis* em cana-de-açúcar.
- A remoção da palha pode ser uma estratégia para reduzir a infestação da praga a campo.

7. REFERÊNCIAS

- Albrechtsen B, Nachman G. (2001). Female-biased density-dependent dispersal of a tephritid fly in a fragmented habitat and its implications for population regulation. **Oikos**, 94(2), 263-272.
- Almeida LC (2005) **Bicudo da cana-de-açúcar**. Piracicaba: Centro de Tecnologia Canavieira. p.1-3. CTC.
- Almeida LC, Stingel E, Arrigoni EB (2008) **Monitoramento e controle de pragas da cana-de-açúcar**. Piracicaba-Sp: Centro de Tecnologia Canavieira, 2008. 35p
- Alencar JRCC (2016a) **Dinâmica populacional, distribuição espacial e plano de amostragem sequencial de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar**. 68 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Entomologia Agrícola) –Unesp, Jaboticabal.
- Alencar MAV (2016b) ***Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae): Caracterização macroscópica e determinação de inseticida e época de aplicação para controle**. 60 f. Tese (Doutorado em Agronomia/ Entomologia Agrícola) –Unesp, Jaboticabal.
- Arthur V, Walder JMM, Wiendl FM, Precetti ACAM, Teran OF, Henrique BC (1987) Dispersão de adultos de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Col., Curculionidae) em cana-de-açúcar marcados com ANTPOT.32 P. **Energia Nuclear e Agricultura**. 8(1-2):79-86.
- Araujo, M. M., Salas, F. J. S., & Arthur, V. (2022). Marcação de insetos para estudos biológicos. **Revista de la Facultad de Agronomía**, 121(1), 10.
- Barbosa GR, Asmus G. L. Densidade populacional do nematoides-das-lesões-radiculares em cana-de-açúcar em função de cultivares, manejo do palhço e escarificação do solo (2019) **Revista de Agricultura Neotropical**. 6(2):87-94.
- Bordonal RO, Menandro LMS, Barbosa LC, Lal R, Milori DMBP, Kolln OT, Franco HCJ, Carvalho JLN. Sugarcane yield and soil carbon response to straw removal in south-central Brazil (2018a). **Geoderma**. 328:79-90.
- Bordonal RO, Carvalho JLN, Lal R., Figueiredo EB, Oliveira BG, La Scala N. Sustainability of sugarcane production in Brazil (2018b). **A review. Agronomy for Sustainable Development**.38: 1-23.
- Buttler SR, Jurzenski J, Hoback WW. Evaluation of marking techniques, mark retention, and mortality due to marking of burying beetles (Coleoptera: Silphidae) (2012). **The Coleopterists Bulletin**. 66(2):149-154.
- Carval D, Perrin B, Duyck PF, Tixier P. (2015). Local and neighboring patch conditions alter sex-specific movement in banana weevils. **Ecology and Evolution**, 5(23), 5735-5743.

Carvalho JLN, Nogueiro RC, Menandro LMS, Bordonal RDO, Borges CD, Cantarella H, Franco HCJ. Agronomic and environmental implications of sugarcane straw removal: a major review (2017) **Gcb Bioenergy**. 9(7):1181-1195.

Carbonari CA, Matos AKA, Brito IPFS, Velini ED, Dayan FE (2020) Impact of green cane harvesting on pest management in sugarcane. ***Outlooks on Pest Management**. 31*(2), 64-73.

Casteliani AF, Martins LF, Cardoso JFM, Silva MSO, Silva RSA, Chacon-Orozco JG, Casteliani AGB, Puza V, Harakava R, Leite LG (2020) Behavioral aspects of **Sphenophorus levis** (Coleoptera: Curculionidae), damage to sugarcane and its natural infection by **Steinernema carpocapsae** (Nematoda: Rhabditidae). **Crop Protection**. 137, 105262.

Castro SGQ, Dinardo-Miranda LL, Fracasso JV, Bordonal RO, Menandro LMS, Franco HCJ, Carvalho JLN (2019) Changes in soil pest populations caused by sugarcane straw removal in Brazil. **BioEnergy Research**.12:1-10.

Clark JS, Silman M, Kern R, Macklin E, HilleRisLambers J (1999) Seed dispersal near and far: patterns across temperate and tropical forests. **Ecology**. 80(5): 1475-1494.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**. Safra 2023/24.

Concenção G, Leme Filho JRA, Silva CJ (2017) **O aleiramento do palhiço de cana-de-açúcar agrava a infestação de plantas daninhas**. Embrapa Agropecuária Oeste-Comunicado Técnico.

Core Team (2024). R: A Language and Environment for Statistical. Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
<<https://www.R-project.org/>>.

Dinardo-Miranda LL. (2002) O papel da retirada da palha no manejo da cigarrinha das raízes. **STAB–Açúcar, Álcool e Subprodutos**, 20, 23.

Dinardo-Miranda LL, Fracasso JV. (2013) Sugarcane straw and the populations of pests and nematodes. **Scientia Agricola**. 70: 305-310.

Ferreira PHU (2022) **Effect of liquid and solid insecticide applications and insect behavior on *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) control in sugarcane**. 162 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Entomologia Agrícola) –Unesp, Jaboticabal

Forbes C, Evans M, Hastings N, Peacock B (2011) **Statistical distributions**. John Wiley & Sons.

Fritz MS (2014) Na exponential decay model for mediation. **Prevetion Science**. 2014:15(5):611-22.

Hagler JR, Jackson, CG (2001) Methods for marking insects: current techniques and future prospects. **Annual review of entomology**. 46(1):511-543.
Krebs J (1988) **Ecological Methodology**. New York: Harper & Row.

He FL, Alfaro RI (1997). White pine weevil (Coleoptera: Curculionidae) attack on white spruce: spatial and temporal patterns. **Environment Entomology**. 26: 888–895.

Lisboa IP, Cherubin MR, Lima RP, Cerri CC, Satiro LS, Wienhold B J, Schmer MR, Jin VL, Cerri CE (2018) Sugarcane straw removal effects on plant growth and stalk yield. **Industrial Crops and Products**. 111:794-806.

Machial LA, Lindgren BS, Steenweg RW, Aukema BH (2012) Dispersal of Warren root collar weevils (Coleoptera: Curculionidae) in three types of habitat. **Environmental entomology**. 41(3): 578-586.

Machado RS, Ribeiro RV, Marchiori PER, Machado DFSP, Machado EC, Landell MGDA (2009) Respostas biométricas e fisiológicas ao déficit hídrico em cana-de-açúcar em diferentes fases fenológicas. **Pesquisa agropecuária brasileira**. 44:1575-1582.

Nathan R, Klein E, Robledo-Arnuncio J J, Revilla E (2012) Dispersal kernels (Vol. 15, pp. 187-210). **Oxford**, UK: Oxford University Press.

Negro M, Casale A, Migliore L, Palestini C, Rolando A (2008) Habitat use and movement patterns in the endangered ground beetle species, *Carabus olympiae* (Coleoptera: Carabidae). **European Journal of Entomology**, 105(1), 105.

Neves VO, Rodrigues L AD, Mistro DC (2003) Um modelo para Dinâmica Populacional em Meios Heterogêneos. **Trends in Computational and Applied Mathematics**, 4(3), 341-346.

Precetti AACM, Arrigoni EB (1990) **Aspectos biológicos e controle do besouro *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae)**. Copersucar.

Precetti AACM, Teran FO (1983) **Gorgulhos da cana-de-açúcar, *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978, e *Metamasius hemipterus* (L., 1765) (Col., Curculionidae)**. In: COPERSUCAR: Reunião Técnica Agrônômica: Pragas da Cana-de-açúcar. São Paulo.p. 32-37.

Proença-Ferreira A, Borda-de-Água L, Porto M, Mira A, Moreira F, Pita R. (2023). dispfit: An R package to estimate species dispersal kernels. **Ecological Informatics**, 75, 102018.

Python Software Foundation. Python Language Site: Documentation, 2023. Página de documentação. Disponível em: <<https://www.python.org/doc/>>. Acesso em: 12 de nov. de 2023.

Para referenciar o RStudio 2024 no estilo ABNT, você pode usar o seguinte formato:

RSTUDIO TEAM. RStudio: Integrated Development for R. [S.I.]: RStudio, PBC, 2024. Disponível em: <https://www.rstudio.com/>.

Ripoli MLC, Ripoli TCC (2008) Vantagens do uso do palhiço para queima e produção de vapor. **Visão Agrícola**, v. 5, n. 8, p. 66-68, 2008.

Ribeiro H, Ficarelli TRA (2010) Queimadas nos canaviais e perspectivas dos cortadores de cana-de-açúcar em Macatuba, São Paulo. **Saúde e Sociedade**. São Paulo. 19(1):48- 63.

Sá MAC, Franz CAB, Santos Junior J, Rein TA, Bufon VB, Carvalho AM, Muller AG (2015) **Manejo do palhiço residual na cultura de cana-de-açúcar no Cerrado: Primeira aproximação**. Planaltina, DF. Circular Técnica 27/Embrapa:5.

SAS Institute. Inc. SAS On Demand for Academics. 2023. https://www.sas.com/en_us/software/on-demand-for-academics.html
Southwood TER, Henderson PA (2000) **Ecological methods**, 3rd ed. Wiley, New York, p 593.

Silveira Neto S, Nakano O, Barbin D, Villa Nova NA. **Manual de ecologia dos insetos**. São Paulo, Ed . Agron . Ceres, 1976 . 419pp.

Szyszkowski J, Gryuntal S, Schwerk A (2004) Differences in locomotory activity between male and female *Carabus hortensis* (Coleoptera: Carabidae) in a pine forest and a beech forest in relation to feeding state. **Environmental Entomology**, 33(5):1442-1446.

UNICA- UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. **Produção de cana-de-açúcar do Brasil**. v. 2024. n. 24/04/2024. São Paulo: UNICA, 2024.

Vanin, SA. A new species of *Sphenophorus schoenherr* from Brazil (Coleoptera, Curculionidae, Rhynchophorinae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 34, n. 4, p. 697- 701, 1990.

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.

Vinatier F, Chailleux A, Duyck P F, Salmon F, Lescourret F, Tixier P (2010) Radiotelemetry unravels movements of a walking insect species in heterogeneous environments. **Animal behaviour**. 80(2), 221-229.

Vinatier F, Lescourret F, Duyck P F, Martin O, Senoussi R, Tixier P (2011) Should I stay or should I go? A habitat-dependent dispersal kernel improves prediction of movement. **Plos One**. 6(7), e21115.

Xavier GG, Sá Farias E, Carmo DDG, Guedes AG, Samuels RI, Freitas DR, Pereira EJG, Lima E, Picanço MC (2024). Determining Factors and Economic Injury Levels for *Sphenophorus levis* for Chemical and Biological Control in Irrigated and Non-irrigated Sugarcane Crops. **Neotropical Entomology**, 1-9.