

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA-UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**INFESTAÇÃO DE *Sphenophorus levis* VAURIE, 1978
(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM RELAÇÃO AOS
PONTOS DE TRANSFERÊNCIA DE CANA-DE-AÇÚCAR**

**Jivago de Oliveira Rosa
Engenheiro Agrônomo**

2022

**INFESTAÇÃO DE *Sphenophorus levis* VAURIE, 1978
(COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM RELAÇÃO AOS
PONTOS DE TRANSFERÊNCIA DE CANA-DE-AÇÚCAR**

Discente: Jivago de Oliveira Rosa

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).

2022

R788i Rosa, Jivago de Oliveira
Infestação de *Sphenophorus levis* VAURIE, 1978 (coleoptera: curculionidae) em relação aos pontos de transferência de cana-de-açúcar / Jivago de Oliveira Rosa. -- Jaboticabal, 2022
28 p. : tabs., fotos

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientador: Odair Aparecido Fernandes

1. Entomologia. 2. Cana-de-açúcar. 3. Pragas de Cana-de-açúcar. I. Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



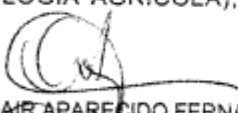
CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

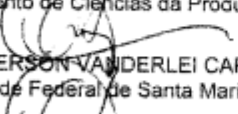
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: INFESTAÇÃO DE *Sphenophorus levis* VAURIE, 1978 (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) EM RELAÇÃO AOS PONTOS DE TRANSFERÊNCIA DE CANA-DE-AÇÚCAR

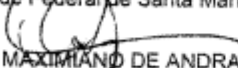
AUTOR: JIVAGO DE OLIVEIRA ROSA

ORIENTADOR: ODAIR APARECIDO FERNANDES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em AGRONOMIA (ENTOMOLOGIA AGRÍCOLA), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. ODAIR APARECIDO FERNANDES (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola (Fitossanidade) / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Prof. Dr. JERSON VANDERLEI CARUS GUEDES (Participação Virtual)
Universidade Federal de Santa Maria-UFSM / Santa Maria/RS


Dr. FABIO MAXIMIANO DE ANDRADE SILVA (Participação Virtual)
FMC Química do Brasil / Paulínia/SP

Jaboticabal, 12 de novembro de 2021

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Jivago de Oliveira Rosa nasceu em 02 de fevereiro de 1987, na cidade de Franca, SP. Estudou todo seu ensino fundamental e médio em escola pública Formou-se em Engenharia Agrônômica (2012) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, FCAV/Unesp, Câmpus de Jaboticabal. Na graduação desenvolveu atividades na área do conhecimento em plantas daninhas sob a orientação do Prof. Dr. Pedro Luis da Costa Aguiar Alves. Desenvolveu trabalhos com bolsa CNPq em estudos relacionados com *Urochloa brizantha* na cultura do Eucalipto. Desenvolveu seu trabalho de Iniciação Científica (conclusão de curso) sobre períodos de interferência de plantas daninhas na cultura do sorgo granífero, o qual posteriormente foi publicado na Revista Brasileira de Milho e Sorgo. Ao final do curso de graduação tornou-se estagiário na Usina São Martinho no município de Pradópolis-SP para currículo obrigatório e posteriormente foi contratado como funcionário pela empresa, onde permaneceu por 4 anos. Em 2016 trabalhou com vendas de produtos da empresa Bayer por 6 meses. Após esse período, se tornou Consultor autônomo em pragas na cultura da cana-de-açúcar. Como consultor publicou e desenvolveu trabalhos de pesquisas e textos técnicos em diversas revistas do setor a respeito de *Hyponeuma taltula*, *Sphenophorus levis*, *Metamasius hemipterus* e *Mahanarva* spp. Em agosto de 2019, ingressou no Mestrado junto ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Entomologia Agrícola), na FCAV/Unesp, Câmpus de Jaboticabal sob a orientação do Prof. Dr. Odair Aparecido Fernandes.

“Mestre não é quem sempre ensina, mas quem de repente aprende”
(João Guimarães Rosa). Grandes Sertões Veredas

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de fazer do mundo um lugar melhor.

Aos meus pais Antonio Natalino Rosa e Nilva de Oliveira Rosa pela educação, dedicação e amor incondicional para chegar onde cheguei.

Aos meus irmãos Graziela, Antonioni e Aretusa pelo apoio nas dificuldades que passei durante meus estudos e formação.

A toda minha Família (afilhados, sobrinhos, cunhados, tios etc.)

Um agradecimento especial para minha esposa Rosana Helena Rosa que dedicou esses últimos anos para me dar força, coragem e perseverança.

Agradeço aos meus filhos de criação Isabela e Igor por absorver educação e reconhecimento e por todo apoio que me deram.

Um agradecimento especial aos meus clientes e amigos que me apoiaram e acreditaram no meu trabalho Angelo Anibal, Jean Anibal, Andre Anibal, Cid Meirelles, Gil Biz, Diego Selegato, Rogerio Rizzo, Tadeu Arantes, Álvaro Arantes, João Victor Arantes, Marcelo Amaral Ferreira, Waldo Villela Ferreira, Eduardo Fadul Ferreira, Paulo Sérgio de Jesus, Sandra Bavaresco de Jesus, Júlia Bavaresco de Jesus e Nelson Augusto. Todos sem exceção estarão para sempre na minha vida, pois através deles minha vida profissional se tornou algo que validou minha existência.

Aos consultores e amigos Modesto Barreto, Marcos Antonio Kuva e Tiago Pereira Salgado. Serei eternamente grato pela troca de experiências e principalmente por me proporcionar conhecimento e ajuda.

Também não poderia me esquecer dos companheiros profissionais José Nasareno Júnior, Alexandre Cologna, Antonio Toniolo, Rodrigo Lima, Marcos Pereira, Raul Dias e José Roberto Gregório que em algum momento me deram apoio na minha trajetória de consultor.

Sempre serei grato por todo o corpo de funcionários do departamento de entomologia da unesp UNESP Jaboticabal (Professores, técnicos e alunos).

Jamais me esquecerei dos amigos que adquiri junto ao APECOLAB e que comigo compartilharam conhecimento e ajuda (André, José, Gabriel, Sabrina, Vinicius, João Marcelo, Adrielle, Ellen, Hermann, César, Luis Augusto, Ricardo,

Rafaela, Gabriela, Marina, Thaynara e Yasmin).

Agradeço também aos amigos que adquiri na Sociedade São Vicente de Paulo (Borba, Jésus, Marco e José) pelas orações e também pela luta contra a miséria das pessoas mais necessitadas.

Agradeço aos amigos importantes que me ajudaram nas dificuldades da vida (Adauto Alves, Marcos Paulo, Rafael Peluco, Bruno Mazzaron, Alberto Henriques e muitos outros que aqui não caberia tantos nomes).

Serei eternamente grato aos professores que comporam a mesa coordenadora e me aceitaram como aluno Regular da pós graduação (Nilza Maria Martinelli, Arlindo Leal Boiça Jr., Raphael Campos Castilho e Guilherme Duarte Rossi).

Por fim, um agradecimento especial ao meu orientador Odair Aparecido Fernandes que me conduziu, ajudou e me desenvolveu. Serei eternamente grato pelos seus conselhos, ajuda e disponibilidade. Uma pessoa que nunca mediu esforços para me transformar num profissional mais qualificado e com uma dimensão maior de conhecimento científico.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	ii
ABSTRACT	iii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Gênero <i>Sphenophorus</i>	4
2.2. Biologia de <i>Sphenophorus levis</i>	5
2.3. Dinâmica populacional, distribuição e dispersão de <i>S. Levis</i>	6
3. MATERIAL E MÉTODOS	10
3.1 Determinação das áreas de estudo e pontos de transferência	10
3.2. Levantamento populacional.....	12
3.3 Medição das distâncias e análises estatísticas.....	13
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
5. CONCLUSÃO.....	22

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

RESUMO – *Sphenophorus levis* é uma importante praga que causa prejuízos econômicos significativos na cultura da cana-de-açúcar. Seu ataque causa lesões internas no rizoma e parte basal das plantas, podendo provocar danos irreversíveis. Em diversas situações tem sido notado maior infestação e, consequentemente, mais danos em áreas próximas aos pontos de transferência de carga de cana picada utilizados no processo de colheita mecanizada. Deste modo, este trabalho teve o objetivo de estudar a infestação e a dispersão do inseto praga em cultivos comerciais de cana-de-açúcar e também identificar se existe alguma relação entre os pontos de transferências de cana colhida e infestações da praga para melhor compreensão do movimento do inseto no espaço e no tempo. O trabalho foi desenvolvido em áreas comerciais nos municípios de Cravinhos, Serra azul e São Simão, SP, sem a aplicação de inseticida para controle da praga. As avaliações ocorreram por meio da quantificação das formas biológicas (larvas, pupas e adultos) e as injúrias ocasionadas pelo inseto-praga após abertura de trincheiras de 50 x 50 x 30 cm. Os levantamentos foram realizados entre abril e setembro dos anos de 2017, 2018 e 2019. A distância entre os pontos de transferências, os quais foram pré estabelecidos e fixos durante o estudo, e os pontos amostrais foi determinada para a análise de regressão. Evidenciou-se influência do ponto de transferência nas populações de *S. levis*, com maior infestação nas áreas mais próximas deste local. Ainda, verificou-se aumento da área infestada ao longo do tempo. Os resultados também permitiram determinar que o aumento do nível de infestação é de 11,98% ao ano e o raio de infestação aumenta em 62,5 m ao ano na ausência de medidas de controle.

Palavras Chaves: Dispersão, Distribuição Espacial, Pragas de Solo, Bicudo-da-Cana.

Infestation of *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) in relation to sugarcane transfer sites.

ABSTRACT - *Sphenophorus levis* is an important insect pest that causes significant economic losses to sugarcane crop. Its attack causes internal lesions to rhizome and basal part of the plants, which can lead to irreversible damage. In several situations it has been noted high infestation and, consequently, more damage in areas near to the chopped-cane transferring sites used for the mechanized harvesting process. Thus, this work aimed to study the infestation and dispersion of this insect pest in commercial sugarcane crops and also to identify if there is any relationship between harvested cane transferring sites and pest infestations, in order to better understand insect movement in space and time. The work was carried out in commercial areas in the municipalities of Cravinhos, Serra Azul and São Simão, São Paulo state, Brazil, without the application of insecticide to control the pest. Evaluations occurred through the quantification of biological stages (larvae, pupae and adults) and injuries caused by the insect pest using 50 x 50 x 30 cm holes. These surveys were taken place between April and September of 2017, 2018 and 2019. The distance between the preset and fixed transferring sites and the sampling points was measured for the regression analysis. It was verified that transferring sites influenced the populations of *S. levis*, with higher infestations in the areas closer to these locations. Also, it was confirmed an increase in the infested area over time. The results also allowed us to determine that the increase in the infestation level is 11.98% per year and the infestation radius increases by 62.5 m each year if no control measures are adopted.

Key Words: Dispersal, Spatial Distribution, Soil Pests, Sugarcane Weevil.

1. INTRODUÇÃO

Atualmente na cana-de-açúcar ocorrem perdas consideráveis em função de diversos insetos pragas que atacam a cultura e causam injúrias. Dentre as pragas mais comuns na cultura da cana-de-açúcar, algumas, particularmente, habitam o solo e causam ataques aos rizomas das plantas. O bicudo da cana, *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae), por exemplo, se destaca como uma das mais importantes e de mais difícil controle (Almeida, 2005 ; Salvadori et al., 2020).

Sphenophorus levis é um inseto praga que está presente durante todo o ciclo de desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar. Embora haja coexistência de todas as formas biológicas do inseto durante o ano, os períodos mais quentes e úmidos são marcados por uma predominância de insetos adultos enquanto nos períodos mais secos há maior predominância e abundância de imaturos. Ressalta-se, contudo, que nos períodos em que há escassez de chuvas, os ataques de *S. levis* podem causar a morte da planta, falha na brotação e consequentemente perdas de produtividade em função da diminuição do estande (Degaspari et al., 1978; Almeida et al., 2008). As perdas de produtividade podem ser elevadas podendo atingir 20 a 30 t/ha, além de causar a morte de 50 a 60% dos perfilhos durante os primeiros meses de desenvolvimento da cultura (Terán e Precetti, 1982; Precetti e Arrigoni, 1990)

O manejo integrado de pragas é uma importante ferramenta de apoio para a adoção de medidas isoladas ou conjuntas que reduzem os prejuízos econômicos e que leva em consideração a relação custo/benefício e impactos sociais e ambientais (Kogan, 1998). Para *S. levis* as principais táticas de controle realizadas incluem o uso de produtos químicos, biológicos e manejo cultural. O controle químico é realizado por meio de pulverização de inseticida em sulcos de plantios ou em aplicação com disco de corte em cana soca. Neste processo com disco de corte, o implemento possui um disco de metal que promove abertura de sulco de 10 a 15 cm de profundidade na linha produtiva da cana (Dinardo-Miranda et al., 2006). Ainda, é possível a utilização dos inseticidas em iscas de toletes de cana, que permitem a atração dos insetos e sua intoxicação após a alimentação (Precetti e Arrigoni, 1990). Todavia, esta estratégia é

laboriosa e eventualmente utilizada apenas para amostragem ou determinação dos pontos de infestação da área de cultivo. O controle biológico é realizado com o fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* que tem sido aplicado direcionado ao solo nos períodos de maior umidade, porém há trabalhos em laboratórios com resultados para proteínas Cry da bactéria *Bacillus thuringiensis*, fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* e nematoides entomopatogênicos (Badila-Fernández e Alves, 1994; Tavares et al., 2007; Cícero et al., 2009). E, por sua vez, as táticas de manejo culturais mais utilizadas são a eliminação de soqueira na reforma dos canaviais associada com a sucessão de cultura como soja, amendoim e crotalária (Pizano et al., 1987).

Apesar das diversas estratégias de manejo para o controle de *S. levis*, na prática, a aplicação de inseticidas químicos é a mais utilizada, porém não tem se mostrado suficiente como medida isolada (Dinardo-Miranda et al., 2006, Evangelista et al., 2017). Desta forma, alternativas ao controle químico são necessárias, uma vez que o uso excessivo dessa ferramenta aumenta os impactos negativos na biodiversidade e consequentemente na preservação dos agentes de controle biológico natural (McLaughlin, 1995; Colloff et al., 2013). Para tanto, melhor compreensão dos aspectos comportamentais de *S. levis* é fundamental para estabelecimento e melhor utilização das táticas de controle.

A distribuição espacial, bem como a movimentação (dispersão no espaço e no tempo) são aspectos importantes do comportamento dos insetos pragas e demais organismos, os quais têm influência na vida humana e na agricultura (Hanski e Gilpin, 1997; Ronce, 2007; Mazzi e Dorn, 2011). Diversos trabalhos mostraram que a distribuição nos talhões de cana-de-açúcar de *S. levis* é agregada para injúrias e formas biológicas, uma vez que se trata de espécie com movimentação lenta e com feromônios de atratividade entre os indivíduos (Zarbin et al., 2003; Izeppi, 2015). Assim, a disseminação do inseto em novas áreas pode ser favorecida pelo transporte de mudas infestadas, tanto que, isso foi apontado como o principal fator para se explicar a infestação desta praga em novas áreas de plantio, onde a praga inexistia (Degaspari et al., 1978; Precetti e Arrigoni, 1990).

Deste modo, o processo de colheita mecanizada também pode ser um forte influenciador no que diz respeito à disseminação e dispersão de *S. levis*. Nesse processo, a cana é inicialmente transferida diretamente para o transbordo de carga, que acompanha a colhedora durante o processo de colheita. Posteriormente, os toletes cortados são levados pelo transbordo até o ponto de transferência onde são transferidos para caminhões que os transportam até à unidade de processamento (usina ou destilaria). Em geral, o ponto de transferência da cana-de-açúcar colhida do transbordo para caminhões é pré-estabelecido e mantido por diversas safras no mesmo local para redução do fluxo de veículos pela área e, conseqüentemente, compactação do solo.

Durante a transferência da cana-de-açúcar do transbordo de carga para o compartimento maior do caminhão de transporte ocorre queda de material vegetal ao solo. O material presente no solo devido à queda causada pela transferência da carga pode estar infestado pelo inseto praga ou pode ser fator de atratividade devido à fermentação do material que é comprimido pela circulação dos equipamentos no ponto de transferência (Giron-Perez et al., 2009). Assim, acredita-se que os pontos de transferência podem servir para aumentar a infestação da praga. Com isso, a hipótese desse trabalho é que as áreas do entorno podem ser mais atacadas do que áreas distantes do ponto de transferência. Desta forma, o objetivo principal desse trabalho foi determinar a distribuição espacial e temporal de *S. levis* em relação aos pontos de transferência em áreas comerciais de cana-de-açúcar.

2. Revisão de literatura

2.1 O gênero *Sphenophorus*

O gênero *Sphenophorus* (Coleoptera: Curculionidae: Dryophthorinae) está distribuído em quase todos os continentes do mundo, entre norte e sul das Américas, Europa, África e Ásia. As espécies da América do Norte compreendidas entre Panamá e Canadá foram revisadas em 1951 por Patricia Vaurie e as espécies da Europa e norte da África revisadas por Pesarini em 1964. Na América do sul o gênero foi revisado posteriormente em 1978 por Patricia Vaurie, quando nessa ocasião *S. levis* foi classificado e catalogado como nova espécie (Vaurie, 1978).

Acredita-se que o gênero *Sphenophorus* seja originário da América do Norte, onde ocorrem 75 espécies. Espécies desse gênero ganharam destaque na América do Norte por causarem prejuízos econômicos em algumas espécies de gramíneas, principalmente em algumas variedades de gramas comerciais. Dentre as diversas espécies estão *S. venatus* Chittenden, *S. parvulus* Gyllenhaal, *S. minimus* Hart, *S. inaequalis* Say (Johnson-Cicalese et al., 1990; James et al., 1993; Huang e Buss, 2013; Illescas-Riquelme et al., 2016; Dupuy e Ramires, 2016; Gireesh e Joseph, 2021).

Na América do Sul são encontradas 18 espécies e especificamente no Brasil há a ocorrência de 13 espécies, incluindo *S. levis* que é uma espécie restrita à América do Sul (Vaurie, 1978). A espécie possui coloração castanho-escuro com listras pretas no pronoto e sulcos longitudinais no élitro (Degaspari et al., 1987).

Os ataques de *S. levis* à cana-de-açúcar foram constatados pela primeira vez no Brasil em 1977 na região de Piracicaba, SP. A espécie até então desconhecida foi denominada inicialmente como gorgulho rajado (Degaspari, 1987). Atualmente *S. levis* encontra-se disseminada em áreas produtivas de cana-de-açúcar do nos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Goiás, muito provavelmente sendo disseminada por mudas infestadas, uma vez que a capacidade de dispersão do inseto é lenta e sua capacidade de voar é bem restrita (Dinardo-Miranda, 2005). *Sphenophorus levis* é considerada praga primária, pois ataca a planta e causa morte de perfilhos causando perdas

significativas na cultura da cana-de-açúcar. As perdas podem superar 20 ton/ha (Arrigoni e Precetti, 1990).

2.2 Biologia de *Sphenophorus levis*

Os ovos possuem coloração branco leitosa nos primeiros dias após a postura e com o passar do tempo e proximidade da eclosão das larvas tornam-se escurecidos. Os ovos possuem formatos elíptico e medem cerca de 0,27 mm de comprimento e 0,012 mm de largura. Para realizar a postura, as fêmeas de *S. levis* perfuram os rizomas utilizando as mandíbulas, localizadas na extremidade do rostro, e, após isso, depositam os ovos de forma individualizada na base da planta, sendo que 90% das perfurações ocorrem abaixo do nível do solo (Casteliani et al., 2020). A eclosão dos ovos ocorre em média após 9 dias com viabilidade de aproximadamente 47% (Degaspari et al., 1987).

O número de ovos pode variar de 0,25 a 7,8 ovos/fêmea, de acordo com a idade do inseto. Os picos de postura ocorrem entre o sétimo e décimo quarto dia após o acasalamento e a média diária de postura é de 0,9 ovos/fêmea/dia (Barreto-Trianna et al., 2009). O total de ovos produzidos pelas fêmeas durante seu ciclo completo de vida é de cerca de 40 ovos, porém podendo até chegar num valor próximo a 70; sendo que 75% destes ovos são colocados durante a primeira metade de vida do inseto (Precetti e Arrigoni, 1990).

Logo após a eclosão as larvas possuem coloração esbranquiçada. Posteriormente, com a proximidade da mudança para fase de pupa, as larvas passam para coloração de tonalidade mais amarelada. A larva é ápoda e possui uma mancha em formato de “W” no primeiro segmento dorsal torácico. A cabeça tem coloração castanha e é dotada de mandíbulas muito bem estruturadas. O período larval varia entre 26 e 50 dias, com viabilidade de 35% (Degaspari et al., 1987; Arrigoni e Precetti, 1990).

A pupa de *S. levis* é livre possuindo todos os apêndices visíveis. A duração média do período pupal é próxima a 11 dias com viabilidade de 93,5%. Sua coloração mantém o mesmo padrão das larvas que são brancas no início

da fase pupal e amarelo escuro ao final deste período antes da emergência do adulto (Degaspari et al., 1987). As pupas são encontradas dentro da planta e não são abrigadas em casulos, como ocorre com a espécie *Metamasius hemipterus* Linnaeus, 1758 (Coleoptera: Curculionidae), que também ocorre em cana-de-açúcar (Arrigoni e Precetti, 1990).

Os adultos praticamente não voam, se movimentam com lentidão e possuem o comportamento de tanatose, ou seja, quando ameaçados ou tocados ficam imóveis como se estivessem mortos. A espécie possui dimorfismo sexual sendo que os machos são menores do que as fêmeas. O comprimento médio do macho é de 9,70 mm (variação de 7,7 a 11,20 mm) enquanto o da fêmea é de 11,9 mm (variação de 11,50 a 13,30 mm). Há também diferenças no tamanho do rostro, a fêmea possui rostro com comprimento médio de 3,4 mm e o do macho 2,7 mm. A fêmea possui quantidades menores de cerdas e pigídio truncado. O macho possui maior quantidades de cerdas e o pigídio é mais arredondo e largo. A fase adulta é longa chegando a 117 dias para machos e 119 dias para as fêmeas (Degaspari et al., 1987; Alencar, 2016). Outras espécies da família Curculionidae também possuem elevada longevidade na forma adulta, não sendo uma característica restrita de *S. levis*. Sarro et al. (2004), por exemplo, encontrou longevidade de 300 dias para *Homalinotus coriaceus* Gyllenhaal (Coleoptera: Curculionidae), uma praga que ataca coqueiros.

2.3 Dinâmica populacional, dispersão e distribuição espacial

Um aspecto importante para ajudar no manejo é conhecer o comportamento dos insetos pragas e assim definir táticas de controle. Entre outros, a dinâmica de populações e a distribuição dos insetos pragas no espaço e no tempo são comportamentos que podem trazer consequências severas para a agricultura. Tais comportamentos são imprescindíveis para permitir diversificação geneticamente das populações, uma vez que através dela o fluxo gênico pode ocorrer e muitas interações estarão sujeitas a ocorrerem, inclusive de maneira negativa, pois os indivíduos que se dispersam no ambiente também estão sujeitos à predação e ao custo adaptativo do novo ambiente podendo ocorrer aumento da mortalidade (Hanski e Gilpin, 1997; Ronce, 2007; Mazzi e

Dorn, 2011).

Os estudos relacionados à dinâmica populacional de *S. levis* demonstram coexistência de todas as fases biológicas do inseto durante o ano, porém é notório uma maior frequência de formas biológicas em determinados períodos. Para as formas biológicas de imaturos na forma de larvas e pupas, há maior ocorrência predominantemente nos períodos com menores índices pluviométricos. Por outro lado, para os adultos, os maiores picos são observados nos períodos mais chuvosos com maior quantidade nos meses de fevereiro e março (Degaspari et al., 1987; Izeppi, 2015). A dinâmica populacional do inseto praga pode ainda estar diretamente relacionada com a temperatura mínima e umidade relativa do ar (Alencar, 2016), além da precipitação. Todavia, estudos envolvendo esses fatores ainda precisam ser elaborados para melhor compreensão da sazonalidade e aumento da população de *S. levis*. Segundo Vives (2000), a temperatura aumenta a capacidade metabólica, o acasalamento e a viabilidade dos ovos de insetos de maneira geral. De acordo com Silveira Neto et al. (1976), a umidade relativa maior diminui a mortalidade, aumenta a longevidade e ocasiona aumento da fecundidade e velocidade de desenvolvimento dos insetos.

Outro aspecto importante se refere à determinação da distribuição espacial dos insetos. Isto é necessário para o estabelecimento de plano de amostragem. Isso decorre pois a distribuição de insetos pode ser uniforme, aleatória ou agregada e os modelos probabilísticos que os representam, Binomial Positiva, Poisson e Binomial Negativa, respectivamente (Perecin e Barbosa, 1992). O estudo de distribuição dos insetos pragas nas áreas agrícolas é importante, uma vez que para a adoção de um plano amostral eficiente é necessário conhecer a sua distribuição espacial e desta forma utilizar a referência populacional para prever a infestação crítica e o início da adoção de controle (Giles et al., 2000; Guedes et al., 2006; Garcia et al., 2021).

Para *S. levis* quase todos os trabalhos demonstraram distribuição binomial negativa e portanto comportamento fortemente agregado (Izeppi, 2015; Alencar, 2016; Rosa e Fernandes, 2020). O comportamento de agregação é muito comum em vários insetos, contudo em coleópteros da família

Curculionidae esse comportamento é extremamente comum devido à produção de feromônios. Os feromônios são semioquímicos que atuam em indivíduos da mesma espécie, já os que atuam na relação emissão e receptor de espécies distintas são chamados aleloquímicos. Os principais comportamentos ocasionados aos insetos pela a produção de feromônios são a atração pelo acasalamento, atração de agregação para alimentação e atração de trilha ou indicador de orientação, este ultimo muito comum em insetos sociais (Zarbin et al., 2009). Na grande maioria dos curculionídeos, os machos são os responsáveis pela produção desses voláteis que atraem ambos os sexos, porém em algumas espécies a fêmea também produz feromônios que podem variar de curto a longo alcance ou até mesmo de contato com diversas finalidades (Ambrogi et al., 2009).

No entanto, para *S. levis*, estudos com cromatografia gasosa identificaram substâncias voláteis apenas nos machos dessa espécie. O composto identificado foi o 2- methyl-4-octanol, um álcool alifático que é responsável pela expressão do comportamento de agregação dessa espécie e que também foi identificado para a espécie *Sphenophorus incurrens* Gyllenhal (Zarbin et al., 2003; Illescas-Riquelme et al., 2016). Dessa forma, esse tipo de comportamento agregado relacionado ao inseto explica o ataque em reboleiras. Nota-se para *S. levis* formas biológicas e danos distribuídos em canaviais de maneira agregada (Izeppi, 2015; Rosa e Fernandes, 2020). O mesmo comportamento ocorre para outros insetos do gênero, como *S. parvulus* e *S. venatus* que possuem relatos de ataques em gramas no norte da américa, causando morte das planta com sintomas visíveis de reboleira (Dupuy e Ramires, 2016; Gireesh et al., 2021).

Outro ponto importante com relação ao comportamento espacial é a disseminação do inseto-praga. *Sphenophorus levis* possui baixa capacidade de voo e portanto restringe-se a caminhar em movimentos lentos (Degaspari et al., 1987). Para Degaspari et al. (1987), o inseto tem capacidade de dispersão de 6,6 metros a 11,1 metros por mês. Arthur et al.(1987) observaram que os machos possuem capacidade maior de dispersão do que as fêmeas. Precetti et al. (1983) encontraram valores próximos de 3 a 5 metros por dia para ambos os sexos. As diferenças de valores ocorrem em função de inúmeros fatores que podem

interferir na movimentação do inseto como: variações do ecossistema; fatores abióticos; metodologia de estudo; etc. (Ronce, 2007). Independentemente dos resultados, observa-se que *S. levis* possui baixa capacidade de movimentação.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Determinação das áreas de estudo e pontos de transferência

Para estudar a influência dos pontos de transferência na cultura da cana-de-açúcar sobre as populações de *S. levis*, dados de levantamentos populacionais da praga em cultivos comerciais nos municípios de Serra Azul, Cravinhos e São Simão, SP, foram utilizados e totalizaram 586 ha (Tabela 1). Estes levantamentos foram realizados nas safras 2017, 2018 e 2019 e as variedades cultivadas foram: SP80-1816, CTC4, IAC5000, RB825336, SP96-5156 e SP83-2847. As áreas de estudo não receberam qualquer aplicação de inseticida para controle de *S. levis*.

Tabela 1: Identificação das áreas comerciais de cana-de-açúcar com avaliação da infestação de *S. levis* em áreas adjacentes a pontos de transferência.

Fazendas	Ponto de Transferência	Coordenada (S)	Coordenada (W)	Município
Capão	A1	21°19'46.62"S	47°38'31.11"W	Serra Azul- SP
Capão	A2	21°19'29.05"S	47°38'10.61"W	Serra Azul- SP
Santana	A3	21°18'39.62"S	47°45'8.47"W	Cravinhos-SP
Santana	A4	21°19'22.31"S	47°44'54.66"W	Cravinhos-SP
Santa Irene	A5	21°26'49.67"S	47°38'37.06"W	São Simão-SP
Santa Irene	A6	21°25'48.02"S	47°38'51.66"W	São Simão-SP
Santa Luzia	A7	21°21'29.58"S	47°39'8.64"W	Serra Azul- SP
Santa Luzia	A8	21°21'55.76"S	47°38'56.26"W	Serra Azul- SP
Tamanduá	A9	21°23'48"S	47°35'14" W	Serra Azul- SP
Tamanduá	A10	21°24'15.90"S	47°34'34.48"W	Serra Azul- SP
Tamanduá	A11	21°22'43.64"S	47°34'53.34"W	Serra Azul- SP
Tamanduá	A12	21°23'23.28"S	47°34'32.01"W	Serra Azul- SP

Foram adotadas 12 áreas de estudo. Caracterizou a área de estudo como um agrupamento de talhões no entorno de um ponto de transferência dos quais os colmos foram colhidos, transbordados e carregados nos caminhões de transporte para as usinas. Por sua vez, o ponto de transferência foi definido como uma área não cultivável, retangular e delimitada para uso quase que exclusivo da colheita da cana de açúcar, sendo eventualmente utilizado como espaço para a deposição de insumos agrícolas. O ponto de transferência é um ponto de captação de toda a cana colhida dos talhões situados ao seu entorno. Em todas

as áreas de estudo, os pontos de transferências já estavam pré-estabelecidos pelo proprietário (Figura 1).



Figura 1. Caminhão em ponto de transferência recebendo material vegetal (toletes de cana-de-açúcar).

Após o estabelecimento das 12 áreas de estudo, foi realizada amostragem individual em cada talhão. Todos os pontos de amostragem foram devidamente georreferenciados e adotou-se um ponto amostral por hectare, de forma a manter a proporcionalidade do esforço amostral independentemente do tamanho do talhão (Figura 2). Em função do georreferenciamento dos pontos amostrais no primeiro ano de avaliação (2017), buscou-se manter os levantamentos dos anos posteriores (2018 e 2019) baseado na mesma coordenada geográfica a fim de possibilitar uma melhor compreensão do estudo da distribuição e da infestação do inseto praga no decorrer do tempo.

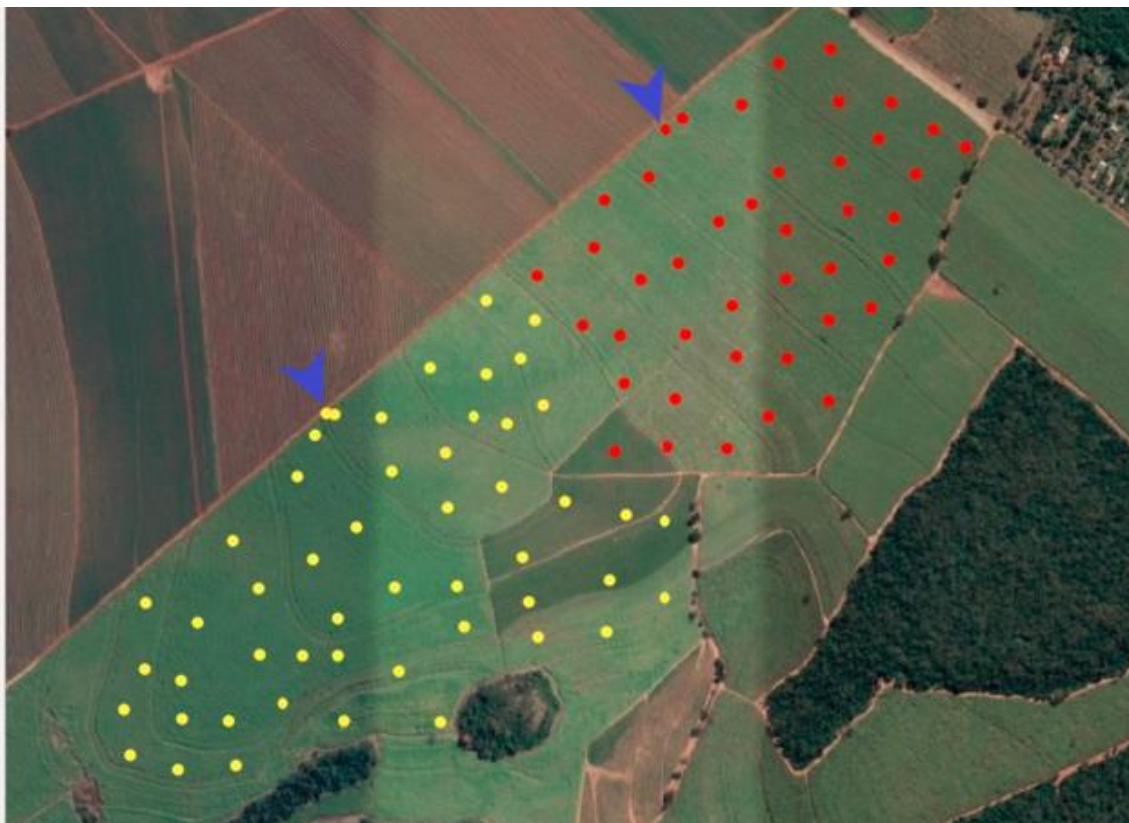


Figura 2. Áreas de estudo de *S. levis* em cana-de-açúcar com os pontos de amostragem georeferenciados. Pontos em amarelos e vermelhos indicam diferentes áreas de estudos, cujos pontos de transferência são indicados pelas setas azuis.

3.2 Levantamento populacional

O levantamento populacional da praga foi realizado por meio da amostragem de insetos (larvas, pupas e adultos) e sinais de ataque no rizoma das plantas. Para tanto, trincheiras de 0,5 x 0,5 x 0,3 m foram abertas no período entre abril e setembro, escolhido por ser o período de pós-colheita que permite os levantamentos de danos e formas biológicas através do arranquio dos rizomas da cana que foi colhida, conforme sugerido por Precetti e Arrigoni (1990). Os insetos foram identificados, quantificados e registrados. Após isso, eles foram descartados no próprio local sem matá-los. Já o material vegetal analisado foi deixado no solo de maneira que permanecesse exposto ao sol para desidratação.

3.3 Medição das distâncias e análises estatísticas

As distâncias dos pontos amostrais aos pontos de transferência de carga foram mensuradas utilizando os programas ARCGis (ESRI) e AgroCAD (Tecgraf) por meio de suas coordenadas geográficas. Após a obtenção dos dados amostrais no período de três anos, os valores de infestação foram agrupados por faixas de distância de 100 em 100 m para uma melhor observação em coroas circulares concêntricas. Para cada faixa houve a determinação do percentual de infestação calculado pela equação abaixo.

$$\text{Inf} = \frac{100P_i}{P_t}$$

Onde:

Inf – Percentual de infestação

Pi – Quantidades de pontos infestados

Pt – Quantidades de pontos totais avaliados

Para verificação do gradiente de ataque e infestação entre as diversas áreas no entorno dos pontos de transferência foi realizado análise de regressão utilizando o procedimento PROC CORR (SAS Institute, Cary, NC, USA). A distância entre o ponto de transferência e talhões (pontos de amostragem) foi adotada como variável independente e a infestação (formas biológicas e sinais de ataque ao rizoma) como variável dependente, expressa em porcentagem de infestação. Também realizou-se análise de regressão para a variação temporal da infestação.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em todas as áreas avaliadas verificou-se que há uma relação negativa entre a infestação e a distância do ponto de transferência de cana-de-açúcar (Tabela 1), mas positiva com o tempo decorrido.

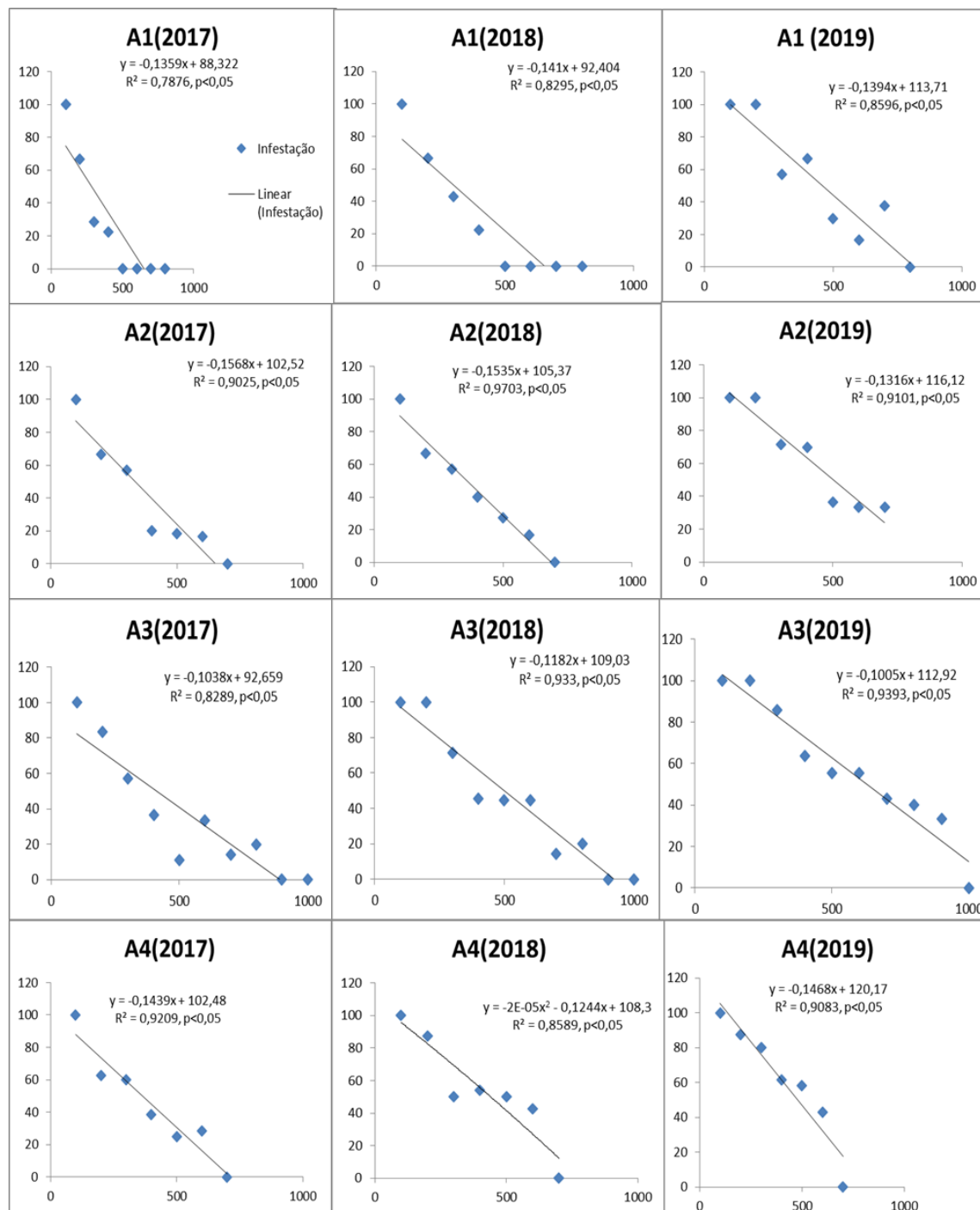
Tabela 2. Equações das regressões lineares múltiplas para estimativa da infestação (Y) de *S. levis* em cana-de-açúcar baseada no tempo (T) e distância do ponto de transferência (D).

Áreas estudadas	Equação
A1	$Y = -0,13873D + 11,90750T - 23931$
A2	$Y = -0,14729D + 11,84200T - 23789$
A3	$Y = -0,10704D + 16,27800T - 32744$
A4	$Y = -0,11367D + 13,90150T - 27942$
A5	$Y = -0,10750D + 11,05500T - 22204$
A6	$Y = -0,14322D + 8,26429T - 16566$
A7	$Y = -0,17063D + 14,78714T - 29722$
A8	$Y = -0,13496D + 12,15556T - 24414$
A9	$Y = -0,15049D + 15,49357T - 31163$
A10	$Y = -0,08959D + 8,99333T - 18043$
A11	$Y = -0,11653D + 7,68875T - 15418$
A12	$Y = -0,16922D + 11,40083T - 22893$

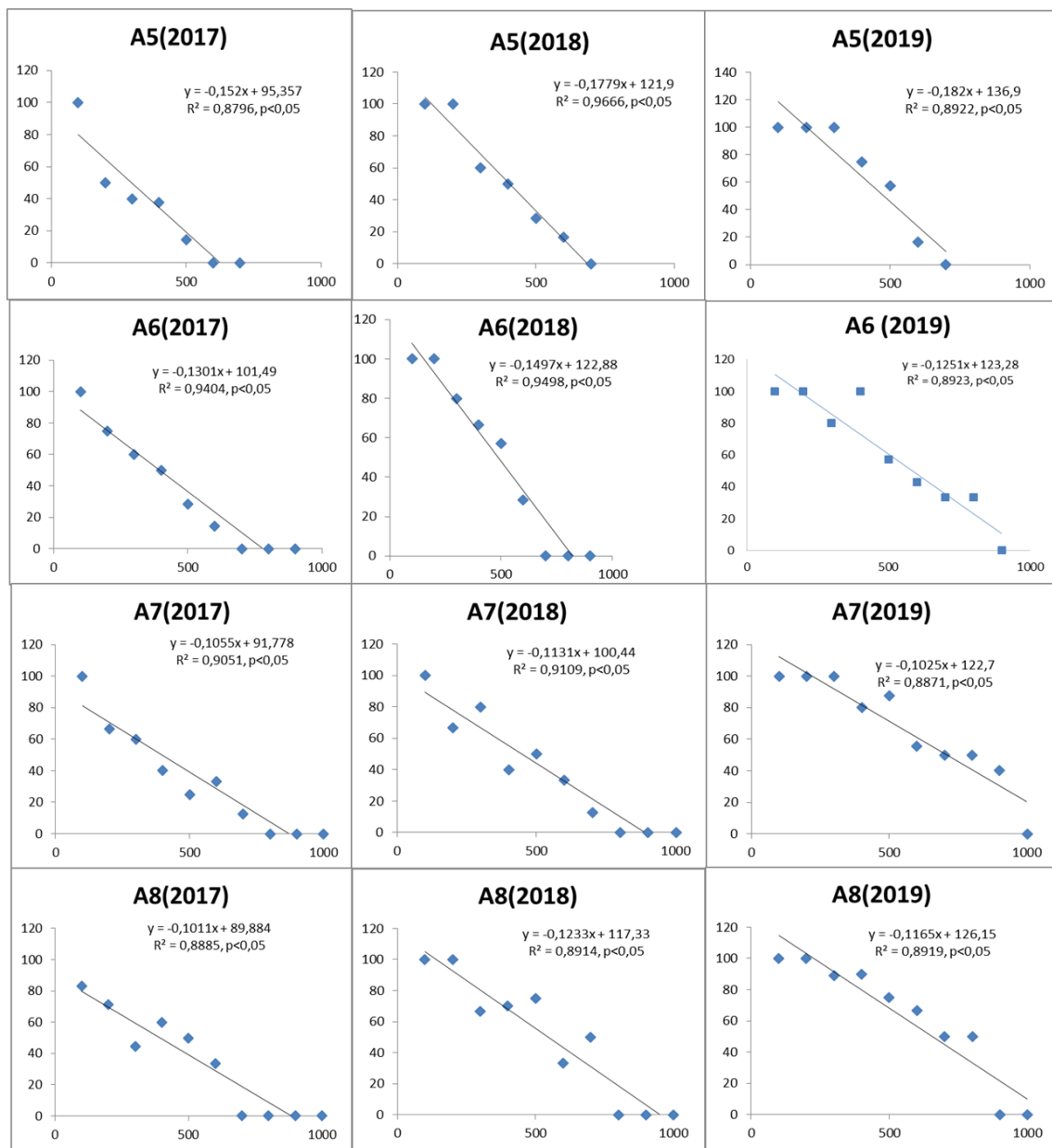
A1 a A12 = Áreas de estudo; Y= variável dependente infestação em porcentagem; D= distância do ponto de transferência aos talhões do entorno em metros; T= tempo em anos

Os valores dessa relação indicaram que a infestação diminui à medida que se aumenta a distância do ponto de transferência demonstrando maior proporção da presença e ataque de *S. levis* em regiões mais próximas do local de utilização para transferência da cana-de-açúcar picada. As análises de regressão de todas as áreas avaliadas nos anos de 2017, 2018 e 2019 apresentaram valores de coeficiente de regressão (R^2) superior a 78% e todos foram significativos ($P < 0,05$) (Figura 2).

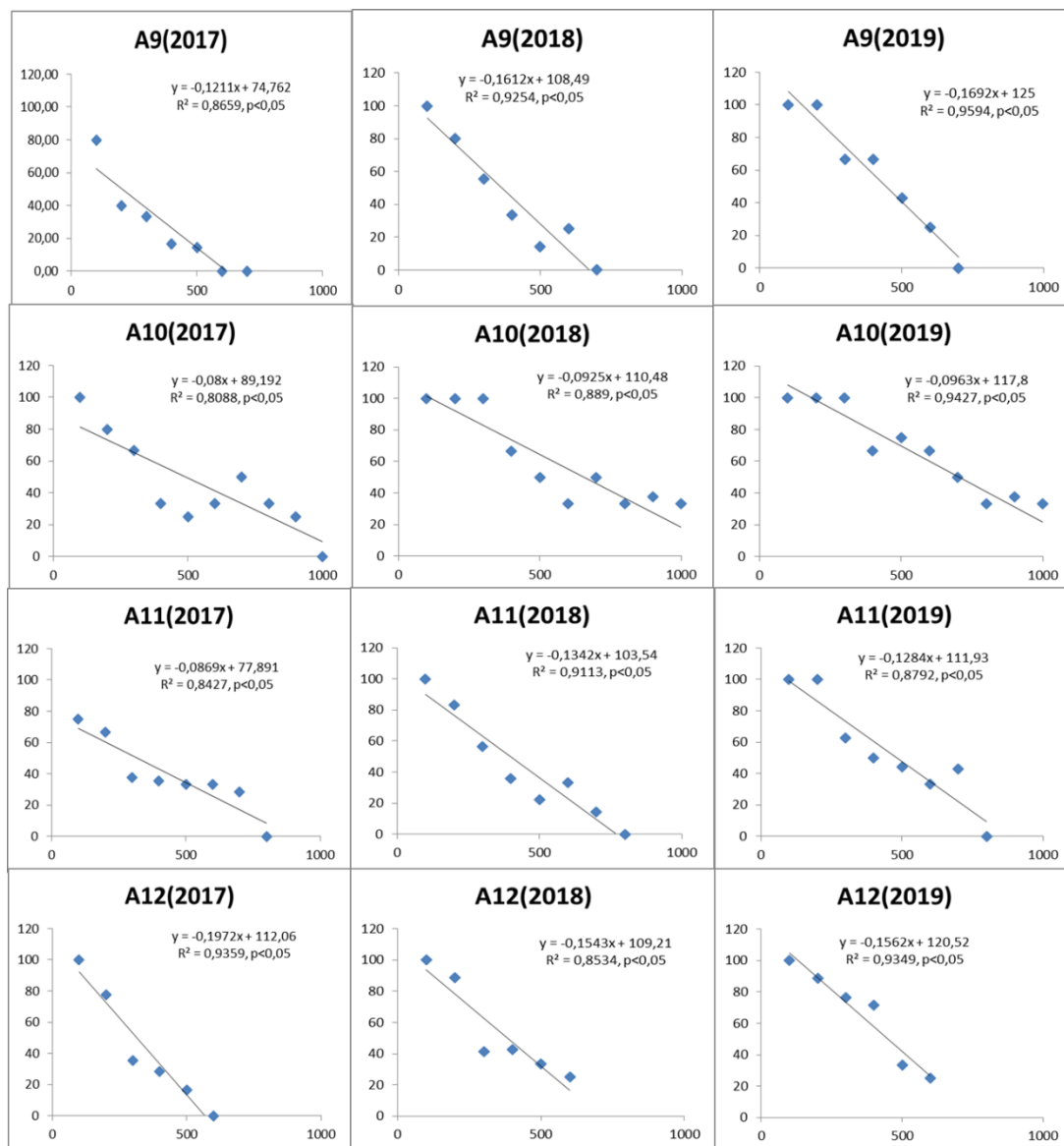
Figura 2. Relação entre infestação de *Sphenophorus levis* e distância do ponto de transferência de 12 áreas comerciais de cana-de-açúcar sem tratamento para controle da praga no período de 2017 a 2019.



continuação



Continuação



Embora o estudo tenha sido realizado com diferentes genótipos e idades de corte, a relação entre infestação e distância do ponto de transferência foi consistente e negativa. Mesmo que a idade de corte e os genótipos estudados causem influência na população do inseto o estudo de regressão evidenciou um padrão de comportamento de distribuição independentemente dessas variáveis. Diferenças nas inclinações das equações podem ocorrer por múltiplos fatores não avaliados no trabalho, porém o comportamento padrão da distribuição se manteve nas mais diversas áreas de estudo indicando uma forte relação entre o ponto de transferência e a infestação do inseto.

Com a colheita mecanizada e a transferência do material vegetal do transbordo para o caminhão de carga, muitos toletes caem ao solo e podem estar infestados com formas biológicas de *S. levis*. Embora neste estudo não tenha sido realizada avaliação da infestação dos colmos transferidos ou mesmo no ponto de transferência, pode-se evidenciar que o local de transferência pode influenciar diretamente na distribuição do inseto no entorno. Os dados corroboram as afirmações de Precetti e Arrigoni (1990) que identificaram esse inseto em toletes de cana para a utilização como muda o que indica que a distribuição do inseto é influenciada pela ação antrópica por meio de transporte de material vegetal.

Além disso, outro aspecto que explique esses valores é a fermentação do material vegetativo que se encontra caído no solo, possibilitando a atração do inseto-praga para regiões mais próximas ao entorno do ponto de transferência. O trabalho realizado por Giron-Perez et al. (2009) indicou que *S. levis* é fortemente atraído por compostos liberados resultantes da fermentação de toletes de cana-de-açúcar. Assim, os pontos de transferência podem também atrair insetos que estão próximos resultando no aumento da infestação.

Do mesmo modo, o parâmetro tempo (ano) indicou que a infestação aumentou com os anos de estudos (Tabela 1). É possível observar que ao longo do período do estudo (2017-2019), áreas nas quais não houve utilização de qualquer método de controle estão sujeitas ao aumento da infestação de *S. levis* (Figura 3). Os valores encontrados para o aumento médio de pontos infestados durante o ano foi de 11,98% ao ano. A infestação aumentou, uma vez que *S. levis* possui elevado potencial biótico e os adultos podem realizar múltiplas cópulas, sendo que as fêmeas são receptivas até mesmo em idades avançadas

somando-se a isso o fato de os adultos de *S. levis* possuírem alta longevidade podendo superar 180 dias (Barreto-Trianna et al., 2014 ; Degaspari et al., 1987).

Para a variável espaço, observou-se avanço da praga ao longo do tempo, todavia, o valor do coeficiente angular da reta é menor se comparado com a infestação, indicando que a dispersão é progressiva, porém menor que a infestação(Figura 3).

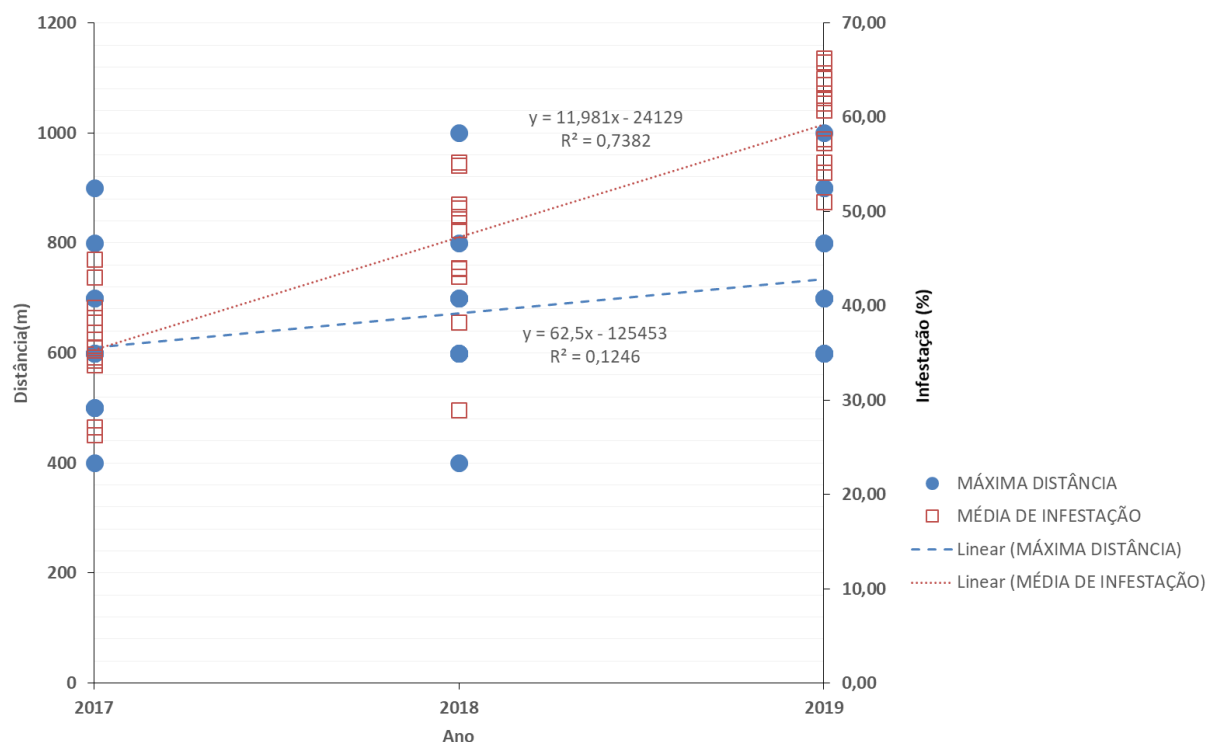


Figura 3. Infestação média de *Sphenophorus levis* e distância máxima observada da infestação em relação ao ponto de transferência no período de 2017 a 2019 em áreas comerciais de cana-de-açúcar.

Considerando a movimentação espacial do inseto, verificou-se que o valor médio de avanço da infestação no espaço da praga foi de 62,5 m por ano (aproximadamente 5,2 m/mês). Os valores da infestação no espaço são relativamente baixos, uma vez que *S. levis* possui baixa capacidade de voo e prioritariamente caminha em movimentos lentos. Os dados obtidos são muito próximos dos dados encontrados por Degaspari et al. (1978), que estimaram valores de dispersão de 6,6 m por mês. Para tanto, o comportamento de agregação também explica a reduzida capacidade de dispersão do inseto, uma

vez que o macho produz o feromônio álcool alifático (2 metil-4 octanol) que possui por sua vez elevado poder de agregação da espécie causando atratividade de ambos os sexos e conseqüentemente ataques visíveis em reboleiras na cultura da cana (Zarbin et al., 2003). De acordo com os estudos de distribuição, a tendência de insetos com comportamento de agregação é de se dispersar e distribuir de maneira menos progressiva no ambiente, tanto que a probabilidade de se encontrar insetos em um determinado espaço não é o mesmo de espaços vizinhos (Perecini e Barbosa, 1992). Insetos do mesmo gênero tem apresentado comportamento semelhante. Trabalhos desenvolvidos com *S. venatus vestitus* em gramados na Georgia (EUA) demonstraram também um comportamento agregado e dependência espacial de 3 a 5 m, o que caracteriza uma forte aproximação entre os insetos ditribuidos no espaço (Gireesh et al., 2021).

Em vista disso, os dados apresentados demonstraram que a ausência de estratégias de controle podem aumentar a infestação e a disseminação de *S. levis* no decorrer do tempo. Não obstante, o ponto de tranferência também pode ser um fator importante na distribuição e disseminação do inseto, uma vez que as análises indicaram uma possível relação entre o ponto de tranferência e a ocorrência das populações. Com isso, o uso de fungos entomopatogênicos pode ser aplicado nas áreas de transferência, de forma semelhante ao adotado para o moleque da bananeira, *Cosmopolites sordidus*, importante curculionídeo praga. Com isso, o controle pode ser realizado biologicamente numa área relativamente restrita e com grande vantagem para reduzir a proliferação da praga para o restante do canavial (Lopes et al., 2011).

Por fim, as informações obtidas nesse trabalho são importantes no auxílio e planejamento de estratégias básicas de manejo para se combater o inseto-praga. Os dados obtidos revelam a importância não só de se adotar medidas de controle, mas amplia a possibilidade de se efetuá-lo de maneira localizada adotando maiores cuidados ou aumentando a utilização de ferramentas de controle em locais com maiores probabilidades de se encontrar a praga. Do mesmo modo, maiores cuidados operacionais para se evitar a queda do material vegetal dos compartimentos de transporte deve ocorrer, assim como a prática do recolhimento do material vegetal que cai ao solo durante as operações de

colheita mecanizada, uma vez que o aumento das populações de *S. levis* pode acarretar perdas irreversíveis de produtividade na cultura da cana-de-açúcar e o carregamento, transporte e transbordamento podem contribuir na propagação do material vegetal e, conseqüentemente, causar impacto na distribuição do inseto nos cultivos comerciais.

5. Conclusão

- Maiores infestações de *S. levis* em cana-de-açúcar ocorrem em áreas mais próximas aos pontos de transferência.
- A infestação e distribuição de *S. levis* aumenta radialmente de maneira significativa na ausência de ferramentas de controle para o inseto em cultivos comerciais de cana-de-açúcar.

REFERÊNCIAS

Ambrogi BG, Vidal DM, Zarbin PHG, Rosado-Neto, GH (2009) Feromônios de agregação em Curculionidae (Insecta: Coleoptera) e sua implicação taxonômica. **Química Nova** 32: 2151-2158.

Alencar JRCC (2016) **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 (2016) ***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.

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.: CTC. 35p.

Arthur V, Walder F, Wiendl Q, Precetti O, Terán FO, Henrique B (1987) Dispersão de adultos de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Col: Curculionidae) em cana-de-açúcar marcados. **Energia Nuclear na Agricultura** 8: 79-86.

Badilla-Fernández F, Alves SB (1994) Patogenicidad de *Beauveria bassiana* y *B. brongniartii* al picudo de la caña de azúcar *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Col.: Curculionidae), en condiciones de laboratorio y campo. SIMPOSIO SOBRE MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS DE LA CAÑA DE AZÚCAR Costa Rica. **Resúmenes...** San José : 1994.

Barreto-Triana N, Dias CTS, Bento JMS (2014) Comportamiento reproductivo del picudo de la caña, *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculionidae) en laboratorio. **Revista Colombiana de Entomología** 40 : 271-277.

Casteliani A, Martins LF, Cardoso JFM, Silva MSO, Silva, RSA, Chacon-Orozco JG, 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.

Colloff MJ, Lindsay EA, Cook DC (2013) Natural pest control in citrus as an ecosystem service: Integrating ecology, economics and management at the farm scale. **Biological Control** 67:170-177.

Cícero EAS, Ferraudo AS, Lemos MVF (2009) Identificação de genes cry de *Bacillus thuringiensis* no controle de *Sphenophorus levis*, o bicudo da cana-de-açúcar. **Bragantia** 68 : 817-823.

Degaspari N, Botelho PSM, Almeida, LC, Castilho HJ (1978) Biologia de *Sphenophorus levis* Vaurie (Col.: Curculionidae), em dieta artificial e no campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 22: 553-558.

Dinardo-Miranda LL, Fracasso JV, Cabral SB, Valério W, Gonsalves RD, Beltrame JA (2006) Eficiência de Inseticidas aplicados em soqueiras de cana-de-açúcar no controle de *Sphenophorus levis*. **STAB** 24:34-37.

Dinardo-Miranda LL (2005) **Sob apuros**. Pelotas: Cultivar, dez. 10p. (caderno técnico cultivar).

Dupuy MM, Ramirez RA (2016) Biology and management of billbugs (Coleoptera: Curculionidae) in turfgrass, **Journal of Integrated Pest Management** 7: 1-10.

Evangelista EFD, Santos LS, Zera F, Galvão BC, Galvão RC (2017) Controle químico de *Sphenophorus levis* na cultura da cana de açúcar. **Entomologia Mexicana** 4: 347-352.

Garcia AG, Malaquias JB, Ferreira CP, Tomé MP, Weber ID, Godoy WAC (2021) Ecological modelling of insect movement in cropping systems. **Neotropical Entomology**. 50: 321-334

Giles KL, Royer TA, Elliott NC, Kindler SD (2000). Development and validation of a binomial sequential sampling plan for the greengug (Homoptera: Aphididae) infesting winter wheat in the southern plains. **Journal of Economic Entomology**. 93: 1522-1530.

Gireesh, M, Rijal, JP, Joseph, SV (2021). Spatial distribution of Hunting Billbugs (Coleoptera: Curculionidae) in sod farms. **Insects** 12: 402.

Gireesh M, Joseph SV (2021). Surface movement of billbugs (Coleoptera: Curculionidae) in harvested and nonharvested sod. **Journal of Economic Entomology** 114: 231-237.

Giron-Perez K, Nakano O, Silva AC, Oda-Souza M (2009) Atração de adultos de *Sphenophorus levis* Vaurie (Coleoptera: Curculionidae) a fragmentos vegetais em diferentes estados de conservação. **Neotropical Entomology** 38: 1-6.

Guedes JVC, Farias JR, Guareschi A, Roggia S, Lorentz LA (2006) Capacidade de coleta de dois métodos de amostragem de insetos-praga da soja em diferentes espaçamentos entre linha. **Ciência Rural** 36:1299-1302.

Hanski IA, Gilpin ME (1997) Metapopulation biology: ecology, genetics, and evolution. San Diego, CA, USA: Academic Press.

Huang T, Buss E (2013) *Sphenophorus venatus* vestitus (Coleoptera: Curculionidae) preference for bermudagrass cultivars and endophytic perennial riegrass overseed. **The Florida Entomologist**, 96:1628-1630.

Illescas-Riquelme CP, Llanderal-Cázares CC, Ruiz-Montiel C, González-Hernández H, Alatorre-Rosas R, Cruz-López L, Rojas JC (2016) Evidence for male-produced aggregation pheromone in *Sphenophorus incurrens* (Coleoptera: Curculionidae). **The Florida Entomologist**. 99:522–527

Izeppi TS (2015) **Distribuição espacial e dinâmica populacional de *Sphenophorus levis* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) em cana de açúcar**. 74 p. Dissertação (Mestrado em agronomia) - Unesp, Jaboticabal.

James AM, Suichang S, Lora LB (1993) Endophyte-enhanced resistance to Billbug (Coleoptera: Curculionidae), Sod Webworm (Lepidoptera: Pyralidae), and White Grub (Coleoptera: Scarabeidae) in tall fescue. **Environmental Entomology**. 22: 699–703.

Johnson-Cicalese JM, Wolfe GW, Funk CR (1990) Biology, distribution, and taxonomy of billbug turf pests (Coleoptera: Curculionidae), **Environmental Entomology** 19: 1037–1046.

Kogan M (1998) Integrated pest management: historical perspectives and contemporary development. **Annual Review of Entomology** 43: 243-270.

Lopes RB, Michereff-Filho M, Tigano MS, Neves PMOJ, Lopez EL, Fancelli M, Silva JP(2011) Virulence and horizontal transmission of selected Brazilian strains of *Beauveria bassiana* against *Cosmopolites sordidus* under laboratory conditions. **Bulletin of insectology**. 64: 201-208.

Mazzi D, Dorn S (2011) Movement of insect pests in agricultural landscapes. **Annals Applied Biology** 160:97–113.

McLaughlin A (1995) The impact of agricultural practices on biodiversity. **Agriculture. Ecosystems Environment** 55: 201–212.

Neto SS , Nakano O, Barbin D, Nova NAV (1976) Manual de ecologia dos insetos. Piracicaba, SP : Escola Superior de Agricultura, 1976. 419 p. il.

Perecin D , Barbosa JC (1992). Amostragem e análise estatística de dados de distribuição de contágio. **Revista Matemática e Estatística** 10: 207- 216.

Pizzano MA, Beltrame JA, Stolf R, Almeida LC (1987) Diferentes métodos de destruição da soqueira de cana-de-açúcar no controle de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera, Curculionidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA. **Anais...** Campinas, p.287.

Precetti AACM, Arrigoni EB (1990) **Aspectos biológicos e controle do besouro *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar**. Boletim Técnico Coopersucar – Edição Especial. 15p.

Precetti AACM, Terán FO (1982) Gorgulhos da cana-de-açúcar, *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978, e *Metamasius hemipterus* (L. 1765) (Col., Curculionidae). In: REUNIÃO TÉCNICA AGRONÔMICA: PRAGAS DA CANA DE AÇÚCAR. **Anais...** Piracicaba: Coopersucar, p. 32 – 37.

Precetti AACM, Windl, EM, Terán, FO, Sgrillo, RB (1983) Estudos sobre a dispersão de adultos de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Gol.: Curculionidae) em cana-de-açúcar através de traçador radioativo. B. téc. **COPERSUCAR**, 23:12-7.

Ronce O (2007) How does it feel to be like a rolling stone? Ten questions about dispersal evolution. **Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics**, 38: 231–253.

Rosa JO, Fernandes OA (2020) Aumento e expansão do ataque de *Hyponeuma taltula* nas regiões produtoras de cana-de-açúcar do Estado de São Paulo e estudos de comportamento e danos comparativos à *Sphenophorus levis*. **STAB: Açúcar Alcool e Subprodutos** 38: 38–41.

Salvadori JR, Ávila CJ, Silva MTB (2020) Bicudo da Cana-de-açúcar. In.: Dinardo-Miranda LL, Arrigoni EB (2 Eds.) **Pragas de solo no Brasil**. Passo fundo: Aldeia do norte LTDA, p. 415-429.

Sarro FB, Cromono WB.; Ferreira, JMS (2004) Aspectos da biologia e morfologia da broca do pedúnculo floral do coqueiro, *Homalinotus coriaceus* (Gyllenhal) (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical. Entomology**. 33: 7-12.

Tavares FM, Batista Filho A, Leite LG, Almeida LC, Silva AC, Ambrós, CM (2007) Efeito de *Heterorhabditis indica* e *Steinernema* sp. (Nemata: Rhabditida) sobre larvas do bicudo da cana-de-açúcar, *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculionidae), em laboratório e casa-de-vegetação. **Nematologia Brasileira** 31 : 12-19.

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

Vives E (2000) Coleoptera, Cerambycidae. In Fauna Iberica. (Ramos, E. et al. eds.) Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, Madrid, v.12, 716p.

Zarbin PHG, Arrigoni EDB, Reckziegel A (2003) Identification of male specific chiral compound from the sugarcane weevil *Sphenophorus levis*. **Journal Chemical Ecology** 29: 377–386.

Zarbin PHG, Rodrigues, MACM, Lima, ER (2009) Feromônios de insetos: tecnologia e desafios para uma agricultura competitiva no Brasil. **Química Nova** 32: 722-731.