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

**Morfometria, amostragem populacional e reinvestigação do
feromônio de *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculionidae)**

Lucila Wadt

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutora em Ciências. Área de concentração:
Entomologia

**Piracicaba
2016**

Lucila Wadt
Engenheira Agrônoma

Morfometria, amostragem populacional e reinvestigação do feromônio de
***Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculionidae)**

Orientador:
Prof. Dr. **JOSÉ MAURÍCIO SIMÕES BENTO**

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutora em Ciências. Área de concentração:
Entomologia

Piracicaba
2016

Às minhas queridas filhas Priscila, Luiza e ao meu marido querido Alexandre

Dedico

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Fernando e Sonia e irmãs Fernanda, Cristiana e Valéria pelo apoio;

Ao professor José Maurício Simões Bento pela orientação e apoio;

Ao professor José Roberto Postali Parra pelo exemplo e incentivo;

Ao professor Antônio Euzébio G. Santana pela orientação e apoio;

Ao professor Paulo H. G. Zarbin pela orientação;

Ao professor Sinval Silveira Neto pela orientação e simpatia;

Ao professor Roberto Antonio Zucchi pela orientação;

Ao Enrico Arrigoni e Erich Stingel (CTC) pelo apoio e fornecimento do material biológico;

Ao José Francisco Garcia pelo incentivo;

Ao Daniel Medeiros (BASF) pelo apoio;

Ao prof. Francisco André Ossamu Tanaka pela utilização do microscópio eletrônico de varredura;

À Marinéia pelo otimismo contagiante

À Arodi pela amizade e por muito trabalho em conjunto;

À Aline C. Kamyia pela amizade e pelos lanches felizes;

Às queridas Carla, Denise, Fran, Maria Fernanda, Mariana, Natália, Patrícia, Rafaela e Rízia, pela amizade e pelos diversos auxílios;

À Ana Lia Parra- Pedrazolli pela amizade e orientação feita durante o mestrado, que será levada por toda a vida;

À Neide e Andréa pela amizade e apoio;

À bibliotecária Eliana Maria Garcia pelo apoio e correção das referências bibliográficas;

Ao estagiário Lucas Yudi Uemura pelo apoio na condução dos experimentos;

A todos os amigos dos laboratórios de ecologia química e comportamento de insetos e de biologia de insetos Alexandre, André Camila, Camila C., Davi, Diego, Felipe, Fernando, Fernando C., Jaci, Rejane, Luiza, Sandra, Talita e Weliton;

A todos os funcionários do Departamento de Entomologia;

À CAPES, INCT de Semioquímicos na Agricultura pelo auxílio financeiro e pela bolsa de doutorado;

À todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho;

Por fim, agradeço a Deus, de uma maneira que a ciência não explica...

SUMÁRIO

RESUMO.....	9
ABSTRACT.....	11
1 INTRODUÇÃO	13
2 CONCLUSÕES.....	18
Referências.....	18

RESUMO

Morfometria, amostragem populacional e reinvestigação do feromônio de *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculionidae)

Sphenophorus levis (Coleoptera: Curculionidae) é uma das principais pragas de importância econômica na cana-de-açúcar. Seu ataque pode causar a morte da planta, promovendo falhas na rebrota e dependendo do nível de infestação, inviabilizar novos cortes. Além disso, é considerado um inseto de difícil manejo. Dentre as razões, destacam-se o hábito críptico de suas larvas, que se alimentam no interior do colmo da cana, e dos adultos, que permanecem boa parte de seu tempo abaixo da palhada sobre o solo. Por esta razão, os métodos tradicionais de controle, como os agroquímicos têm sido pouco eficientes. Neste sentido, a busca por novos conhecimentos e novas estratégias para o manejo desta praga tem se tornado frequente. Assim, o objetivo principal deste trabalho foi o de reinvestigar o feromônio de *S. levis*, visando a possível existência de novos compostos químicos na sua composição. Além disso, foram estudados ainda a morfologia e morfometria de *S. levis*, visando uma ágil e fácil separação por sexo nesta espécie, e uma amostragem populacional das formas biológicas de *S. levis* em campo, ao longo de uma safra, tendo em vista o manejo desta praga. As fêmeas apresentaram maior tamanho corporal que os machos, porém, houve sobreposição entre o tamanho mínimo da fêmea e máximo do macho, comprometendo uma distinção pelo tamanho. A separação dos sexos em *S. levis* pode ser feita observando-se a parte ventral do abdome, com os machos apresentando toda a região pilosa e as fêmeas somente com pelos na região apical. Uma maior concavidade presente no final do abdome dos machos, também pode ser utilizada como um parâmetro auxiliar nesta separação. Observando-se a flutuação populacional das diferentes fases biológicas de *S. levis*, por meio de trincheiras, verificou-se que as larvas ocorrem praticamente durante todos os meses do ano, enquanto que pupas e adultos recém emergidos, em menos da metade das amostras. O pico populacional de larvas, pupas e adultos recém emergidos ocorreu em outubro. Para os adultos, a amostragem por meio de iscas indicou que o pico de maior intensidade foi em dezembro. Na etapa de reinvestigação do feromônio de agregação de *S. levis*, foram obtidas respostas positivas nas antenas de machos e fêmeas para três compostos químicos. Um destes compostos foi o álcool 2-metil-4-octanol, já identificado anteriormente por Zarbin et al. (2003). Os outros dois, são novos compostos denominados de A e B. Os três compostos sintéticos foram testados em GC-EAG, porém ainda sem uma resposta conclusiva. Novos testes necessitam ainda ser conduzidos para elucidar a composição química do feromônio de agregação de *S. levis*.

Palavras-chave: Semioquímicos; Feromônio de agregação; Dimorfismo sexual; Gorgulho da cana-de-açúcar

ABSTRACT

Morfometry, field samples and reinvestigation of *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculionidae) pheromone

Sphenophorus levis (Coleoptera: Curculionidae) is one of the main pests of economic importance in sugarcane in Brazil. The attack can result plant death promoting the regrowth and failures depending on the level of infestation, derail further cuts. *S. levis* is a hard management pest. Among the reasons, it highlights the cryptic habits of larva, which feed inside the sugarcane stalk, and adults live in the soil surface, above of straw. Due to this, the traditional control methods such as agrochemicals have been inefficient. The search for new knowledge and new strategies for the management of this pest has become frequent. Thus, the main objective of this work was to reinvestigate the *S. levis* pheromone, aiming the possible existence of new chemical compounds in its composition. Beside that, this study aimed to morphometric and morphological comparison between males and females, seeking sex separation in a fast and effective manner. Moreover, population sample of *S. levis* in field was performed, aiming at an improvement in planning of the management of this pest. Females of *S. levis* have a greater body size than males; however this parameter cannot be used as a sex indicator, because there was overlap between the minimum and maximum body sizes of females and males respectively. *S. levis* sex separation can be carried observing abdomen ventral side, where males present hairy venter and females just a tuft in the apical region, and by a greater concavity of the end of the abdomen in males. The fluctuation of *S. levis* biological stages through trenches, it was found that the larvae occurs during almost all months of the year, while pupae and recently emerged adults in less than half of the samples. The population peak for larvae, pupae and recently emerged adults was in October. For adults, the sampling through baits indicated that the peak intensity was higher in December. Then, in the reinvestigate the *S. levis* pheromone, natural extracts from males showed responses of antennas of males and females of the species for three chemical compounds. One of these compounds was the alcohol 2-methyl-4-octanol, previously identified by Zabin et al. (2003). The other two are new compounds, called A and B. The three synthetic compounds were tested in GC-EAG, but there is still no conclusive answer. New tests still need to be conducted to elucidate the chemical composition of *S. levis* aggregation pheromone.

Keywords: Semiochemicals; Aggregation pheromone; Sexual dimorphism;
Sugarcane weevil

1 INTRODUÇÃO

O gorgulho *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) é uma importante praga da cana-de-açúcar, *Saccharum* spp. (Poaceae). Seu primeiro registro foi em 1977, tendo sido descrita como espécie nova em 1978 (VANIN, 1990). Sua distribuição está restrita a América do Sul, incluindo Brasil, Argentina e Uruguai (VAURIE, 1978). No Brasil, ocorre nos estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina (PRECETTI; ARRIGONI, 1990), Minas Gerais (GIRÓN-PÉREZ, 2009), e Mato Grosso do Sul (MORAES; ÁVILA, 2013).

Os prejuízos causados por *S. levis* chegam a 30 toneladas/ha/ano, além das perdas adicionais na rebrota, devido à redução do 'stand' e do número de cortes viáveis (PRECETTI; ARRIGONI, 1990; POLANCZYK et al., 2005; GIRÓN-PÉREZ, 2009; ALMEIDA; ALMEIDA, 2015). Além disso, acredita-se que os prejuízos possam aumentar nos próximos anos, em razão da eliminação da queima durante a colheita da cana-de-açúcar, prevista pela Lei nº 11.241/2002, o que tem favorecido uma maior sobrevivência desta praga (DINARDO-MIRANDA; FRACASSO, 2013).

Em cana-de-açúcar, os ovos de *S. levis* são depositados individualmente no interior do colmo, em uma profundidade de até quatro milímetros, após a abertura de um orifício pelo rostro da fêmea (DEGASPARI et al., 1987). Os ovos são de forma elíptica, com $0,27 \pm 0,004$ mm de comprimento e $0,10 \pm 0,012$ mm de largura, de coloração branco-leitosa na fase inicial de desenvolvimento, e em tom mais escuro próximo da eclosão (Figura 1 A). O período embrionário varia de 7 a 12 dias, sendo em média de 8 dias, com viabilidade de 47% ($T = 27^{\circ}$ a 30°C) (PRECETTI; ARRIGONI, 1990). A postura média é de 40 ovos por fêmea, podendo chegar a 70 ovos, dos quais cerca de 75% são depositados na primeira metade de vida das fêmeas (PRECETTI; ARRIGONI, 1990).

A larva de *S. levis* é ápoda, com mandíbulas bem desenvolvidas, espiráculos visíveis e de coloração branco-leitosa na fase inicial, tornando-se amarelada e com uma mancha castanho escura junto à cabeça ao longo do desenvolvimento (Figura 1 B) (DEGASPARI et al., 1987). O período larval dura cerca de 35,6 dias, variando entre 26 a 50 dias segundo Degaspari et al. (1987), e 50 dias com variação entre 30 a 60 dias, com viabilidade média de 36%, de acordo com Precetti; Arrigoni (1990).

A larva se alimenta do colmo da cana-de-açúcar, abrindo galerias, que permanecem cheias de serragem fina. No final de seu desenvolvimento, ainda dentro do colmo, a larva prepara a 'câmara pupal' ampliando a galeria em que se encontra, cessando os movimentos e diminuindo de tamanho (PRECETTI; ARRIGONI, 1990).

A pupa é exarada, com coloração inicial branco-leitosa que vai escurecendo com o desenvolvimento, chegando a castanha quando próxima da emergência (Figura 1 C). O período pupal é de aproximadamente 10,5 dias de acordo com Degaspari et al. (1987), e de 12 dias, com variação entre 7 a 15 dias, com viabilidade de 93%, segundo Precetti e Arrigoni (1990).

Após a emergência, o adulto permanece alguns dias na câmara pupal para completar o endurecimento do tegumento (PRECETTI; ARRIGONI, 1990), e apresenta coloração castanho-escuro com manchas pretas no dorso do tórax e listras longitudinais sobre os élitros (Figura 1 D). Os adultos, normalmente, se abrigam abaixo do nível do solo e apresentam o comportamento de tanatose, ou seja, simulam a morte ao serem manuseados (DEGASPARI et al., 1987).

A longevidade das fêmeas pode atingir em média 119,8 dias, variando entre 7 a 249 dias, e os machos média de 117,9 dias, com variação entre 7 e 247 dias (DEGASPARI et al., 1987). Precetti e Arrigoni (1990), por sua vez, observaram uma longevidade média de 224 e 203 dias para fêmeas e machos, respectivamente, com uma variação para ambos de 7 a 320 dias.

A reprodução é sexuada, e *S. levis* acasala-se a qualquer hora do dia, possuindo múltiplas cópulas, que duram entre 1 a 17 h, sendo que fêmeas com até 210 dias são capazes de realizar cópulas e depositar ovos viáveis (BARRETO-TRIANA, 2009).

O ciclo total (ovo a adulto) dura em torno de 56 dias, com uma razão sexual de 1:1 em laboratório, e de 1,5:1 em campo (DEGASPARI et al., 1987).

Figura 1 - Formas biológicas de *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculionidae). A) Ovo, B) larva, C) pupa e D) adulto

Quando as larvas de *S. levis* abrem galerias na base das plantas para sua alimentação (DEGASPARI et al., 1987), ocorre o aparecimento de perfilhos e brotos mortos (PRECETTI; ARRIGONI, 1990). O ataque pode causar a morte da planta de cana-de-açúcar, ocorrendo falhas na rebrota e dependendo do nível de infestação, pode inviabilizar o corte (DEGASPARI et al., 1987).

O sintoma do ataque de *S. levis* em cana-de-açúcar, que se manifestam principalmente na época seca, é um secamento progressivo das folhas, que pode ser confundido com fitotoxicidade causada por herbicidas, por efeito de uma seca prolongada, ou ainda, por aplicação excessiva de vinhaça (PRECETTI; ARRIGONI, 1990).

O método de controle que apresenta melhores resultados tem sido o cultural, incluindo a destruição mecânica de resíduos e o controle de plantas daninhas (DEGASPARI et al., 1987; PRECETTI; ARRIGONI, 1990; POLANCZYK, et al., 2004). De acordo com Precetti; Arrigoni (1990) foram coletados um maior número de insetos (57%) em áreas infestadas por ervas daninhas, sugerindo a sobrevivência de *S. levis* nestas plantas. Na região centro sul do Brasil, a destruição antecipada das touceiras em áreas infestadas deve ser feita, preferencialmente, no período de maio a setembro. O plantio realizado o mais tarde possível, em março-abril – em ciclo de cana de ano e meio – e no período entre o corte e o plantio, a área deve ser mantida livre de plantas hospedeiras de *S. levis* (POLANCZYK, et al., 2004).

A eliminação de soqueiras, em sistema de plantio direto, não impede a continuidade do ciclo do inseto, pois as larvas são capazes de aproveitar os tecidos vegetais mesmo após quatro meses ou mais da aplicação do herbicida. O preparo mecânico do solo a apenas algumas semanas antes do novo plantio, tão pouco impede a reinfestação, pois os adultos recém emergidos encontram abrigo e alimentação suficiente para sobreviver até a formação dos novos brotos, não havendo tempo para serem expostos aos predadores ou ao ressecamento das formas biológicas imaturas (PRECETTI; ARRIGONI, 1990).

A rotação de culturas também é recomendada, evitando-se o uso de gramíneas, principalmente milho, *Zea mays* L. (Poaceae: Panicoideae), pois *S. levis* pode completar seu ciclo nessa cultura, embora ainda não haja dados sobre sua bioecologia neste hospedeiro (PRECETTI; ARRIGONI, 1990).

A ocorrência de chuvas intensas, aparentemente, não contribui para a redução do número de adultos ou formas imaturas de *S. levis*, que se encontram

abrigadas no interior dos colmos, e são resistentes ao afogamento (PRECETTI; ARRIGONI, 1990).

O controle químico de *S. levis* é normalmente, pouco eficiente, pois as larvas se alimentam no interior da planta (DEGASPARI et al., 1987) e, os adultos, além de se movimentarem pouco, permanecem no nível do solo sob torrões e restos vegetais, ou, entre os perfilhos na base das touceiras, sendo dificilmente atingidos pelos produtos aplicados (PRECETTI; ARRIGONI, 1990). Mesmo assim, o controle químico tem sido muito utilizado em canaviais comerciais. Segundo Dinardo-Miranda et al. (2006), os inseticidas mais frequentemente usados são carbofuran e fipronil, aplicados sobre o sulco, cortando as soqueiras nas duas laterais das linhas de plantio e, carbofuran + bifentrina e fipronil, aplicados sobre a linha da cana-de-açúcar. Ainda de acordo com estes autores, o uso destes produtos podem reduzir em média até 60% da população de *S. levis*.

Em pequenas propriedades e áreas de viveiro, para controle de *S. levis* são recomendadas iscas tóxicas confeccionadas com toletes de cana impregnados com o inseticida Carbaril 85WP (12,5 g p.c./L) (PRECETTI; ARRIGONI, 1990; GIRÓN-PÉREZ et al., 2009), entretanto, não há informações sobre a eficiência deste método.

Predadores e parasitoides têm sido pouco estudados para o controle de *S. levis*. Degaspari et al. (1987), por exemplo, não constatarem insetos parasitados em nenhuma das fases do ciclo de vida deste inseto, em cana-de-açúcar, durante o estudo sobre sua biologia.

Badilla e Alves (1991) obtiveram 92,3% de mortalidade de *S. levis* em campo com um isolado do fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin (Deuteromycotina: Hyphomycetes). Leite et al. (2012), por sua vez, registraram 70% de mortalidade com o uso do nematoide entomopatogênico *Heterorhabditis indica* Poinar, Karunakar e David (HomI strain) (Nematoda: Rhabditida), na dosagem de 2,4 juvenis infectivos (JI)/cm² (=166 JI/inseto), equivalente a 1 x 10⁸ JI/ha.

Outra técnica já empregada como tentativa para o controle de *S. levis* foi a utilização de radiações ionizantes. Adultos irradiados com Cobalto-60, e depois acasalados com insetos normais, não apresentaram descendentes, indicando uma possibilidade de seu uso para o manejo desta praga (ARTHUR et al., 1993/1994; ARTHUR, 1997).

A utilização da bactéria entomopatogênica *Bacillus thuringiensis* (Bt) também foi testada para o controle de *S. levis*. Polanczyk et al. (2004) observaram uma

mortalidade de 26,7% com o isolado ESALQ 95. Já, Campanini et al. (2012) concluíram que IB26.2 foi o isolado *Bt* mais eficiente, entre 76 isolados testados para o controle de larvas de *S. levis*.

Além dos métodos citados, há também a possibilidade de uso do feromônio de *S. levis*. Zarbin et al. (2003; 2004) identificaram inicialmente o álcool (S)-2-metil-4-octanol como um composto chave no comportamento de agregação em adultos desta espécie em laboratório. Entretanto, testes de campo com esta substância não apresentaram resultados satisfatórios (BARRETO-TRIANA, 2009). Em várias outras espécies de curculionídeos, este composto, já foi também identificado como um dos componentes do feromônio de agregação (BARTELT, 1999; AMBROGI et al., 2009). Contudo, considerando-se que em muitos curculionídeos o feromônio de agregação consiste de uma mistura de compostos que agem sinergisticamente (BARTELT, 1999), é possível que a ausência de um ou mais composto(s) ainda não identificado(s) em *S. levis*, seja(m) necessário(s) para a sua completa elucidação química e uso no manejo desta praga.

Portanto, o objetivo principal deste trabalho foi o de reinvestigar o feromônio de *S. levis*, visando a possível existência de novos compostos químicos. Além disso, foram estudados a morfologia e morfometria de *S. levis*, visando uma ágil e fácil separação por sexo nesta espécie, e uma amostragem populacional das formas biológicas de *S. levis* em campo, ao longo de uma safra, tendo em vista o manejo desta praga.

2- CONCLUSÕES

As características mais efetivas para a separação dos sexos em *S. levis* foram a presença nos machos e ausência nas fêmeas de pilosidade na parte ventral do abdome, e uma maior concavidade do final do abdome nos machos.

A amostragem de *S. levis* por trincheira foi a mais dispendiosa e adequada para caracterizar as fases imaturas que ocorrem praticamente ao longo de todo o ciclo da cana-de-açúcar, enquanto que a amostragem por iscas atrativas, por meio de toletes de cana cortados ao meio, foi exclusivamente para amostrar os adultos. Sendo que, para levantamento de *S. levis* em campo estas amostragens são complementares.

O método de preparação das antenas para a análises em cromatografia gasosa acoplada a eletroantenografia (GC-EAG), que apresentou melhor resultado para *S. levis*, quando a base da antena foi inserida em uma micropipeta de vidro preenchida com solução de ringer e acoplada ao fio de ouro do eletrodo de referência e a extremidade da antena foi conectada a um fio de tungstênio. Os demais métodos, que incluíram a preparação das antenas com gel condutor e com capilar também apresentaram respostas eletroantenográficas, porém em menor proporção.

Além do álcool 2-metil-4-octanol (Zarbin et al. 2003) outros dois compostos, denominados de A e B, podem estar presentes na composição química do feromônio de agregação de *S. levis*.

Referências

AKÇA, I.; TUNCER, C.; SARUHAN, I. Sex discrimination of adult *Curculio nucum* L. (Coleoptera: Curculionidae), a pest of hazelnuts in Turkey. Entomological News, Philadelphia, v. 118, n. 1, p. 87-89, 2007.

ALMEIDA, L.C.; ALMEIDA, L.G. O manejo sustentável de pragas na cultura da cana-de-açúcar. In: Ed. BELARDO, G.C.; CASSIA, M.T.; SILVA, R.P. Processos agrícolas e mecanização da cana-de-açúcar. Jaboticabal, SBEA, 2015. p. 301-320.

AMBROGI, B.G.; VIDAL, D.M.; ZARBIN, P.H.G. Feromônios de agregação em curculionidae (INSECTA: COLEOPTERA) e sua implicação taxonômica. **Química Nova**, São Paulo, v. 32, n. 8, p. 2151-2158, 2009.

ARTHUR, V. Controle de insetos-praga por radiações ionizantes. **Biológico**, São Paulo, v. 59, n. 1, p. 77-79, 1997.

ARTHUR, V.; PRECETTI, O.; ARRIGONI, E. Determinação da dose esterilizante de radiação gama para adultos de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) praga da cana-de-açúcar. **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, v. 19, p. 23-29, 1994.

ARTHUR V.; WIENDL, Q.; PRECETTI, O.; ARRIGONI, E. Comportamento e competitividade sexual de adultos de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) uma praga da cana-de-açúcar, irradiados com radiações gama do cobalto-60. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 68, n. 1, p. 57-66, 1993.

BADILLA, F.F.; ALVES, S.B. Control of sugar cane weevil *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculionidae) with *Beauveria bassiana* and *Beauveria brongniartii* in laboratory and field conditions. **Manejo Integrado de Plagas**, San José, n. 20/21, p. 34-38, 1991.

BARRETO-TRIANA, N.C. **Comportamento sexual e reprodutivo de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar**. 2009. 95 p. Tese (Doutorado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2009.

BARTELT, R.J. Weevils. In: HARDIE, J.; MINKS, A.K. (Ed.). **Pheromones of non-lepidopteran insects associated with agricultural plants**. New York: CABI Publ., 1999. p. 91-112.

BENEDINI, M.S.; ARRIGONI, E.B. Manejo integrado de pragas de solo na cana-de-açúcar. **Revista Técnica Coplana**, Guariba, v. 5, p. 19-21, 2008.

BÖRÖCZKY, K.; WADA-KATSUMATA, A.; BATCHELOR, D.; ZHUKOVSKAYA, M.; SCHAL, C. Insects groom their antennae to enhance olfactory acuity. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA**, Washington, v. 110, n. 9, p. 3615-3620, 2013.

CAMPANINI, E.B.; DAVOLOS, C.C.; ALVES, E.C.C.; LEMOS, M.V.F. Caracterização de novos isolados de *Bacillus thuringiensis* para o controle de importantes insetos-praga da agricultura. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 3, p. 362-369, 2012.

CLIMATEMPO. Disponível em: <<http://www.climatempo.com.br/destaques/tag/falta-de-chuva>>. Acesso em: 06 jan. 2015.

DEGASPARI, N.; BOTELHO, P.S.M.; ALMEIDA, L.C.; CASTILHO, H.J. Biologia de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) em dieta artificial e no campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v. 22, n. 2, p. 553-558, 1987.

DINARDO-MIRANDA, L.L.; FRACASSO, J.V. Sugarcane straw and the populations of pests and nematodes. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 70, n. 5, p. 369-374, 2013.

DINARDO-MIRANDA, L.L.; FRACASSO, J.V.; CABRAL, S.B.; VALÉRIO, W.; GONÇALVES, R.D.; BELTRAME, J.A. Eficiência de inseticidas aplicados em soqueiras de cana-de-açúcar no controle de *Sphenophorus levis*. **STAB. Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 25, n. 5, p. 34-37, 2006.

GADENNE, C.; PICIMBON, J.F.; BECARD, J.M.; LALANNE-CASSOU, B.; RENOU, M. Development and pheromone communication systems in hybrids of *Agrotis ipsilon* and *Agrotis segetum* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 23, p. 191-209, 1997.

GIBLIN-DAVIS, R.M.; GRIES, R.; CRESPI, L.; ROBERTSON, L.N.; HARA, A.H.; GRIES, G.; O'BRIEN, C.W.; PIERCE Jr, H.D. Aggregation pheromones of two geographical isolates of the new guinea sugarcane weevil, *Rhabdoscellus obscurus*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 26, n. 12, p. 2763-2780, 2000.

GIRÓN-PÉREZ, K.; NAKANO, O.; SILVA, A.C.; ODA-SOUZA, M. Atração de adultos de *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) a fragmentos vegetais em diferentes estados de conservação. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 38, n. 6, p. 1-6, 2009.

LEITE, L.G.; TAVARES, F.M.; BOTELHO, P.S.M.; BATISTA FILHO, A.; POLANCZYK, R.A.; SCHMIDT, F.S. Eficiência de nematoides entomopatogênicos e inseticidas químicos contra *Sphenophorus levis* e *Leucothyreus* sp. em cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 40-48, 2012.

MILLAR, J.G.; SIMS, J.J. Preparation, cleanup, and preliminary fractionation of extracts. In: MILLAR, J.G.; HAYNES, K.F. (Ed.). **Methods in chemical ecology: chemical methods**. Norwell: Kluwer Academic, 1998. p. 1-37.

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

PEREZ, A.L.; CAMPOS, Y.; CHINCHILLA, C.M.; OEHLISCHLAGER, A.C.; GRIES, G.; GRIES, R.; GIBLIN-DAVIS, R.M.; CASTRILHO, G.; PEÑA, E.; DUCAN, R.E.; GONZALEZ, L.M.; PIERCE Jr, H.D.; McDONALD, R.; ANDRADE, R. Aggregation pheromones and host kairomones of West Indian sugarcane weevil, *Metamasius hemipterus sericeus*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 23, n. 4, p. 869-888, 1997.

POLANCZYK, R.A.; ALMEIDA, L.C.; PADULLA, L.; ALVES, S.B. Pragas de cana-de-açúcar x métodos alternativos de controle. **Biotecnologia Ciência & Desenvolvimento**, Brasília, n. 33, p. 13-17, 2004.

PAVLÚ, F.A. **Plano de amostragem e distribuição espacial visando o controle localizado de *Sphenophorus levis* na cultura da cana-de-açúcar**. 2012. 79 p. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

PRECETTI A.C.M.; ARRIGONI, E. **Aspectos biológicos e controle do besouro *Sphenophorus levis* Vaurie, 1978 (Coleoptera: Curculionidae) em cana-de-açúcar**. São Paulo: COPERSUCAR, 1990. 15 p. (Boletim Técnico, nº).

RUIZ-MONTIEL, C.; GARCÍA-COAPIO, G.; ROJAS, J.C.; MALO, E.A.; CRUZ-LÓPEZ, L.; IGNACIO DEL REAL; GONZÁLEZ-HERNÁNDEZ, H. Aggregation pheromone of the agave weevil, *Scyphophorus acupunctatus*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, Dordrecht, v. 127, n. 3, p. 207-217, 2008.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT**: statistical analysis system; getting started with the SAS learning. Cary, 2002.

SOKAL, R.R.; ROHLF, F.J. **Biometry**: the principles and practice of statistics in biological research. 4th ed. New York: W.H. Freeman, 2012. 937 p.

SILVA-FILHO, G.; BAILEZ, O.E.; VIANA-BAILEZ, A.M. Dimorfismo Sexual do Gorgulho-da-Goiaba *Conotrachelus psidii* Marshall (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 36, p. 520-524, 2007.

TABATA, J.; ISHIKAWA, Y. Genetic basis to divergence of sex pheromone in two closely related moths, *Ostrinia scapularis* e *O. zealis*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 31, p. 1111-1124, 2005.

THOMPSON, R.T. Observations on the morphology and classification of weevils (Coleoptera: Curculionoidea) with a key to major groups. **Journal of Natural History**, London, v. 26, p. 835-891, 1992.

VANIN, S.A. A new species of *Sphenophorus* Schoenherr from Brazil (Coleoptera, Curculionidae, Rhynchophorinae). **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 34, n. 4, p. 697-701, 1990.

VAURIE, P. Revision of the Genus *Sphenophorus* in South América. **American Museum Novitates**, New York, v. 26, p. 1-30, 1978.

WERTHEIM, B.; BAALEN, E-J A.; DICKE, M.; VET, L.E.M. Pheromone-mediated aggregation in nonsocial arthropods: an evolutionary ecological perspective. **Annual Review of Entomology**, Stanford, v. 50, p. 321-346, 2005.

WOODRUFF, R.E. **The hunting billbug, *Sphenophorus venatus vestitus* Chittenden in Florida (Coleoptera: Curculionidae).** Gainesville: Florida Dep. Agr. Entomol., 1966. 2 p. (Circular, 45).

ZARBIN, P.H.G.; ARRIGONI, E.B.; RECKZIEGEL, A.; MOREIRA, J.A.; BARALDI, P.T.; VIEIRA, P.C. Identification of male-specific chiral compound from the sugarcane weevil *Sphenophorus levis*. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 29, n. 2, p. 377-386, 2003.

ZARBIN, P.H.G.; PRINCIVAL, J.L.; SANTOS, A.A; OLIVEIRA, A.R.M. Synthesis of (S)-(+)-2-methyl-4-octanol: male-specific compound released by sugarcane weevil *Sphenophorus levis* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of the Brazilian Chemical Society**, São Paulo, v.15, n. 2, p. 331-334, 2004.