



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Curso de Engenharia Agrônoma



Yuri Thierry da Silva

**CIGARRINHAS-DAS-RAÍZES (*Mahanarva fimbriolata*): UMA REVISÃO ACERCA DOS
ASPECTOS DA ESPÉCIE, SEUS DANOS NA CULTURA DA CANA DE AÇÚCAR E
PERSPECTIVAS DO CONTROLE BIOLÓGICO**

ARARAS – 2022



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
Curso de Engenharia Agrônoma



Yuri Thierry da Silva

**CIGARRINHAS-DAS-RAÍZES (*Mahanarva fimbriolata*): UMA REVISÃO NARRATIVA
ACERCA DOS ASPECTOS DE INTERESSE DA ESPÉCIE E PERSPECTIVAS DO
CONTROLE BIOLÓGICO**

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Agrônoma – UFSCar para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientadora: Prof^a Dr^a Maria Bernadete Silva de Campos.

Araras – 2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me dado a oportunidade de fazer minha primeira graduação e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho;

Aos meus pais Luiz José da Silva e Silvia Helena de Moraes da Silva, meus irmãos e avós por terem me ajudado me dando todo apoio para chegar até aqui;

À minha orientadora Prof^a Dr^a Maria Bernadete Silva de Campos, por todo amparo e ensinamentos na realização da minha monografia;

À todos os professores e funcionários da UFSCar, *campus* Araras, pelos ensinamentos transmitidos e incentivos ao longo do curso;

E todos meus amigos e colegas da UFSCar, e que contribuíram diretamente ou indiretamente na minha formação, meus agradecimentos.

RESUMO

O trabalho buscou levantar dados da literatura acerca da cigarrinha-das-raízes (*Mahanarva fimbriolata*) na cultura da cana-de-açúcar, visando identificar as circunstâncias responsáveis pelo aumento da incidência da espécie na cultura, apresentar aspectos como sua biologia e distribuição, danos acarretados à cana-de-açúcar, bem como discorrer acerca das estratégias de manejo já relatadas para a praga e levantar as principais perspectivas do controle biológico. Para isso, realizou-se busca por publicações através de plataformas de pesquisa, utilizando-se palavras-chaves pertinentes ao tema abordado e selecionando trabalhos de 1996 até 2022. Para a temática 'controle biológico para cigarrinha-das-raízes', foram elegidos trabalhos datados a partir de 2015 visando entender o cenário recente do manejo biológico da espécie. Foi encontrado que até meados de 1990, as cigarrinhas-das-raízes eram consideradas pragas de importância econômica somente em algumas plantações do Nordeste e consideradas de menor importância no estado de São Paulo (SP). Em decorrência do aumento das áreas de colheita de cana-de-açúcar sem a queima (cana crua) em SP e outras regiões do Centro-Sul do país, as populações vêm aumentando e causando danos significativos à cultura. Os prejuízos causados na produtividade do canavial e no rendimento industrial ocorrem pela redução da capacidade fotossintética e da qualidade da matéria-prima decorrentes da forma de alimentação da espécie. As ninfas sugam a seiva a partir das raízes causando danos aos vasos xilêmicos e impedindo o fluxo de água e nutrientes, enquanto os adultos se alimentam pela sucção de seiva das folhas, injetando toxinas durante esse processo. Sua ocorrência é significativamente influenciada pelas condições climáticas, observando-se maiores populações na estação chuvosa e diapausa dos ovos em condições de seca. Autores indicam que o controle da espécie pode atingir níveis eficientes se diferentes estratégias forem combinadas, como o controle químico e biológico atrelados ao uso de variedades menos suscetíveis e manejo da palhada. Estudos encontrados sobre a resposta de genótipos de cana ao ataque das cigarrinhas, mostraram que as cultivares RB925211, RB867515, IACSP01-5503, CTC 9004 e IM76-229 foram mais tolerantes aos danos causados ou menos atrativas aos insetos. Quanto ao manejo da palhada, trabalhos observam redução da infestação quando a palha é removida do canavial. Em relação ao controle biológico de *M. fimbriolata*, nos últimos 7 anos, a produção científica tem se concentrado em elucidar a utilização de *Metarhizium anisopliae* e vem apresentando excelentes percentuais de infecção dos insetos, bem como de mortalidade dos mesmos. Autores recomendam que os inseticidas químicos sejam adotados em contextos de alta população enquanto *M. anisopliae* deve ser utilizado em populações dentro do nível de controle biológico para que se possa ter o controle da cigarrinha-das-raízes sem que a mesma cause prejuízos econômicos à cultura.

Palavras-chave: Fungos entomopatogênicos; variedades resistentes; *Mahanarva fimbriolata*; cigarrinha-das-raízes; cana-de-açúcar; manejo integrado.

ABSTRACT

This work sought to collect data from the literature about the root leafhopper (*Mahanarva fimbriolata*) in the sugarcane crop. The objective was to identify the circumstances related to the elevating incidence of the species in the crop and, presenting aspects such as its biology, distribution and damages caused to sugarcane, as well as to discuss the management strategies already reported for the pest and to discuss the main perspectives of biological control. For this, a search for reports was carried out through research platforms, using relevant keywords to the topic and selecting works from 1996 to 2022. For the item 'biological control for leafhoppers', the works were chosen from 2015 up to now to understand the recent background of the biological management of this species. It was found that until the mid-1990s, leafhoppers were considered pests of economic importance only in some plantations in the Northeast and considered of minor importance in the state of São Paulo (SP). As a result of the increased incidence in sugarcane harvesting areas without burning (raw cane) in SP and other regions of the Center-South of the country, *M. fimbriolata* populations have been increasing and causing significant damage to the crop. The losses caused in the productivity of the sugarcane field and in the industrial performance occur by the reduction of the photosynthetic capacity and the quality of the raw material resulting from the way of feeding this species. Nymphs suck sap from the roots causing damage to xylem vessels and preventing the flow of water and nutrients, while adults feed by sucking sap from leaves and, injecting toxins during this process. Its occurrence is significantly influenced by climatic conditions, with higher populations being observed in the rainy season and egg diapause in dry conditions. Authors indicate that species control can reach efficient levels if different strategies are combined, such as chemical and biological control linked to the use of less susceptible varieties and straw management. Studies related to the response of sugarcane genotypes to the attack of leafhoppers showed that the cultivars RB925211, RB867515, IACSP01-5503, CTC 9004 and IM76-229 were more tolerant to the damage caused or less attractive to insects. Regarding the straw management, studies showed a reduction in root leafhopper infestation when straw was removed from the sugarcane field. Concerning the biological control of *M. fimbriolata*, in the last 7 years, scientific production has focused on elucidating the use of *Metarhizium anisopliae* and has shown excellent percentages of insect infection, as well as their mortality. Authors recommend that chemical insecticides be adopted in contexts of high population, while *M. anisopliae* should be used in populations within the level of biological control so that the root spittlebug can be controlled without causing economic damage to the crop.

Palavras-chave: Entomopathogenic fungi; resistant varieties; *Mahanarva fimbriolata*; leafhopper; sugar cane; integrated management.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	10
3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
4. MATERIAL E MÉTODOS	10
5. REVISÃO DA LITERATURA	11
5.1. A CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR	11
5.2. CENÁRIO DA CANA CRUA E PRAGAS.....	12
5.3. ASPECTOS BIOLÓGICOS E MORFOLÓGICOS.....	13
5.4. OCORRÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO	16
5.5. DANOS CAUSADOS E IMPORTÂNCIA ECONÔMICA.....	17
5.6. MANEJO E CONTROLE DE <i>M. FIMBRIOLATA</i>	19
5.6.1 Resistência genética.....	20
5.6.2. Manejo da Palhada.....	21
5.6.3. Controle químico.....	22
5.6.4. CONTROLE BIOLÓGICO	23
5.7. CONTROLE BIOLÓGICO: CENÁRIO ATUAL	24
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Casal de <i>Mahanarva fimbriolata</i>	14
Figura 2. Ovos (A) e ninfas (B) de <i>M. fimbriolata</i>	14
Figura 3. Ninfas de <i>M. fimbriolata</i> localizadas na base das touceiras	15

1. INTRODUÇÃO

Cultivada comercialmente em regiões tropicais e subtropicais, a cana-de-açúcar é uma gramínea de grande importância alimentar e bioenergética, cuja produção mundial atingiu cerca de 1,8 bilhões de toneladas na safra 2020, quando o Brasil se configurou como maior produtor mundial. Além da tradicional e histórica destinação da cultura para produção de açúcar, atualmente o interesse econômico pela espécie apresentou crescimento em virtude do aumento da demanda mundial por energia sustentável (LAM et al, 2016; MOORE E BOTHA, 2014; CONAB, 2021).

Grandes modernizações foram observadas no setor sucroenergético, o que se relaciona diretamente ao sistema de colheita predominante nos canaviais, não somente pela decorrência de leis que coíbem as queimadas da cana-de-açúcar anteriormente adotadas, mas também pela evolução tecnológica que acarretou o aumento da colheita mecanizada no país. Dessa forma, a dinâmica de produção da cana-de-açúcar sofreu alterações, entre elas, a maior deposição de palhada e a ausência de fogo, criando um ambiente favorável ao desenvolvimento de insetos e impactando significativamente na população de pragas da lavoura (CONAB, 2021; DINARDO-MIRANDA E FRACASSO, 2013).

Dentre as pragas que mais se adaptaram a essas condições foi *Mahanarva fimbriolata* (cigarrinha-das-raízes), anteriormente considerada de importância secundária, ganhou posição de destaque entre as pragas que causam prejuízos à produtividade da cultura da cana. A partir do seu modo de alimentação, pela sucção de seiva, a espécie é capaz de afetar a capacidade fotossintética da planta e reduzir a qualidade industrial da matéria-prima (GARCIA, BOTELHO E PARRA, 2006; ALMEIDA, 2014; SOARES et al, 2017).

Arrigoni (2016) estimou que os prejuízos econômicos ocasionados pelas pragas nos canaviais chegam à cerca de 8,3 bilhões de reais ao ano, dos quais as cigarrinhas são responsáveis por 2,3 bilhões do total. Para atingir um nível eficiente de controle, Castro et al (2019) recomendam a adoção de diferentes estratégias, sendo elas químicas e biológicas, atreladas à escolha de variedades menos suscetíveis e ao manejo da palhada.

Renzi et al (2019) elucidaram que os custos destinados aos defensivos agrícolas, bem como os desdobramentos negativos advindos dos produtos químicos para o meio ambiente e sociedade, enfatizaram a necessidade de se avaliar mais alternativas quanto ao manejo das pragas e doenças na lavoura. Nesse sentido, nota-

se a oportunidade de desenvolvimento de novos biodefensivos com tecnologia brasileira a fim de minimizar o uso de agrotóxicos no país.

2. OBJETIVOS

Realizar o levantamento dos dados existentes na literatura acerca da temática cigarrinha-das-raízes (*Mahanarva fimbriolata*) na cultura da cana-de-açúcar e apresentar as perspectivas modernas para o controle biológico da espécie.

3. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Contextualizar o cenário de espécies de pragas da cana-de-açúcar, identificando as circunstâncias responsáveis pelo aumento da incidência de *Mahanarva fimbriolata* na cultura nos últimos anos;
- b) Apresentar aspectos como biologia e distribuição da espécie *M. fimbriolata*, bem como os danos acarretados por ela na cultura da cana-de-açúcar;
- c) Discorrer acerca das estratégias de manejo já relatadas na literatura para *M. fimbriolata*;
- d) Fazer um levantamento das principais perspectivas do controle biológico de *M. fimbriolata* a partir de pesquisas publicadas entre 2015 e 2022.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido, por meio de uma pesquisa bibliográfica composta por coleta de dados do tema proposto se deu primeiramente, a partir de pesquisas nas plataformas Periódicos Capes, SciELO, Google Scholar, Science Direct, Google Books e repositórios de instituições públicas de ensino.

Utilizou-se palavras-chave como “*Mahanarva fimbriolata*”, “cigarrinha-das-raízes”, “cana-de-açúcar”, “taxonomia”, “biologia”, “danos”, “distribuição”, “controle químico”, “controle cultural”, “controle biológico”, entre outros termos adotados em combinação ou separados, e pesquisados nos idiomas português e inglês, selecionando trabalhos entre o período de 1996 até 2022.

Particularmente para a temática ‘controle biológico para cigarrinha-das-raízes’, foram selecionadas somente publicações datadas a partir de 2015 visando entender o cenário recente para o manejo biológico da espécie, totalizando sete artigos.

A etapa seguinte configurou-se na seleção dos conteúdos a partir de leitura exploratória e seletiva dos materiais encontrados, registrando os dados relevantes para inclusão no presente estudo. Por último, a revisão sobre o tema proposto foi elaborada, buscando apresentar o conhecimento científico produzido previamente e destacar conceitos e resultados relevantes.

5. REVISÃO DA LITERATURA

5.1. A cultura da cana-de-açúcar

Conhecida por ser uma das mais antigas plantas cultivadas no mundo, a cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) é uma planta monocotiledônea, semiperene e alógama, pertencente à família Poaceae e ao gênero *Sacharum*, que se configura como uma importante fonte de alimento e de bioenergia, sendo componente significativo da economia de diversos países tropicais e subtropicais. Tradicionalmente, o interesse na cana-de-açúcar estava relacionado à produção de açúcar para consumo humano, entretanto, mais recentemente, o interesse econômico aumentou de forma significativa em virtude da demanda por energia sustentável (LAM *et al*, 2016; MOORE E BOTHA, 2014; JAMES, 2004).

Através do esmagamento dos colmos da cana-de-açúcar, o caldo é extraído sendo destinado para produção de açúcar e álcool, além de outras bioenergias produzidas a partir da queima do seu bagaço. Na forma *in natura*, a cultura é utilizada como forragem para alimentação animal ou é destinada para fabricação de cachaça, rapadura e melado (SANDOVAL E SENÔ, 2010; SENAR, 2018). Segundo Lam *et al* (2016), no Brasil, o etanol é produzido através da fermentação da sacarose contida no caldo de cana e a fibra restante (bagaço) é destinada para trituração e queima a fim de gerar vapor e eletricidade para utilização na própria usina ou para distribuição do excedente gerado.

Dados da *Food and Agriculture Organization* (2020) indicam que a produção global da cultura atingiu cerca de 1,8 bilhões de toneladas na safra 2020, em que o Brasil se destacou como o maior produtor mundial, seguido pela Índia e China continental, sendo o Brasil responsável por 42% do total produzido. Segundo Agência Nacional de Águas (2019), a cana-de-açúcar é considerada uma das maiores fontes de riqueza do país com grande impacto na economia, sociedade e uso de recursos naturais. Os autores justificam o sucesso do cultivo como resultado de condições

climáticas favoráveis em boa parte do território nacional e a boa disponibilidade de terras com solo adequado para a produção.

A indústria sucroalcooleira nacional, diferentemente de outros países, opera em circunstâncias positivas e sustentáveis, uma vez que além da produção de etanol e açúcar, as unidades produtoras têm buscado tornar mais eficiente a geração de energia elétrica, aumentando a sustentabilidade no setor pelo aumento da oferta energética bem como pela redução de custos (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2021). De acordo com Cursi *et al* (2021), o Brasil se tornou líder global na produção de subprodutos da cana-de-açúcar, como a biomassa destinada para geração de eletricidade. Carbonell *et al* (2021) afirmou que a energia proveniente da cana-de-açúcar já corresponde a 17% da energia produzida no país, acima do nível hidrelétrico e, por enquanto, somente abaixo da energia de origem fóssil.

5.2. Cenário da cana crua e pragas

Conforme elucidado por CONAB (2021), o setor sucroenergético tem passado por uma grande modernização nos últimos anos, fator que está diretamente relacionado com o sistema de colheita predominante. Além da criação de leis específicas que coíbem as queimadas de cana-de-açúcar, a própria evolução tecnológica resultou na intensificação da colheita mecanizada, acarretando maiores ganhos ambientais, menores emissões de poluentes atmosféricos e conservação do solo. No Estado de São Paulo, responsável por mais da metade da área colhida no país, observou-se um aumento no índice de área colhida mecanicamente, de 47,6% na safra 2008/2009, evoluindo para 96,9% na safra 2021/22.

De acordo com Carvalho *et al* (2016), a colheita manual com queima preliminar dos resíduos vem sendo substituída pela colheita mecanizada, o que consequentemente resultou em mudanças na dinâmica de produção da cana-de-açúcar, em que trabalhos da literatura apontam alterações em fatores como produtividade, estoques de carbono no solo, emissão de gases de efeito estufa, erosão e infestação de pragas. As mudanças no ecossistema decorrente dessa substituição não se restringem à deposição de palha na superfície do solo, mas também à ausência de fogo, fatores que possuem influência significativa na população de pragas, bem como na população de inimigos naturais (DINARDO-MIRANDA E FRACASSO, 2013).

Anteriormente considerada praga de importância secundária para a cana-de-açúcar, a espécie *Mahanarva fimbriolata* (cigarrinha-das-raízes) ganhou posição de destaque entre as pragas que causam prejuízos à produtividade da cultura da cana, afetando a qualidade industrial da matéria-prima pela contaminação bacteriana, perda de Pol, aumento do conteúdo de fibras e outros fatores. (GARCIA, BOTELHO E PARRA, 2006; ALMEIDA, 2014; ANJOS *et al*, 2010).

Segundo Dinardo-Miranda e Ferreira (2003), os aspectos que mais favoreceram as cigarrinhas-das-raízes no cenário da cana crua foram a maior quantidade de raízes superficiais, isto é, locais de alimentação das ninfas, e a presença da palha, conferindo maior proteção das ninfas contra o ressecamento, mantendo a temperatura estável e elevando a umidade do solo.

Atualmente, as espécies que mais causam preocupação pela sua capacidade de impactar negativamente a produtividade nos canaviais do país são *Diatraea saccharalis*, *Sphenophorus levis*, *Migdolus fryanus*, *Telchin lico* e *Mahanarva fimbriolata*, conforme destacado por Cursi *et al* (2021).

5.3. Aspectos biológicos e morfológicos

Atualmente denominada *Mahavarna fimbriolata*, a cigarrinha-das-raízes foi inicialmente descrita por Stal (1854) como pertencente ao gênero *Monecphora*. Posteriormente, Lallemand (1912) incluiu a espécie no gênero *Tomaspis*, sendo chamada de *Tomaspis fimbriolata* por um período. Mais tarde, trabalho de Fennah (1968) buscou revisar a classificação de cercopídeos levando em consideração a genitália dos indivíduos machos e, assim, finalmente alterou *T. fimbriolata* para o gênero *Mahanarva*. Nos dias atuais, a espécie é classificada como pertencente à ordem Hemiptera, família Cercopidae e subfamília Tomaspidae.

Segundo Gallo *et al* (2002), as espécies pertencentes à família Cercopidae são caracterizados com tamanho pequeno ou médio, muitas vezes apresentando cores vivas, com presença de espinhos nas tíbias posteriores. Os machos apresentam cerca de 13 milímetros de comprimento com coloração vermelha e preta, enquanto nas fêmeas, as tégminas são mais escuras apresentando cor marrom-avermelhada. (Fig.1).



Figura 1. Casal de *Mahanarva fimbriolata*. Fonte: Agrolink (2022)

Terán (1987) elucidou que, durante seu desenvolvimento, as cigarrinhas-das-raízes passam por três estágios biológicos, sendo hemimetabólicas. A hemimetabolia é descrita por Gallo *et al* (2002) como o tipo de metamorfose em que, após eclosão dos ovos, o inseto se assemelha ao adulto diferindo no tamanho, ausência de asas e órgãos genitais imaturos. Assim, considera-se que houve uma metamorfose incompleta, não havendo fase de pupa. Os indivíduos em fase de desenvolvimento são chamados de formas jovens/imaturas ou ninfas (Fig.2).

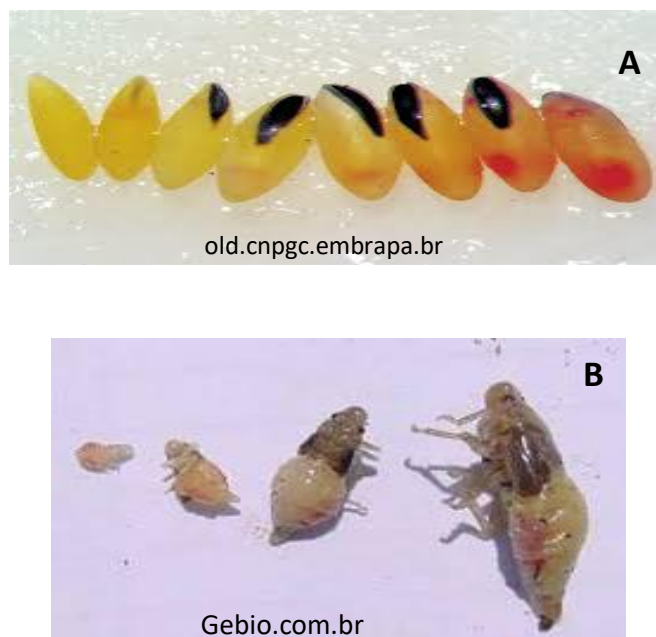


Figura 2. Ovos (A) e ninfas (B) de *M. fimbriolata*. Biomip (2022), Almeida (2022)

Segundo Dinardo-Miranda (2005), dado o acasalamento, as fêmeas irão ovipositar na palhada, principalmente na subsuperfície do solo em reentrâncias próximas à base das touceiras (Fig.3).



Figura 3. Ninfas de *M. fimbriolata* localizadas na base das touceiras. Fonte: Silva (2022)

Terán (1987) descreveu que os ovos da espécie são poucos visíveis em campo uma vez que são pequenos e colocados pelas fêmeas em locais protegidos no solo.

Trabalho de Garcia, Botelho e Parra (2006) buscou obter informações básicas sobre o ciclo de vida de *M. fimbriolata* observando-a por três gerações sob condições controladas de temperatura (25°C), umidade relativa (70%) e fotoperíodo (14 horas). Foi observado que o período médio de pré-oviposição e de oviposição da espécie em condições controladas foi de 5,0 e 16,1 dias, respectivamente, enquanto o número médio de ovos por fêmea atingiu o valor de 342,1. Para o parâmetro período de desenvolvimento embrionário, os autores verificaram média de 21 dias, com viabilidade de 81% dos ovos, concluindo que os insetos se adaptaram às condições de temperatura, umidade relativa e fotoperíodo a que foram mantidos.

Em condições adequadas, as ninfas emergem dos ovos cerca de 15 a 20 dias após a postura e, durante essa fase, sofrem cinco ecdises em 30 a 45 dias, ficando sempre envolvidas em espuma que produzem (DINARDO-MIRANDA, 2005). Segundo Tonelli *et al* (2018), a espuma produzida pela espécie possui função de criar um micro-habitat cujas condições de temperatura se mantenham constantes apesar das flutuações externas, além de fornecer uma composição química de ácidos, carboidratos e proteínas que atuam como surfactantes.

Após as formas jovens passarem pelas ecdises, as cigarrinhas emergem e se direcionam à parte aérea da planta, lá se deslocam entre os colmos durante cerca de 20 dias de vida (GALLO *et al*, 2002). Trabalho de Garcia, Botelho e Parra (2006) verificou que a longevidade média das fêmeas foi de 22,6 dias enquanto a longevidade dos machos atingiu média de 17,6 dias sob condições controladas de temperatura, umidade relativa e fotoperíodo.

5.4. Ocorrência e distribuição

Em estudos de distribuição espacial e sistema de amostragem de ninfas, Stingel (2005) concluiu que os adultos e ninfas de *M. fimbriolata* possuem distribuição agregada (contagiosa) no canavial, independente da época em que a amostragem é realizada, nível de infestação e variedade da cultura.

Kassab et al (2014) elucidaram que as ninfas e adultos de cigarrinha-das-raízes frequentemente atingem níveis populacionais preocupantes durante a estação chuvosa. Durante a estação seca, os ovos entram em diapausa e mais tarde, com a chegada do período úmido, as ninfas emergem dos ovos no solo e completam seu desenvolvimento na superfície das raízes, dentro de massas de saliva que servem de proteção contra dessecação, predação ou parasitismo.

Dinardo-Miranda (2005) já havia afirmado que condições climáticas possuem grande impacto na dinâmica de população das cigarrinhas, em que ambientes quentes e úmidos favorecem significativamente o desenvolvimento destes insetos enquanto períodos de seca, reduzem drasticamente as populações.

De acordo com Almeida (2014), no Estado de São Paulo, o ciclo de vida da espécie tem início no mês de setembro junto ao início do período de chuvas. Na primeira geração, em virtude da diapausa dos ovos, a população de ninfas é pequena, porém suficiente para chegarem à etapa adulta, quando ocorre a postura da segunda geração. Essa, por sua vez, geralmente ocorre entre os meses de dezembro e janeiro, com maior umidade e fotoperíodo, sendo responsáveis pela maior parte dos danos, os quais se manifestam nos meses de fevereiro e março. A terceira geração de ninfas se desenvolvem em menor número do que a segunda geração, colocando ovos que entram em diapausa a partir de abril com redução da umidade e do fotoperíodo.

Trabalho de Borges Filho *et al* (2019) avaliaram mensalmente uma área de produção de cana-de-açúcar em Salto do Jacuí/RS, durante o período de 2013 a janeiro de 2015 quanto à presença dos principais insetos pragas da cultura. Os autores concluíram que a maior infestação de *M. fimbriolata* ocorreu durante o mês mais quente do período avaliado, de dezembro a março, com pico populacional em janeiro de 2014, com 0,55 insetos por metro de sulco, considerada baixa quando comparada à outras áreas de produção no Brasil. Por exemplo, Dinardo-Miranda e Gil (2007) estimaram que as infestações da espécie podem atingir até 14,6 cigarrinhas por metro linear de sulco no estado de São Paulo.

De acordo com Cheavegatti-Gianotto *et al* (2011), foram relatadas três espécies do gênero *Mahanarva* causando perdas produtivas em canaviais brasileiros: *Mahanarva posticata*, *M. indentata* e *M. fimbriolata*, sendo esta última considerada a principal cigarrinha que ataca a cultura devido ao nível de danos e sua distribuição nas principais regiões produtoras.

Aplicando modelagem de distribuição de espécies através de algoritmo, Schöbel e Carvalho (2019) analisou a possível ocorrência de quatro espécies do gênero *Mahanarva* na América do Sul e Central considerando variáveis bioclimáticas atuais e futuras. Para *M. fimbriolata*, em condições atuais, habitats altamente adequados foram encontrados na costa atlântica do Brasil, atingindo o Nordeste e dentro dos estados de Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, além de porções do Uruguai, Argentina e Chile.

5.5. Danos causados e importância econômica

Diversos estudos já mencionaram que, no aspecto fisiológico, a alimentação de pragas sugadoras de seiva pode afetar a capacidade fotossintética da planta hospedeira, sobretudo em virtude de interferirem no teor de clorofila, na disponibilidade de CO₂ e pelo aumento da limitação estomática e na função fotoquímica dos fotossistemas (SOARES *et al*, 2017).

Os danos causados por *M. fimbriolata* na cultura da cana-de-açúcar foram anteriormente descritos por Almeida (2014) e Byers e Wells (1966), elucidando que as ninfas da espécie se alimentam nas raízes, pela inserção dos estiletes nos vasos xilemáticos a fim de sugar a seiva bruta, assim, deteriorando-os. Por consequência, o fluxo de água e nutrientes é dificultado, acarretando sintomas conhecidos por desequilíbrios fisiológicos nas plantas.

Dinardo-Miranda (2005) descreveu que, em consequência principalmente do ataque das ninfas, ocorre a redução do processo de fotossíntese, reduzindo assim a formação de açúcares e tornando os colmos menores, mais finos e com entrenós encurtados. Infestações severas são caracterizados por secamento do colmo do topo para base, folhas amareladas e posteriormente, secas, podendo levar até a morte da planta.

Estudo de Garcia *et al* (2007) buscou determinar como ocorre e quais estruturas são atingidas durante a alimentação de ninfas e adultos de cigarrinha-das-raízes em cana-de-açúcar. Os autores concluíram que as ninfas inseriram seu estilete

através da epiderme da planta, atravessando o córtex e atingindo o cilindro vascular. Em 35% das ninfas avaliadas, identificadas no terceiro instar, observou-se que o floema radicular foi atingido e que os indivíduos se alimentaram do tubo crivado do floema primário, causando oclusão dos vasos e consequente morte das raízes.

De acordo com Alves e Carvalho (2014) e Almeida (2014), os indivíduos adultos da espécie, por sua vez, se alimentam pela sucção de seiva das folhas, sendo capazes de injetar toxinas nesse local durante o processo de alimentação. Assim, surgem manchas amarelas no tecido foliar que, posteriormente, tornam-se avermelhadas e, por fim, opacas, causando significativa redução da capacidade fotossintética da planta e do conteúdo de sacarose dos colmos. Além disso, as perfurações ocasionadas pelo estilete do inseto permitem contaminações microbiológicas que causam deterioração nos pontos de crescimento do colmo e, de forma gradual, dos entrenós inferiores até as raízes subterrâneas.

Garcia *et al* (2007) observaram que as cigarrinhas-das-raízes adultas inserem os estiletos preferencialmente através dos estômatos, atravessando o parênquima clorofiliano e atingindo o metaxilema dos feixes vasculares, o que acarreta danos mecânicos significativos como laceração e ruptura celular.

Segundo Dinardo-Miranda (2005), os colmos que chegam à indústria mortos e secos em consequência dos danos causados pela praga, reduzem a capacidade de moagem e comumente apresentam contaminações microbiológicas em virtude de rachaduras e deterioração, assim tornando difícil a recuperação do açúcar, bem como inibindo a fermentação, de modo que reduzem o rendimento industrial.

Conforme dito por Parra, Botelho e Pinto (2014), nas áreas em que a colheita é feita sem queima prévia, os danos causados por *M. fimbriolata* podem chegar a 11% da produtividade do canavial, além da redução de 1,5% dos níveis de açúcar dos colmos. Por sua vez, Madaleno *et al* (2008) estimaram que uma infestação de 7,3 ninfas/m² é capaz de reduzir 29,8% da produtividade agrícola da cana-de-açúcar e 5,8% do teor de sacarose da mesma. Ainda, Dinardo-Miranda (2005) haviam estimado quebra de produtividade de até 50% quando a cultura é colhida no final da safra e de até 10% quando é colhida no início da safra.

5.6. Manejo e Controle de *M. fimbriolata*

O termo Manejo integrado de Pragas (MIP) é utilizado para designar táticas de controle com bases ecológicas e que envolve qualquer tipo de problema que limite a produção agrícola. O conceito de manejo integrado de pragas é muito amplo, sendo um somatório de tecnologias (conhecimento) em várias áreas (entomologia, fitotecnia, fisiologia vegetal, matemática, química, economia, etc.). Dentre as estratégias de controle, a identificação da espécie, o conhecimento da biologia do organismo e da fenologia da planta, são pré-requisitos indispensáveis para o MIP (GALLO, 2002).

Cursi *et al* (2021) afirmaram que o controle das principais pragas da cana é baseado na integração de práticas de manejo ao longo de todo ciclo produtivo da cultura, desde a preparação do solo até a renovação do canavial, sendo os controles químico e biológico os mais utilizados pelos produtores brasileiros. Em relação à *M. fimbriolata*, Castro *et al* (2019) afirmaram que, para atingir um nível eficiente de controle, deve-se adotar uma combinação de estratégias, sendo elas químicas e biológicas, atreladas à escolha de variedades menos suscetíveis e ao manejo da palhada.

Segundo Almeida (2014), o monitoramento da cigarrinha-das-raízes é o primeiro passo para o seu manejo, devendo ser realizado ao início do período úmido e durante toda a infestação de modo a se observar a evolução e a eficiência do controle empregado. Os autores afirmam que o nível de dano econômico (NDE) da praga é de 20 ninfas por metro linear de sulco e 1 adulto por cana, enquanto o nível de controle (NC) é de 2 a 4 ninfas por metro e de 0,5 a 0,75 adultos por cana.

A detecção da primeira geração de cigarrinhas proporciona um controle mais eficiente, principalmente quando se objetiva adotar o controle biológico. Contudo, neste caso, o nível de controle deve ser considerado de 1 ninfa por metro linear ou assim que as primeiras ninfas atacarem a cultura nos meses de setembro ou outubro (ALMEIDA, 2014).

Dinardo-Miranda (2003) mencionou NDE de 4 a 10 insetos por metro, sendo mais próximo do limite inferior em canaviais colhidos no final da safra e mais perto do limite superior em canaviais cuja colheita é realizada ao início da safra. Os autores elucidaram que o NC pode ser adotada em uma densidade populacional bastante próxima, mas um pouco menor do que a definida pelo NDE.

A metodologia de amostragem recomendada pelo Centro de Tecnologia Canavieira configura-se na avaliação de 18 pontos de amostras por hectare, a cada 16m de sulco, com distribuição sistematizada no talhão, em que a área levantada não deve apresentar falhas de brotação do canavial ou alterações no padrão de distribuição da palha no local (REVOREDO, 2015).

5.6.1 Resistência genética

De acordo com Almeida (2014), entre os fatores significativos no manejo integrado da praga, destaca-se a variedade utilizada uma vez que os danos causados podem ser diferentes de acordo com maior predileção do inseto pela variedade ou de acordo com a resistência da mesma. Por sua vez, Parra, Botelho e Pinto (2014) descreveu que, embora algumas variedades sofram menos com o ataque das cigarrinhas-das-raízes, a resistência de plantas ainda não é uma alternativa viável para ser utilizada isoladamente no controle.

Estudo de Dinardo-Miranda *et al* (2022) buscou avaliar a resposta de genótipos de cana-de-açúcar ao ataque de *M. fimbriolata* em condições de laboratório. Foram verificadas as cultivares IACSP01-5503, CTC 9004 e RB925211 como mais tolerantes à cigarrinha, sem redução significativa da massa verde da parte aérea, embora tenham apresentado danos como amarelecimento das folhas e o fator genético que leva a essa resistência se mostrou desconhecido. Por outro lado, as cultivares CV6654 e IACSP01-3127 apresentaram maior suscetibilidade ao ataque da espécie.

Orozco-Restrepo *et al* (2017) estudou como quatro genótipos de cana-de-açúcar selvagens e cultivados que afetavam o ciclo de vida e desempenho das cigarrinhas-das-raízes que foram os acessos IM76-229 (*S. robustum*) e *H. Kawandang* (*Erianthus arundinaceus*) Cheavegatti-Gianotto *et al.* (2011), e as cultivares SP81-3250 e SP80-1816 Dinardo-Miranda *et al.* (2014)., concluindo que o acesso IM76-229 (*Saccharum robustum*) permitiu apenas 20% de sobrevivência das ninfas e reduziu a longevidade das cigarrinhas em 10 dias, levando à uma taxa intrínseca de crescimento populacional negativa, o que indica que a população acabaria sendo extinta nesse genótipo. Em contrapartida, foi observado crescimento populacional para os insetos criados em *Saccharum spp.* (variedades SP81-3250 e SP80-1816).

Trabalho de Dinardo-Miranda *et al* (2018), avaliando mecanismos de resistência de 18 cultivares de cana-de-açúcar à *M. fimbriolata*, verificaram que a cultivar menos atrativa em termos de alimentação de adultos e oviposição foi a

RB867515. Já a cultivar RB966928 demonstrou ser a mais tolerante entre as avaliadas, embora tenha apresentado 19% de redução da massa verde da parte aérea devido ao ataque da praga.

Em busca de compreender o efeito do ataque de *M. fimbriolata* sob parâmetros fotossintéticos de uma variedade suscetível (SP81-3250) e de uma variedade resistente (H.Kawandang), Soares *et al* (2017) observaram que ninfas de cigarrinha afetaram o genótipo suscetível diminuindo fatores como o teor de clorofila a, a taxa de transporte de elétrons e o rendimento quântico máximo do fotossistema 2. Em contrapartida, na variedade resistente, houve aumento da taxa fotossintética líquida como forma de compensação do dreno criado pela cigarrinha, a partir do aumento da abertura estomática e eficiência de carboxilação, melhorando a eficiência do aparelho fotoquímico na conversão de energia.

Entender as diferenças de suscetibilidade das variedades auxilia no estabelecimento de um cronograma de manejo. Como as ninfas eclodem dos ovos no início do período úmido, a população cresce concomitantemente em todas as cultivares, assim, ao identificar as áreas com variedades menos tolerantes, é possível priorizá-las em relação a amostragem e às estratégias de controle (DINARDO-MIRANDA *et al*, 2018).

5.6.2. Manejo da Palhada

Outro fator bastante mencionado em relação ao manejo da cultura é a remoção da palha no canavial que, segundo CARVALHO *et al* (2016), é um dos parâmetros que favorece o controle de pragas. Trabalho de Castro *et al* (2019) buscou avaliar, entre setembro e março, o efeito de quatro taxas de remoção de palhada (remoção total, baixa remoção, alta remoção e nenhuma remoção) na incidência de pragas. Foram observadas maiores populações de cigarrinha-das-raízes nas áreas que apresentavam maior quantidade de palhada mantida na superfície do solo. Os autores concluíram que a remoção da palha é capaz de reduzir a infestação de cigarrinha-das-raízes, entretanto, não à níveis que permitam que outras práticas sejam descartadas como o controle químico e biológico, devendo-se priorizar uma gestão integrada.

Da mesma forma, Dorneles Junior *et al* (2015) em avaliações do nível populacional de ninfas e adultos de cigarrinha-das-raízes em diferentes porcentagens de palhada mantidas sob o solo do canavial, concluíram que a maior população de

ninfas foi encontrada para o tratamento com 100% de palhada, enquanto no tratamento com 0% de palhada foi coletado menor número de ninfas e de adultos. Corroborando com o anterior, Buriozo, Caramelo e Campos (2017) observaram aumento da população de ninfas de cigarrinha-das-raízes em áreas com palhada.

5.6.3. Controle químico

Peixoto *et al* (2009) buscaram compreender a atuação dos defensivos químicos no controle de ninfas de *M. fimbriolata*, no estado do Goiás, utilizando thiamethoxam (100, 150, 200 e 350 g de ingrediente ativo/ha) e carbofuran (700 g i.a./ha). O inseticida thiamethoxam proporcionou o maior efeito de controle da espécie até a avaliação realizada aos 84 dias após aplicação (DAP), mostrando-se eficiente desde a menor dose. O inseticida carbofuran foi estatisticamente superior à testemunha e semelhante ao thiamethoxam até os 42 DAP, entretanto, aos 63 DAP, apresentou estatística semelhante à testemunha, e aos 84 DAP, inferior ao thiamethoxam.

Trabalho de Suriano e Segato (2009) verificou o controle de cigarrinha através do uso de thiamethoxam em aplicação conjunta à colhedora, utilizando as doses de 0, 100, 150 e 200 g de ingrediente ativo por hectare do produto. Verificou-se que, a partir da menor dose, thiamethoxam já apresentou redução da população de cigarrinhas, mesmo nos períodos de maior infestação identificados em dezembro e abril, diferenciando-se estatisticamente da testemunha (0 g i.a./ha) e garantindo controle até os 191 dias após aplicação. O maior controle foi atingido pela dose de 200 g i.a./ha sendo semelhante ou superior às demais doses em todas as avaliações.

Dinardo-Miranda, Garcia e Parazzi (2002) conduziram experimentos para avaliação de aldicarbe 150G, thiamethoxam 10GR e carbofuran 100G (40kg/ha), aplicados em uma única vez ou em dose parcelada, no controle da cigarrinha-das-raízes. Os autores concluíram que o tratamento com aldicarbe 150G (12kg/ha), thiamethoxam 10GR (30 kg/ha), carbofuran 100G (40 kg/ha) aplicados ao início da infestação (outubro) e aldicarbe 150G (6+6 kg/ha) e thiamethoxam 10GR (15+15 kg/ha), aplicados ao início da infestação (outubro) e no meio do período (janeiro), apresentaram maior eficácia no controle da praga, resultando em maior Pol, pureza do caldo e produtividade da cultura.

No município de Olímpia/SP, Silva (2010) conduziu experimento avaliando os produtos comerciais Actara (0,6 kg/ha), Evidence (1,0 kg/ha), neonicotinoide (0,5 kg/ha) no controle de *M. fimbriolata*, verificando que, apesar da alta precipitação

ocorrida durante o estudo, todos os tratamentos foram capazes de controlar satisfatoriamente as cigarrinhas em comparação à testemunha, destacando-se o tratamento com Actara, o qual manteve menores populações, e o neonicotinoide com maior residual.

Segundo Korndorfer (2010), embora o controle químico seja bastante utilizado, o seu custo é elevado em comparação à outros métodos de controle, além de propiciar a possibilidade do surgimento de biótipos resistentes. Os custos destinados aos defensivos agrícolas, bem como os desdobramentos negativos advindos dos produtos químicos para o meio ambiente e sociedade, enfatizam a necessidade de se avaliar mais alternativas para o manejo das pragas e doenças na lavoura, configurando-se em uma oportunidade de desenvolvimento de novos bio defensivos com tecnologia brasileira a fim de minimizar o uso de agrotóxicos no país (RENZI *et al*, 2019).

5.6.4. Controle biológico

De acordo com Fontes e Valadares-Inglis (2020), quando plantas, animais ou fitopatógenos atingem níveis economicamente inaceitáveis em áreas agrícolas, sendo considerados pragas, é possível manejar seus inimigos naturais (predadores, herbívoros, antagonistas ou parasitas) a fim que estes atuem sobre as populações de pragas, suprimindo-as, e assim prestando o serviço ecossistêmico de controle biológico. O Brasil possui tradição no uso de defensivos microbiológicos para controlar artrópodes-pragas, sendo os produtos registrados divididos entre fungos (60%), bactérias (29%), baculovírus (10%) e nematóides (1%), conforme mostrado em levantamento de Mascarin *et al* (2019).

De acordo com Parra (2014), metade da área cultivada com cana-de-açúcar é tratada com *Cotesia flavipes* e/ou *Trichogramma galloi* visando o manejo da broca-da-cana e, ainda, com *M. anisopliae* para controle das cigarrinhas-das-raízes, configurando-se em um dos melhores programas de controle biológico do mundo.

Mascarin *et al* (2019) elucidaram que, na década de 1970, cooperativas de produtores do Nordeste iniciaram a produção de *Metarhizium anisopliae* visando o controle da cigarrinha-das-raízes. Hoje, as usinas de cana-de-açúcar já possuem produção local do fungo, bem como há diversos produtos registrados disponíveis para compra. Segundo os autores, a demanda continua a crescer nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste também para o controle de outras espécies do gênero *Mahanarva*.

Apesar do otimismo para o mercado, Mascarin *et al* (2019) afirmaram que a indústria de micoinseticidas enfrenta obstáculos que limitam o potencial de

crescimento desses produtos, incluindo a produção e distribuição ilegal de produtos não registrados que muitas vezes não foram fermentados sob condições controladas e não possuem qualidade adequada. Outro desafio é a competição com os defensivos químicos pois, segundo os autores, os usuários geram expectativas de controle baseadas nos produtos químicos e que muitas vezes não podem ser atendidas pelo produto biológico.

Anteriormente ao recorte temporal proposto nesse trabalho (2015-atual), diversas pesquisas científicas buscaram alternativas para o controle biológico de *M. fimbriolata*, abordando nematoides entomopatogênicos (BATISTA *et al*, 2011; LEITE *et al*, 2002; TONELLI *et al*, 2016), óleo de nim (BAPTISTUSSI, MARGARIDO E CASTILHO, 2011; GARCIA *et al*, 2006), extrato de cajuzinho-do-cerrado (PISTORI *et al*, 2013), fungo *Beauveria bassiana* (BAPTISTUSSI, MARGARIDO E CASTILHO, 2011), predação por *Montina confusa* (TREVISAN E MENEGUETTI, 2011) e o fungo *Metarhizium anisopliae* (ALMEIDA, BATISTA FILHO E COSTA, 2007; CARVALHO *et al*, 2011; TIAGO *et al*, 2011). A produção científica mais atualizada acerca do controle biológico será apresentada no próximo tópico.

5.7. Controle biológico: cenário atual

Conforme será descrito nos parágrafos posteriores, o levantamento bibliográfico realizado indicou que, nos últimos anos, a totalidade dos trabalhos científicos publicados abordaram o controle biológico de *M. fimbriolata* pela utilização de *M. anisopliae*, buscando compreender aspectos como eficiência de controle e comparação entre isolados da espécie e produtos químicos. Do total de artigos encontrados para o recorte temporal definido, a sugestão de outra alternativa de manejo biológico só foi observada em trabalho de Pereira *et al* (2016) no qual foi proposto maiores estudos acerca de espécies do fungo do gênero *Aspergillus* como promissoras no manejo das cigarrinhas.

Pesquisa realizada por Kassab *et al* (2015) buscou determinar o custo e a eficiência do controle de *M. fimbriolata* por thiamethoxan (250 g/ha), imidacloprido (700 g/ha), *Metarhizium anisopliae* isolado PL-43 ($2,0 \times 10^{12}$ conídios/mL), *M. anisopliae* ESALQ E9 ($2,1 \times 10^{12}$ conídios/mL) e *M. anisopliae* IBCB 425 ($1,4 \times 10^{12}$ conídios/mL). Observou-se que dos 15 aos 45 dias após aplicação (DAA), tais tratamentos não diferenciaram estatisticamente entre si em questão de eficiência,

enquanto aos 60 DAA, destacaram-se os tratamentos com thiamethoxan e imidacloprido, diminuindo significativamente a infestação de ninfas.

Diferentemente, Barbosa *et al* (2015), avaliando a eficiência dos tratamentos thiamethoxam (1 kg/ha) e *Metarhizium anisopliae* (10 kg/ha) no controle das cigarrinhas-das-raízes, verificou que, aos 15 e 30 dias após aplicação (DAA), o inseticida químico demonstrou maior controle de ninfas e de adultos, entretanto, nas avaliações posteriores, até os 90 DAA, destacou-se o tratamento com *M. anisopliae* com reduções significativas da população de cigarrinhas. Os autores recomendaram que o uso de thiamethoxam seja destino para altas populações da espécie no canavial exigindo rápida eliminação dos insetos, enquanto o bioinseticida deve ser utilizado quando a população se encontrar no nível de controle.

Por sua vez, estudo de Loureiro *et al* (2020) avaliou a eficiência no controle de *M. fimbriolata* pelo uso de *M. anisopliae* (bioinseticidas Metarril® e Metiê®), na concentração de $1,5 \times 10^{12}$ conídios viáveis/há, e do inseticida imidacloprido (Evidence® 700 WG), na dose de 400 g/ha, em condições de campo. Os bioinseticidas Metarril® e Metiê®, bem como o inseticida Evidence® 700 WG acarretaram redução de 95% do número de ninfas nas avaliações a partir dos 30 até 120 dias após pulverização (DAP), diferindo-se estatisticamente, com destaque para Metarril com maior eficácia de controle. No que tange os indivíduos adultos, aos 90 DAP, destacaram-se os bioinseticidas Metarril® e Metiê®, sendo estatisticamente superiores ao inseticida Evidence® 700 WG. Aos 120 DAP, os três tratamentos não diferiram estatisticamente entre si, entretanto, os bioinseticidas foram capazes de controlar 100% dos indivíduos adultos.

Mateus *et al* (2020) utilizaram os produtos comerciais Metarriz®; Metarril®; *M. anisopliae* JCO®; Metiê® e GrInn CE®, na concentração de $1,0 \times 10^8$ conídios/mL, para estudo do efeito de *M. anisopliae* no controle de cigarrinha-das-raízes. Observou-se que todos os isolados se diferenciaram da testemunha e foram semelhantes entre si aos 3 dias após aplicação, destacando-se os bioinseticidas GrInn CE®, Metarriz® e Metarril® com percentuais de mortalidade acumulada de ninfas de 86,7%, 90,0% e 93,3%, respectivamente. Ainda, o produto Metarriz foi capaz de proporcionar maior mortalidade com menor TL_{50} (0,9 dias) o que, segundo os autores, indica alta agressividade do bioinseticida uma vez que o tempo decorrido foi relativamente baixo comparado à produtos químicos.

Pesquisa desenvolvida por Almeida *et al* (2020) testou a eficiência de isolados de *M. anisopliae* no controle de *M. fimbriolata* em cana-de-açúcar, na região de Dourados/MS, aplicando-se 2kg/ha de arroz + fungo esporulado em concentração de $1,0 \times 10^{12}$ conídios viáveis/ha. Foi constatado que, aos 15 dias após aplicação, o isolado denominado IBCB 425 atingiu eficácia no controle de 72,2% para ninfas e de 83,3% para adultos, mantendo adequadas porcentagens de mortalidade durante os 120 dias de ensaio. Na avaliação realizada aos 120 dias após aplicação, destacou-se também o tratamento com o isolado UFGD 22 com controle de 85,9% das ninfas e 75% dos adultos. Os autores concluíram que a utilização de *M. anisopliae* reduz as populações de *M. fimbriolata* à valores inferiores ao nível de dano econômico.

Buscando avaliar o biocontrole de *M. fimbriolata* por fungos filamentosos, Pereira *et al* (2016) coletou diferentes amostras a fim de isolar, quantificar e identificar espécies fúngicas, avaliando-as quanto à colonização da cigarrinha. Os tratamentos consistiram em isolados fúngicos oriundos de amostras de solo, isolados oriundos da espécie forrageira, isolados advindos de rúmen de bovinos de corte, o fungo *Metarhizium anisopliae* isolado de bioinseticida comercial (controle positivo) e controle negativo (água destilada estéril). Os isolados fúngicos foram padronizados em concentração de 10^8 conídios/mL e as cigarrinhas foram aspergidas com 10 ul desse inóculo. Diversos gêneros fúngicos foram encontrados nas amostras exploradas, entre eles, Gliocadium, Trichoderma e especialmente Aspergillus, gênero amplamente disseminado em diferentes ambientes. Nos testes de colonização de *M. fimbriolata*, somente *M. anisopliae* acarretou 100% de colonização do inseto, enquanto *Aspergillus spp.* apresentou taxa de 77% de colonização quando isolado do solo e de até 66% quando isolado do rúmen bovino, concluindo que ambas as espécies são promissoras para o biocontrole da cigarrinha-das-raízes.

Iwanicki *et al* (2019) buscou documentar a persistência de *M. anisopliae* ESALQ1604 em canavial utilizando marcadores moleculares, além de caracterizar a diversidade de espécies do gênero em insetos, solo e raízes de áreas pulverizadas e não pulverizadas. Os autores conseguiram recuperar a cepa aplicada apenas na área pulverizada, em todas as avaliações exceto aos 90 dias após a aplicação, indicando que o fungo persiste em infectar as cigarrinhas por até cerca de 60 dias. A maior diversidade da espécie foi encontrada no solo e a análise de variância molecular demonstrou que a divergência genética entre os isolados dos diferentes ambientes foi alta e significativa.

Ademais, no que tange a segurança humana e ambiental, Brunner-Mendoza *et al* (2019) afirmaram que estudos de biossegurança, como testes dérmicos e gástricos em modelos de mamíferos, apontaram a espécie *M. anisopliae* como grande alternativa para substituição de produtos químicos, apresentando impacto relativamente baixo na saúde humana e no meio ambiente.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento da colheita mecanizada alterou a dinâmica produtiva da cana-de-açúcar em virtude da ausência de fogo e da deposição de palhada no canavial, acarretando alterações na população de pragas da cultura bem como dos inimigos naturais. Nesse contexto, a espécie *Mahanarva fimbriolata* ganhou posição de destaque entre as pragas que causam prejuízos à produtividade da cana-de-açúcar.

O manejo adequado da espécie não pode ser baseado em apenas uma estratégia de controle, mas de uma combinação de fatores como controle químico e biológico aliado ao uso de variedades mais tolerantes e manejo da palhada.

Os diversos estudos apresentados nessa revisão de controle biológico para *M. fimbriolata*, desde 2015, a pesquisa científica tem se concentrado em estudar a aplicação do fungo entomopatogênico *Metarhizium anisopliae* para controle da espécie, sendo observadas variações na concentração aplicada do fungo de $1,0 \times 10^8$ até $2,1 \times 10^{12}$ conídios viáveis por mL, as quais promoveram excelentes percentuais de infecção e de mortalidade da espécie.

A recomendação para o uso de inseticidas químicos seja utilizada em situações emergenciais de alta população pois estes produtos promovem rápido controle dos insetos, enquanto *M. anisopliae* deve ser utilizada em populações dentro do nível de controle biológico.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Levantamento da cana-de-açúcar irrigada e fertirrigada no Brasil**. 2. ed. Brasília: Ana, 2019. 53 p. ISBN: 978-85-8210-063-9

AGROLINK. **Cigarrinha das raízes**. Disponível em: https://www.agrolink.com.br/problemas/cigarrinha-das-raizes_504.html. Acesso em: 10 abr. 2022.

- ALMEIDA, J.E.M. **Atualidades no manejo das cigarrinhas da cana-de-açúcar.** Instituto Biológico. Disponível em: https://gebio.com.br/site/wp-content/uploads/2016/08/Dia1_cigarrinhas_JEMAlmeida.pdf. Acesso em: 04 out. 2022.
- ALMEIDA, J.E.M. Controle da cigarrinha-da-raiz em cana-de-açúcar. **Revista Cultivar Grandes Culturas**, ano XV, n. 177, p.317-320, fev 2014
- ALMEIDA, J.E.M.; BATISTA FILHO, A.; COSTA, E.A.D. Efeito de adjuvantes em associação com thiamethoxam 250 WG e *Metarhizium anisopliae*(metsch.) sorokin no controle de cigarrinha-da-raiz da cana-de-açúcar *Mahanarva fimbriolata* (Stal, 1854) (Hemiptera; Cercopidae). **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v.74, n.2, p.135-140, abr./jun., 2007
- ALMEIDA, M.E.B. *et al.* Aplicação de *Metarhizium anisopliae* (Ascomycota: clavicipitaceae) para o controle de *Mahanarva fimbriolata* (Stal, 1854) (Hemiptera). **Research, Society And Development**, v. 9, n. 8, p. 1-20, 4 jul. 2020. Research, Society and Development. <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5144>.
- ALVES, R.T.; CARVALHO, G.S. *Mahanarva liturata* (Le Peletier & Serville) atacando canaviais na região de Goianésia (GO), Brasil. **Arq. Inst. Biol.**, São Paulo, v.81, n.1, p. 83-85, 2014
- ANJOS, I.A. *et al.* Spatial distribution of sugarcane spittlebug, *Mahanarva fimbriolata*, in sugarcane fields. **Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol.**, v. 27, p. 1-7, 2010
- ARRIGONI, E. B. Controle Biológico da Cana de açúcar. In: Workshop Fapesp: Desafios da pesquisa em controle biológico na agricultura no Estado De São Paulo, 1, 2016, São Paulo. **Anais [...]**. São Paulo: FAPESP. Rev. Agro. Amb., v. 12, n. 2, p. 459-485, jan./mar. 2019 Disponível em <<http://www.fapesp.br/eventos/2016/02/cb/Enrico.pdf>> Acesso em: 15 mar. 2022.
- BAPTISTUSSI, R.C.; MARGARIDO, L.A.C.; CASTILHO, H.J.. Ação de efeitos ambientais na mortalidade natural da cigarrinha *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae) comparada a inseticidas alternativos em cultivo orgânico de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 6, n.3, p. 151-158, 2011.

- BARBOSA, R.H. *et al.* Chemical and biological control of *Mahanarva fimbriolata* Stål, 1854 (Hemiptera: cercopidae) in sugarcane producing regions of Mato Grosso do Sul. **Ambiência**, v. 11, n. 1, p. 247-255, 2015.
- BATISTA, E.S.P.B. *et al.* Screening of entomopathogenic nematodes to control *Mahanarva fimbriolata* (Hemiptera: Cercopidae). **Revista Colombiana de Entomologia**, v. 37, n.2, p. 198-202, 2011.
- BIOMIP. **Cigarrinha das Pastagens**. Disponível em: <https://biomip.com.br/cigarrinha-das-pastagens/>. Acesso em: 10 abr. 2022.
- BORGES FILHO, R.C. *et al.* Population Dynamics of Pests and Natural Enemies on Sugar Cane Grown in a Subtropical Region of Brazil. **Florida Entomologist**, v. 102, n. 3, p. 526, 30 set. 2019.
- BRUNNER-MENDOZA, C. *et al.* A review on the genus *Metarhizium* as an entomopathogenic microbial biocontrol agent with emphasis on its use and utility in Mexico. **Biocontrol science and technology**, v. 29, n. 1, p. 83–102, 2019
- BURIOZO, G.S.; CAMELO, A.D.; CAMPOS, A.P. Perfilhamento e ocorrência de cigarrinha da raiz em lavouras de cana-de-açúcar em sistemas de colheita com e sem palha. **Science and Technology Innovation in Agronomy**, Bebedouro, v.1, n.1, p. 46-53, set. 2017.
- BYERS, R.A.; WELLS, H.D. Phytotoxemia of Coastal bermudagrass caused by the two-lined spittlebug *Prosapia bicincta* (Homoptera: Cercopidae). **Annals of the Entomological Society of America**, v.59, n.6, p.1067-1071, 1966.
- CARBONELL, S.A.M. *et al* (org.). **Tropical bioeconomy: roadmaps and guidelines for bioeconomy development in Brazil**. Santo André: Sian Martins Comunicação, 2021. 80 p. ISBN 978-65-994280-3-6.
- CARVALHO, J.L.N. *et al.* Agronomic and environmental implications of sugarcane straw removal: a major review. **GCB Bioenergy**, v. 9, n. 7, p. 1181-1195, 15 dez. 2016
- CARVALHO L.W.T. *et al.* Incidencia de *Mahanarva fimbriolata* después de aplicaciones de *Metarhizium anisopliae* e imidacloprid en caña de azúcar. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 1, p. 20-26, jan/mar., 2011
- CASTRO, S.G.Q. *et al.* Changes in Soil Pest Populations Caused by Sugarcane Straw Removal in Brazil. **Bioenergy Research**, v. 12, n. 4, p. 878-887, jul. 2019.

CHEAVEGATTI-GIANOTTO, A. *et al.* Sugarcane (*Saccharum X officinarum*): a reference study for the regulation of genetically modified cultivars in Brazil. **Tropical Plant Biology**, v. 4, p. 62-89, 2011.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). **Acompanhamento da safra brasileira**: cana-de-açúcar, terceiro levantamento, safra 2021/2022. Brasília: CONAB, novembro 2021.

CURSI, D. E. *et al.* History and current status of sugarcane breeding, germplasm development and molecular genetics in Brazil. **Sugar Tech**, v. 24, n. 1, p. 112-133, fev. 2021.

DINARDO-MIRANDA, L. L. Cigarrinha-das-raízes em cana-de-açúcar. Campinas: Instituto Agronômico, 2003. 72 p.

DINARDO-MIRANDA, L.L. *et al.* Resistance of sugarcane cultivars to *Mahanarva fimbriolata*. **Bragantia**, v. 77, n. 2, p. 314-325, jun. 2018.

DINARDO-MIRANDA, L. L. *et al.* Tolerance of sugarcane cultivars to *Mahanarva fimbriolata*. **Ciência Rural**, v. 52, n. 6, p. 1-6, 2022.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FERREIRA, J. M. G. Eficiência de *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) no controle de *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae) em cana-de-açúcar. In: Simpósio de Controle Biológico, 8., 2003, São Pedro. **Resumos...**, 2003. p. 77.

DINARDO-MIRANDA, L.L.; FRACASSO, J.V. Sugarcane straw and the populations of pests and nematodes. **Sci. Agric.** v.70, n.5, p.305-310, set/out 2013.

DINARDO-MIRANDA, L.L.; GARCIA, V.; PARAZZI, V.J.. Efeito de Inseticidas no Controle de *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae) e de Nematóides Fitoparasitos na Qualidade Tecnológica e na Produtividade da Cana-de-Açúcar. **Neotropical Entomology**, v. 31, n. 4, p.609-614,2002

DINARDO-MIRANDA; L.L.; GIL, M.A. Estimativa do nível de dano econômico de *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae) em cana-de-açúcar. **Bragantia**, v. 66, p. 81–88, 2007.

DINARDO-MIRANDA, L.L. **Nematóides e pragas de solo em cana-de-açúcar**. Informações Agronômicas, 110, p.25-32, 2005

DORNELES JUNIOR, J. *et al.* Influência da quantidade de palhada em cana-deaçúcar na população de *Mahanarva fimbriolata* (Stål, 1854) (Hemiptera: Cercopidae). In: WORKSHOP AGROENERGIA, 9., 2015, Ribeirão Preto. **Anais [...]**. Ribeirão Preto: Instituto Agronômico, 2015. p. 1-7

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). **Crops and livestock products**. 2020. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#data>>. Acesso em: 20 jan. 2022.

FENNAH, R. G. Revisionary notes on the new world genera of Cercopid froghoppers (Homoptera: Cercopoidea). **Bulletin of Entomological Research**, v. 58, n. 1, 1968, p. 165 - 190

FONTES, E.M.G.; VALADARES-INGLIS, M.C. (ed.). **Controle biológico de pragas da agricultura**. Brasília: Embrapa, 2020. 510 p. ISBN 978-65-86056-01-3.

GALLO, D. *et al.* **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GARCIA, J.F.; BOTELHO, P.S.M.; PARRA, J.R.P. Biology and fertility life table of *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae) in sugarcane. **Sci. Agric.**, v.63, n.4, p.317-320, jul/ago 2006

GARCIA, J.F. *et al.* Feeding site of the spittlebug *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae) on sugarcane. **Sci. Agric.**, v.64, n.5, p.555-557, set/out 2007.

GARCIA, J. F. *et al.* Bioactivity of neem, *Azadirachta indica*, against spittlebug *Mahanarva fimbriolata* (Hemiptera: Cercopidae) on sugarcane. **Journal of Economic Entomology**, v.99, n.6, p. 2010-2014, 2006.

IWANICKI, N.S. *et al.* Monitoring of the field application of *Metarhizium anisopliae* in Brazil revealed high molecular diversity of *Metarhizium spp* in insects, soil and sugarcane roots. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 1-12, mar. 2019.

JAMES, G.L.. An Introduction to Sugarcane. In: ____ (ed.). **Sugarcane**. 2. ed. Blackwell Publishing Company, 2004. Cap. 1. p. 1-19. ISBN: 978-0-632-05476-3.

KASSAB, S. O. *et al.* Combinations of *Metarhizium anisopliae* with chemical insecticides and their effectiveness in *Mahanarva fimbriolata* (Hemiptera: Cercopidae) control on sugarcane. **Fla. Entomol.**, v. 97, p. 146–154, 2014.

KASSAB, S.O. *et al.* Control of *Mahanarva fimbriolata* (Stal) (Hemiptera: cercopidae) with entomopathogenic fungus and insecticides using two sampling methods on sugarcane fields. **African Journal Of Agricultural Research**, v. 10, n. 8, p. 803-810, fev. 2015.

KORNDORFER, A.P. **Efeito do silício na indução de resistência à cigarrinha-das-raízes *Mahanarva fimbriolata* Stal (Hemiptera: Cercopidae) em cultivares de cana-de-açúcar.** 2010, 102 f. Tese (doutorado) - Curso de ciências, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2010.

LALLEMAND, V. **Genera insectorum:** Homoptera: Fam. Cercopidae. Bruxelas, 1912. 167 p.

LAM, E. *et al* (ed.). **Compendium of Bioenergy Plants Sugarcane.** New York: CRC Press, 2016. 127 p. (ISBN 978-1-4987-4338-9)

LEITE, L. G. *et al.* Patogenicidad de *Steinernema*, *Heterorhabditis* (Nematoda: Rhabditida) contra ninfas da cigarrinha-das-raízes da cana-de-açúcar, *Mahanarva fimbriolata* (Hemiptera: Cercopidae). **Rev. Agric.**, v. 78, n.1, p.139-148, 2002.

LOUREIRO, E.S. *et al.* Efficiency of bioinsecticides in the control of *Mahanarva fimbriolata* (Hemiptera: Cercopidae) in field conditions. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 7, p. 1-15, 2020.

MADALENO, L. L. *et al.* Influence of *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae) injury on the quality of cane juice. **Neotrop. Entomol.**, v. 37, p. 68–73, 2008

MASCARIN, G.M. *et al.* Current status and perspectives of fungal entomopathogens used for microbial control of arthropod pests in Brazil. **Journal Of Invertebrate Pathology**, v. 165, p. 46-53, jul. 2019.

MATEUS, M.P.B. *et al.* Estudo comparativo de bioinseticidas a base de *Metarhizium anisopliae* (Ascomycota: Clavicipitaceae) no controle de *Mahanarva fimbriolata* (Hemiptera: Cercopidae). **Research, Society and Development**, v. 9, n. 10, p. 1-15, 2020

MOORE, P.H.; BOTHA, F.C.. **Sugarcane:** physiology, biochemistry, and functional biology. Willey Blackwell, 2014. 765 p. (ISBN 978-0-8138-2121-4).

- OROZCO-RESTREPO, S.M. *et al.* Host-Plant Resistance to Spittlebugs: a life-table study with *Mahanarva fimbriolata* (Hemiptera). **Journal Of Economic Entomology**, v. 110, n. 6, p. 2655-2661, set. 2017.
- PARRA, J. R. P. Biological control in Brazil: an overview. **Scientia Agricola**, v. 71, n. 5, p. 345-355, set/out. 2014.
- PARRA; J.R.P.; BOTELHO, P.S.; PINTO, A.S.. Biological control of pests as a key component for sustainable sugarcane production. In: CORTEZ, L.A.B. (Coord.). **Sugarcane bioethanol: R&D for Productivity and Sustainability**, São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2014, p.441-450.
- PEIXOTO, M.F. *et al.* Controle e perdas provocadas por *Mahanarva fimbriolata* (Stål) (Hemiptera: Cercopidae) em cana-de-açúcar. **Gl. Sci. Technol.**, v. 02, n. 1, p.114-122, jan/abr 2009
- PEREIRA, B. S. *et al.* Avaliação in vitro de fungos filamentosos no controle biológico de *Mahavarna fimbriolata*. **Cad. Ciênc. Agrá.**, v. 8, n. 2, p. 48-57, 2016.
- PISTORI, M.G.B. *et al.* Effect of *Anacardium humile* St. Hill (Anacardiaceae) Aqueous Extract on *Mahanarva fimbriolata* (Stal, 1854) (Hemiptera: Cercopidae). **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, n.4, p. 413-417, out/dez 2013.
- RENZI, A. *et al.* Evolução do controle biológico de insetos e pragas no setor canavieiro: uma análise na perspectiva econômica. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, Maringá, v. 12, n. 2, p. 459, maio 2019.
- REVOREDO, T.T.O.. **Infestação da cigarrinha-das-raízes (*Mahanarva* spp.) (Hemiptera: Cercopidae) em cana-de-açúcar e planejamento amostral em diferentes formas da paisagem**. 2015. 48 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia (Entomologia Agrícola)., Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2015.
- SANDOVAL, S. S.; SENÔ, K. C. A. Comportamento e controle da *Diatraea saccharalis* na cultura da cana-de-açúcar. **Nucleus**, v.7, n.1, abr. 2010.
- SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL (SENAR). Cultivo e produção de cana-de-açúcar. Goiânia: SENAR/AR-GO, 2018. 156 p.
- SILVA, R.D.A. **Cigarrinha das raízes (*Mahanarva fimbriolata*): monitoramento e manejo**. Monitoramento e manejo. Centro de Tecnologia Canavieira. Disponível em:

<http://www.cana.com.br/biblioteca/informativo/Cigarrinha%20das%20ra%C3%ADzes%20-%20%20Mahanarva%20fimbriolata%20CTC%203.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2022.

SCHÖBEL, C.; CARVALHO, G. S. Niche Modeling of Economically Important Mahanarva (Hemiptera, Cercopidae) Species in South and Central America: are brazilian spittlebug sugarcane pests potential invaders of south and central america?. **Journal Of Economic Entomology**, p. 1-11, set. 2019.

SILVA, L.P.S. **Análise do controle químico e biológico da cigarrinha da raiz Mahanarva fimbriolata (Stål) (Hemiptera: Cercopidae) em cana-de-açúcar *Saccharum officinarum***. 2010. 32 f. Monografia - Curso de Agronomia, Faculdades Integradas FAFIBE, Bebedouro, 2015

SOARES, B.O. *et al.* Effect of *Mahanarva fimbriolata* (Hemiptera: cercopidae) attack on photosynthetic parameters of sugarcane genotypes of contrasting susceptibility. **Journal Of Economic Entomology**, v. 110, n. 6, p. 2686-2691, out. 2017.

STINGEL, E. **Distribuição espacial e plano de amostragem para a cigarrinha-das-raízes *Mahanarva fimbriolata* (Stal, 1854), em cana-de-açúcar**. 2005. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciências (Entomologia), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

SURIANI, A.; SEGATO, S.V. Controle de Mahanarva fimbriolata com uso do inseticida thiamethoxan em aplicação conjunta à colhedora de cana-de-açúcar. **Nucleus**, Edição Especial, p.105-112, 2009

TÉRAN, F. O. Pragas da cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S. B. (Ed.). Cana-de-açúcar: cultivo e utilização. Campinas: Fundação Cargill, v. 2, p. 601-698, 1987.

TIAGO, P.V. *et al.* Differential Pathogenicity of *Metarhizium anisopliae* and the Control of the Sugarcane Root Spittlebug *Mahanarva fimbriolata*. **Brazilian archives of biology and technology**, v. 54, n.3, p. 435-440, mai/jun 2011

TREVISAN, O.; MENEGUETTI, D.U.O. Predação durante a cópula de *Mahanarva fimbriolata* Stål, 1854 (Hemiptera: Cercopidae) por *Montina confusa* Stål, 1859 (Hemiptera: Reduviidae) em posição de acasalamento. **Revista Agro@ambiente Online**, v. 6, n.2, p. 184-186, mai/ago 2011.

TONELLI, M. *et al.* Attraction of entomopathogenic nematodes to sugarcane root volatiles under herbivory by a sap-sucking insect. **Chemoecology**, v. 25, p. 59-66, 2016.

TONELLI, M. *et al.* Spittlebugs produce foam as a thermoregulatory adaptation. **Scientific Reports**, v. 8, n. 1, p. 1-6, 16 mar. 2018.