

Universidade Federal de São João del-Rei
Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia

GUILHERME SOUZA DE AVELLAR

**Aspectos bioecológicos de *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904)
(Hemiptera: Aphididae) na cultura do sorgo**

SÃO JOÃO DEL-REI,
MINAS GERAIS – BRASIL
ABRIL DE 2024

GUILHERME SOUZA DE AVELLAR

**Aspectos bioecológicos de *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904)
(Hemiptera: Aphididae) na cultura do sorgo**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia da Universidade Federal de São João del-Rei como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de “*Doctor Scientiae*” (DS).

SÃO JOÃO DEL-REI, MINAS
GERAIS - BRASIL
ABRIL DE 2024

GUILHERME SOUZA DE AVELLAR

**Aspectos bioecológicos de *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904)
(Hemiptera: Aphididae) na cultura do sorgo**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia da Universidade Federal de São João del-Rei como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de “*Doctor Scientiae*” (DS).

Sete Lagoas, 22 de abril de 2024

Dr. Ivanildo Evódio Marriel
(Orientador)

Dra. Simone Martins Mendes
(Coorientadora)

Dra. Rosangela Cristina Marucci
(Membro Externo - UFLA)

Dra. Lívia Mendes de Carvalho
(Membro Externo - Epamig)

Dr. Ivênio Rubens de Oliveira
(Membro Interno - Embrapa)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo Dom da vida e por me permitir concluir mais uma etapa em minha caminhada.

Aos meus pais Adriano Moreira de Avellar e Juliana de Oliveira e Souza, por todo amor, respeito, ensinamentos e compreensão a mim dedicados, para que eu pudesse chegar até aqui.

As minhas avós Marilene de Oliveira e Silva (*in memorian*) e Lucília Moreira de Avellar (*in memorian*) que aonde quer que elas estejam sempre estarão comigo.

Aos meus irmãos Julia Souza de Avellar, Matheus Souza de Avellar e Igor Souza de Avellar pelo incentivo e por acreditarem em mim. Ao José Ibrahim El-Corab Neto por todo apoio, incentivo, motivação e paciência que sempre prestou a mim.

A pesquisadora Dra. Simone Martins Mendes, pela orientação, pelos ensinamentos, pela dedicação, pelos conhecimentos transmitidos e pelo distinto exemplo, que contribuiu para o meu desenvolvimento acadêmico.

Ao professor Dr. Ivanildo Evódio Marriel, pela orientação, confiança, paciência e ensinamento que permitiram a realização deste trabalho.

A Dra. Lívia Mendes de Carvalho, Dra. Rosangela Cristina Marucci e ao Dr. Ivênio Rubens de Oliveira por ter aceitado o convite em participar da banca, e por serem exemplos não apenas como pesquisadores, mas também como pessoas.

À UFSJ (Universidade Federal de São João del-Rei) pela oportunidade da realização do doutorado.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) pela parceria e por todo apoio prestado a mim durante a pós-graduação.

Aos funcionários da Embrapa Milho e Sorgo, pela colaboração e apoio sempre.
À fazenda True Type e ao Marcus, por cederem o espaço para a avaliação dos ensaios.

Aos amigos do Laboratório de Ecotoxicologia de Insetos e Manejo, Eustáquio, Nathan, Nathalia, Douglas, Valquíria, Alef, Antônio, Michele, Vinicius, Barbara, Ana Carolina, pelo apoio nas avaliações, suporte e amizade.

A todos os velhos e bons amigos, que contribuíram para o meu crescimento pessoal.

A Capes (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa de pós-graduação.

À Fapemig (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (APQ-01180-23), pelo suporte financeiro para execução desta tese.

Enfim, a todos que contribuíram direta ou indiretamente para que este sonho pudesse ser realizado.

*A Deus, pela oportunidade de estar presente aqui e de conseguir
ser a pessoa a qual ele escolhera e acreditar ser para mim.*

AGRADEÇO

*Aos meus pais, Juliana e Adriano,
pelo amor e compreensão em todos os anos de minha existência.
Aos meus irmãos Julia, Matheus e Igor por sempre acreditarem em mim.
Ao José Ibrahim, pela amizade, cumplicidade e apoio no trilhar de meus caminhos.*

DEDICO

*“Se você quer ser bem sucedido, precisa ter
dedicação total, buscar seu último limite e
dar o melhor de si.”*

(Ayrton Senna)

AVELLAR, Guilherme Souza de (DS). Universidade Federal de São João del Rei, abril de 2024. **Aspectos bioecológicos de *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (Hemiptera: Aphididae) na cultura do sorgo**. Orientador: Dr. Ivanildo Evódio Marriel Co-orientadora: Dra. Simone Martins Mendes

Resumo: O pulgão *Melanaphis sorghi* surgiu como uma praga importante em cultivos de sorgo no Brasil, causando danos significativos à produção. Este estudo teve como objetivo investigar a biologia, ecologia e o manejo desse inseto, com foco em sua distribuição, dinâmica populacional e interações com inimigos naturais e o hospedeiro. Através de experimentos de campo e laboratório, realizados em diferentes regiões produtoras de sorgo, foram coletados dados sobre a incidência do pulgão, a densidade populacional, o ciclo de vida e a reprodução. Foram identificadas e quantificadas as principais espécies de inimigos naturais associadas ao *M. sorghi*, avaliando seu potencial de controle biológico. Além disso, foram conduzidos testes de resistência em diferentes híbridos de sorgo, visando identificar fontes de resistência genética. Os resultados obtidos indicaram que o *M. sorghi* apresenta ampla distribuição nas áreas de cultivo de sorgo no Brasil, com densidades populacionais variando em função de fatores climáticos e agrônômicos. A análise das relações entre o pulgão, seus inimigos naturais e o hospedeiro revelou a importância de predadores no controle natural da praga. No entanto, a eficácia do controle biológico pode ser influenciada por fatores como a abundância de inimigos naturais, as condições climáticas e o uso de inseticidas. Os testes de resistência em híbridos de sorgo demonstraram a existência de variabilidade genética para resistência ao *M. sorghi*, com alguns genótipos apresentando níveis de infestação significativamente menores. Esses resultados indicam o potencial do uso de cultivares resistentes como uma estratégia importante para o manejo integrado de pragas. Os resultados deste estudo contribuem para o conhecimento da biologia e ecologia do *M. sorghi* no Brasil, fornecendo informações relevantes para o desenvolvimento de estratégias de manejo integrado de pragas. O uso de cultivares resistentes, associado ao controle biológico e a outras práticas de manejo, como o monitoramento regular das populações do pulgão e o uso racional de inseticidas, pode auxiliar na redução dos danos causados por essa praga e na otimização da produção de sorgo.

Palavras-chave: pulgão do sorgo, *Melanaphis sorghi*, sorgo, manejo integrado de pragas, resistência de plantas, inimigos naturais.

AVELLAR, Guilherme Souza de (DS). Universidade Federal de São João del Rei, abril de 2024. **Bioecological Aspects of *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) in Sorghum Crops**. Orientador: Dr. Ivanildo Evódio Marriel. Co-orientadora: Dra. Simone Martins Mendes

Abstract: The sorghum aphid *Melanaphis sorghi* has emerged as a major pest of sorghum crops in Brazil, causing significant production losses. This study aimed to investigate the biology, ecology, and management of this insect, focusing on its distribution, population dynamics, and interactions with natural enemies and the host plant. Through field and laboratory experiments conducted in different sorghum-growing regions, data were collected on aphid incidence, population density, life cycle, and reproduction. The main natural enemy species associated with *M. sorghi* were identified and quantified to assess their potential for biological control. In addition, resistance tests were conducted on different sorghum hybrids to identify sources of genetic resistance. The results indicated that *M. sorghi* is widely distributed in sorghum-growing areas in Brazil, with population densities varying according to climatic and agronomic factors. Analysis of the relationships between the aphid, its natural enemies, and the host plant revealed the importance of predators in natural pest control. However, the effectiveness of biological control can be influenced by factors such as the abundance of natural enemies, climatic conditions, and insecticide use. Resistance tests in sorghum hybrids demonstrated the existence of genetic variability for resistance to *M. sorghi*, with some genotypes exhibiting significantly lower infestation levels. These results indicate the potential of using resistant cultivars as an important strategy for integrated pest management. The findings of this study contribute to the knowledge of the biology and ecology of *M. sorghi* in Brazil, providing valuable information for the development of integrated pest management strategies. The use of resistant cultivars, combined with biological control and other management practices such as regular monitoring of aphid populations and rational insecticide use, can help reduce damage caused by this pest and optimize sorghum production.

Keywords: sorghum aphid, *Melanaphis sorghi*, sorghum, integrated pest management, plant resistance, natural enemies.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	08
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	10
2.1	O cultivo do sorgo no Brasil.....	10
2.1.1	Sorgo Granífero.....	10
2.1.2	Sorgo Forrageiro.....	11
2.1.3	Sorgo Biomassa.....	12
2.1.4	Sorgo Sacarino.....	12
2.1.5	Sorgo Vassoura.....	13
2.2	Insetos-Praga na cultura do sorgo.....	14
2.2.1	<i>Diatraea saccharalis</i> (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae).....	15
2.2.2	<i>Spodoptera frugiperda</i> (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)	15
2.2.3	<i>Rhopalosiphum maidis</i> (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae).....	16
2.2.4	<i>Schizaphis graminum</i> (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphididae)	17
2.2.5	<i>Melanaphis sorghi</i> (Theobald, 1904) Hemiptera: Aphididae).....	17
2.3	Manejo do pulgão (<i>Melanaphis sorghi</i>) em sorgo.....	19
2.3.1	Controle cultural – Época de plantio.....	20
2.3.2	Resistência de plantas.....	21
2.3.3	Controle biológico.....	22
2.3.4	Controle químico.....	24
2.4	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
3	ARTIGO I: Pulgão <i>Melanaphis sorghi</i> (Theobald, 1904) (Hemiptera: Aphididae) na cultura do sorgo: análise do cenário brasileiro	37
3.1	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
4	ARTIGO II: Relações entre a ocorrência <i>Melanaphis sorghi</i> (Theobald,	49

	1904) (Aphididae: Hemiptera), a comunidade de insetos predadores e condições climáticas em sorgo forrageiro em Inhaúma – MG, Brasil:.....	
4.1	INTRODUÇÃO.....	50
4.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	51
4.3	RESULTADOS.....	53
4.4	DISCUSSÃO.....	57
4.5	CONCLUSÃO.....	63
4.6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	62
5	ARTIGO III: Resistência de híbridos de sorgo ao pulgão do sorgo.....	69
5.1	INTRODUÇÃO.....	70
5.2	MATERIAL E MÉTODOS.....	72
5.2.1	Colônia de afídeos.....	72
5.2.2	Determinação dos parâmetros biológicos de <i>Melanaphis sorghi</i>	72
5.2.3	Tabela de vida e fertilidade.....	73
5.2.4	Análise estatística.....	74
5.3	RESULTADOS.....	75
4.2	DISCUSSÃO.....	77
4.3	CONCLUSÃO.....	81
5.6	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82

1. INTRODUÇÃO

A cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) tem papel na segurança alimentar e na economia agrícola em diversas regiões do mundo, sendo fonte vital de alimentos para humanos, ração animal e matéria-prima para a indústria. No entanto, a produção sustentável do sorgo enfrenta uma série de desafios fitossanitários, dentre os quais se destaca a infestação pelo pulgão *Melanaphis sorghi* (Theobald) (Hemiptera: Aphididae), uma praga de importância econômica significativa (Costa et al., 2022).

A compreensão da biologia e do comportamento desta espécie de pulgão torna-se crucial para o desenvolvimento de estratégias eficazes de manejo integrado de pragas na cultura do sorgo (Palomares-Pérez et al., 2020). Métodos de controle tradicionais, como a aplicação de inseticidas químicos, têm sido amplamente utilizados, porém enfrentam crescentes desafios de resistência, impactos ambientais adversos e preocupações com a segurança alimentar e saúde humana (Costa et al., 2022). Neste contexto, a busca por estratégias sustentáveis e eficazes, como os bioinseticidas, torna-se imperativa (Cámara et al., 2021). Sobretudo, por se tratar de sorgo, uma cultura de baixo suporte fitossanitário “*minor crops*”, com um baixo número de produtos registrados.

Esta tese propôs-se a investigar e avaliar diversas abordagens relacionadas à ocorrência e manejo do pulgão *M. sorghi* na cultura do sorgo, desde sua presença no Brasil até a caracterização da biologia e ecologia da praga. Por meio da análise do comportamento do inseto, sua dinâmica populacional e interações com o ambiente, buscamos compreender melhor os padrões de infestação e os fatores que influenciam sua disseminação. A integração de conhecimentos sobre a biologia do pulgão, suas interações com o ambiente e métodos de controle, contribui para o desenvolvimento de práticas agrícolas mais sustentáveis e adaptadas às

necessidades do cultivo de sorgo, considerando aspectos socioeconômicos e ambientais.

Os resultados da pesquisa foram organizados em três capítulos, em forma de artigo: (1) Pulgão *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (Hemiptera: Aphididae) na cultura do sorgo: análise do cenário brasileiro; (2) Relações entre a ocorrência *Melanaphis sorghi* a comunidade de insetos predadores e condições climáticas em sorgo forrageiro em Inhaúma, MG, Brasil e (3) Resistência de híbridos de sorgo ao pulgão do sorgo (Figura 1).

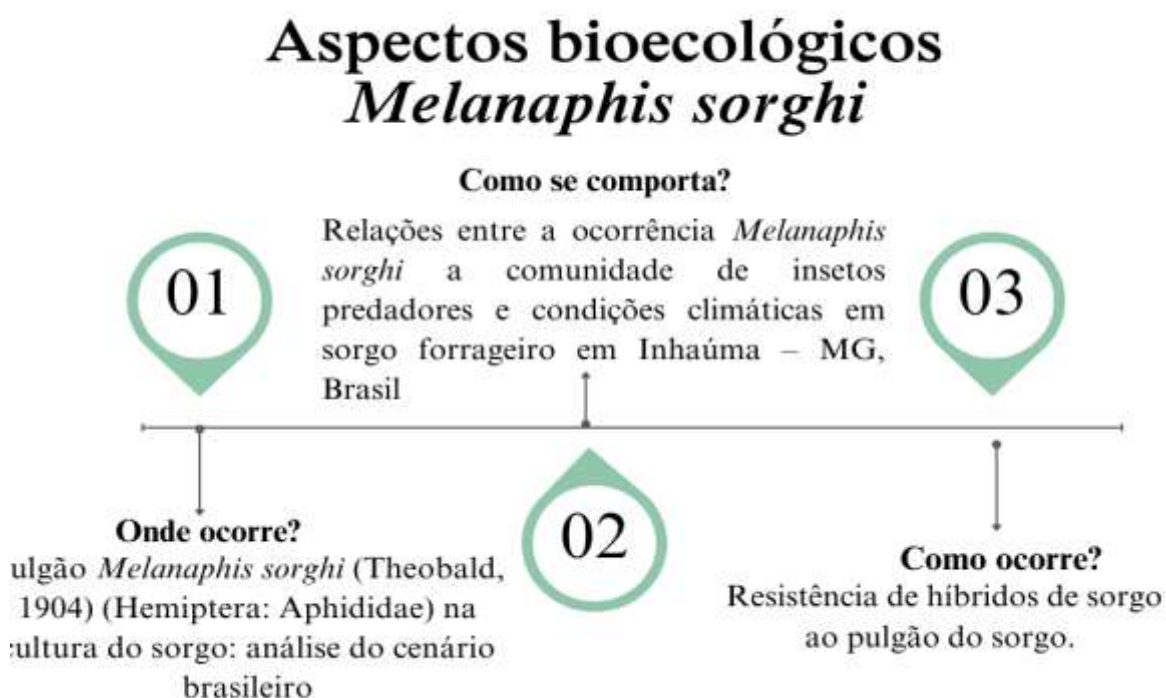


Figura 1. Linha do tempo das pesquisas sobre os aspectos bioecológicos de *Melanaphis sorghi* na cultura do sorgo. A figura apresenta uma linha do tempo com pontos representando artigos científicos publicados que investigam questões críticas sobre o pulgão do sorgo. Cada ponto na linha do tempo corresponde a um estudo específico, abordando tópicos como a dinâmica populacional do pulgão, estratégias de controle, interações com a planta hospedeira, resistência a pesticidas, e os efeitos das condições ambientais na infestação e dispersão do pulgão.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. O cultivo do sorgo no Brasil

O sorgo (*Sorghum bicolor* L.) é um cereal com origem na África, cuja domesticação remonta a entre 3 mil e 5 mil anos atrás (Duarte, 2021). Na cadeia produtiva de grãos brasileira, o sorgo granífero desempenha um papel de suma importância, principalmente por gerar receita no período da safrinha (Rodrigues et al., 2018). As plantas de sorgo são, em geral, mais resistentes ao período de seca e ao estresse hídrico quando comparadas ao milho, por exemplo (Assis, 2021). Além disso, é uma cultura de rápido desenvolvimento, sendo muito procurada para produção de ração, fabricação de silagem e para pastejo direto (Paula, 2016; Santos et al., 2020).

O sorgo é base alimentar em diversas partes do mundo (de Lima, 2021). Na América do Sul, nos Estados Unidos e na Austrália, por exemplo é amplamente utilizado para a fabricação de rações na alimentação animal. Já em regiões da América Central, Ásia e África, seus grãos são utilizados também para a alimentação humana (Jara, 2018).

O Brasil é o nono maior produtor de sorgo do mundo, com o cultivo ganhando bastante espaço na segunda safra (Conab, 2021). Na safra 2023/2024, foi estimada uma produção de 4,357 milhões de toneladas, 9% superior em relação à safra passada, tendo uma produtividade de 3.378 kg/ha. No país, o maior produtor é o estado de Goiás, com 1,2 milhão de toneladas, seguido por Minas Gerais (Conab, 2024). Dentre os diferentes morfotipos e aptidões de sorgo, destacam-se:

2.1.1. Sorgo Granífero

Este tipo de sorgo é amplamente utilizado na alimentação animal, especialmente na composição de rações, devido ao elevado valor nutricional de

seus grãos que são uma excelente fonte alternativa para composição de rações e também para alimentação humana devido apresentar compostos com alta atividade antioxidante e alto teor de fibras (Mocellin et al., 2021; De Menezes et al., 2021). Além disso, o sorgo apresenta compostos com alta atividade antioxidante e um alto teor de fibras, o que também o torna uma opção interessante para a alimentação humana (Birhanu, 2021).

O cultivo do sorgo granífero (Tabela 1) no Brasil tem um papel importante na estratégia econômica, especialmente quando cultivado em sucessão às culturas de verão, como a soja, contribuindo positivamente para os produtores (de Menezes et al., 2021). O plantio pode ser realizado tardiamente, em fevereiro/março, em condições de sequeiro, onde o volume de chuva não atende às necessidades fisiológicas para o cultivo do milho (Landau, 2015). No entanto, torna-se de fundamental importância a utilização de cultivares de ciclo precoce e mais tolerantes à seca, pois plantios realizados em condições de sequeiro e tardiamente tendem a ter uma redução na produtividade devido à escassez hídrica (falta de água) na fase de enchimento de grãos (Batista et al., 2019; de Menezes et al., 2021).

2.1.2. Sorgo Forrageiro

O sorgo forrageiro (Tabela 1) se destaca pela sua fácil adaptação em todo país, como alternativa à silagem de milho, que é a principal silagem produzida no Brasil. A silagem de sorgo oferece alta qualidade nutricional sendo economicamente mais rentável para o produtor. Isso se deve ao fato de que o plantio possibilita uma segunda colheita derivada da rebrota após o primeiro corte da cultura, proporcionando um ganho extra na produtividade final (Barros, 2022). Além disso, as características como teor de proteína, digestibilidade e perfil de fibra são fundamentais para determinar a qualidade nutricional do sorgo forrageiro,

influenciando diretamente no desempenho animal (Silva et al., 2020; Souza et al., 2021). Esses avanços na pesquisa genética e na compreensão da nutrição animal têm contribuído para a seleção de cultivares mais adequadas às necessidades dos sistemas de produção pecuária (Rodrigues et al., 2021).

2.1.3. Sorgo Biomassa

Sua principal utilização é como matéria-prima para a cogeração de energia, além, de seu potencial como fonte de biocombustíveis de segunda geração (Schmidt et al., 2022). Trata-se de uma planta de porte alto, podendo atingir até seis metros de altura, o que possibilita um maior acúmulo de biomassa. O sorgo biomassa (Tabela 1) possui alta capacidade de geração de energia através da combustão da biomassa seca, sendo uma matéria-prima de baixo custo e com possibilidades de substituição de culturas comuns, como a cana-de-açúcar e a lenha de eucalipto (Silva et al., 2020; da Silva et al., 2022).

O sorgo biomassa é sensível ao fotoperíodo, ou seja, quando os dias passam a ser menores que 12 horas, seu florescimento é induzido (Barbosa et al., 2022). Quando esse sorgo é plantado em épocas de dias longos, como na primavera/verão, permite que a planta desenvolva seu máximo potencial de acumulação de biomassa (Santos et al., 2021). Do ponto de vista econômico, plantas com maiores biomassas serão sempre mais desejadas.

2.1.4. Sorgo Sacarino

Esse tipo de sorgo (Tabela 1) apresenta características semelhantes às de cana-de-açúcar, como o colmo com açúcares fermentáveis e a presença de amido nos grãos, tem sido amplamente utilizado na produção de biocombustível (Duarte, 2021). Sua matéria-prima constitui uma importante fonte para suplementar o período

de entressafra em regiões brasileiras onde a cana-de-açúcar não é cultivada, otimizando assim a produção de etanol no país (Sumikawa, 2019). O sorgo é semeado entre os meses de outubro e novembro, visando atender à demanda por etanol nos meses subsequentes, de dezembro a março (Anjos et al., 2023). O ciclo curto da cultura reduz a exposição da planta ao ataque de pragas e doenças, conferindo-lhe ainda mais atratividade para os produtores (Silva et al., 2020).

2.1.5. Sorgo Vassoura

O sorgo tipo vassoura (Tabela 1), reconhecido pela sua panícula alargada e ráquis com longas ramificações, é valorizado principalmente pela sua importância na produção de vassouras artesanais, sendo uma escolha comum entre pequenos produtores (Bueno et al., 2024). Com a capacidade de atingir alturas superiores a três metros, esse tipo de sorgo pode ser cultivado em diversas regiões do país. Apesar de sua popularidade entre os produtores artesanais, o sorgo vassoura não se destaca economicamente quando comparado a outras culturas (Teixeira et al., 2018).

Tabela 1. Os tipos de sorgo, suas características e principais pragas-alvo. Adaptado de (Souza et al., 2021 e da Silva et al 2024)

Sorgo	Ciclo (Dias)	Parte economicamente utilizável	Altura média de Planta (m)	Principais Pragas em ordem de importância
Granífero	110	Panícula (Grãos)	1,3	Pulgões, broca-da-cana e Lagarta do cartucho
Forrageiro	90	Toda planta (Silagem)	2,5	Lagarta do cartucho Broca-da-cana Pulgões
Biomassa	180	Toda planta (Queima ou forragem)	4,5	Broca-da-cana Pulgões Lagarta do cartucho
Sacarino	90	Colmo (Caldo)	3	Broca-da-cana, Lagarta do cartucho Pulgões
Vassoura	100	Panícula e caule (Vassoura)	2,5	Broca-da-cana Lagarta do cartucho Pulgões

2.2. Insetos-praga na cultura do sorgo

Os insetos-praga podem atacar vários estágios de desenvolvimento da planta, desde a fase inicial de crescimento até a maturação dos grãos. Entre as espécies mais comuns que afetam o sorgo estão os pulgões, percevejos e lagartas (Mendes et al., 2020). O manejo integrado dessas pragas envolve a utilização de métodos de controle que visam reduzir as populações de insetos-praga a níveis toleráveis, minimizando assim os danos à cultura e os custos associados ao controle de pragas.

Para garantir uma plantação com pouca infestação de insetos-praga, os produtores precisam estar atentos aos sinais de infestação e adotar o manejo integrado de pragas (MIP) (Lima et al., 2020). Isso inclui o monitoramento para identificar precocemente a presença de insetos-praga, o estabelecimento de limiares

de ação para orientar as decisões de controle e a implementação de estratégias de controle biológico, cultural e químico quando necessário (Santos, 2021).

Entre as espécies de maior relevância destacam-se:

2.2.1. *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae)

A broca da cana-de-açúcar, *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae), é uma das principais pragas encontradas em culturas como cana-de-açúcar, milho, arroz e sorgo (Santos, 2021). Após a eclosão, as larvas de estágio inicial raspam a membrana da folha e migram internamente até a base da bainha, penetrando no caule da planta. Ao se alimentarem do parênquima, as larvas iniciam a formação de galerias na planta, causando danos diretos pelo consumo de tecidos vegetais que podem resultar na redução do peso das plantas, diminuição do diâmetro e tamanho dos colmos, além de ocasionar o secamento e a morte da planta (Wartha et al., 2022).

2.2.2. *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)

Conhecida como lagarta-do-cartucho, esta praga tem distribuição geográfica generalizada, ocorrendo em todas as regiões produtoras do país (de Araújo et al., 2021). No Brasil, devido ao clima tropical e às características de polifagia e alta capacidade de dispersão da *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae), regiões agrícolas enfrentam infestações da praga durante todo o ano (Oliveira et al., 2022).

Esse noctuídeo deposita seus ovos em massas cerca de 150 ovos, dispostos em duas ou três camadas, protegidos por uma camada de escamas deixadas pelas fêmeas adultas (Lacerda, 2022). Ao eclodirem as larvas se alimentam do córion e, em seguida, das folhas, causando o sintoma de "folhas raspadas", o que facilita a identificação de sua presença na lavoura (Adams et al.,

2021). A fase larval dura cerca de 15 dias, passando por cinco a oito estágios. Após essa fase, as larvas se dirigem ao solo, onde entram na fase de pupa, que dura de 10 a 12 dias. O ciclo biológico desta praga tem aproximadamente 25 dias a uma temperatura de 25 °C, podendo ser prolongado em temperaturas mais frias (Carvalho et al., 2023). Durante os dois últimos instares, as lagartas causam as maiores injúrias, alimentando-se de grandes quantidades de folhas. Elas raspam o limbo foliar e dirigem-se para o cartucho da planta, danificando as folhas novas ainda dentro do cartucho, resultando em lesões simétricas nos dois lados do limbo foliar (Mendes et al., 2020).

2.2.3. *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae)

Essa espécie também chamada de pulgão-do-milho (Tabela 2), ocorre em diferentes espécies de plantas como milho, sorgo, cevada, aveia e outras gramíneas, incluindo os gêneros *Triticum*, *Oryza* e *Saccharum* (Blackman; Eastop, 2008). Está presente em regiões do Brasil onde o milho safrinha e o sorgo são cultivados. Esses insetos podem formar colônias nas partes jovens das plantas, como cartuchos, pendões e gemas florais (Mendes et al., 2020). Ao se alimentarem, os pulgões danificam as plantas através da sucção de seiva e injeção de toxinas, resultando na destruição da parede celular e no surgimento de manchas necróticas característicos do ataque de afídeos (Peña et al., 2017). Contudo, há poucos relatos dessa espécie causa danos econômico à cultura.

Curiosamente, segundo Waquil (2003), muitas vezes a presença do pulgão-da-folha-do-milho pode ser considerada benéfica, sobretudo quando ocorre em baixa infestação, uma vez que não causa danos significativos e serve como fonte de alimento, auxiliando na sustentação de inimigos naturais na área.

2.2.4. *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera: Aphidae)

O pulgão verde, *S. graminum* (Tabela 2), é uma praga-chave na cultura do sorgo (Barbosa et al., 2023), sendo encontrada nas partes abaxiais das folhas baixas e desenvolve-se nos verticilos de plantas jovens (Mendes et al., 2014). Os primeiros sintomas do ataque desta praga nas plantas incluem descoloração das folhas e morte do tecido vegetal (Grover et al., 2019). Além de causar redução do desenvolvimento vegetal, esses insetos são transmissores de doenças virais, como o vírus do mosaico anão do milho e o vírus do mosaico da cana-de-açúcar (Zhang et al., 2020).

2.2.5. *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) Hemiptera: Aphididae)

Melanaphis sorghi (Tabela 2), espécie de pulgão que afeta principalmente o sorgo, teve sua nomenclatura estabelecida por Theobald em 1904. Esses pulgões são comumente encontrados nas folhas inferiores das plantas de sorgo, onde se alimentam da seiva do floema, causando danos significativos às culturas (Avellar et al., 2023). Sua presença nas Américas foi identificada pela primeira vez em 1922 (Mbulwe, 2016). Antes de meados de 2013, essa praga era raramente observada em lavouras comerciais de sorgo nos Estados Unidos. No entanto, desde então, sua infestação causou perdas significativas de produtividade, atingindo até 100% em algumas áreas cultivadas nos Estados Unidos e no México (Nibouche et al., 2021).

No Brasil, o registro da presença de *Melanaphis sorghi* na cultura do sorgo foi durante a safra agrícola de 2018/2019, foram relatadas infestações em lavouras de sorgo, resultando em grandes prejuízos para produtores em Goiás, São Paulo e Minas Gerais (Mendes et al., 2022).

Esses pulgões são encontrados principalmente na parte inferior das folhas do sorgo, onde se alimentam da seiva do floema, causando perda de nutrientes e açúcares nas plantas (Carranza et al. 2017). A intensificação das infestações pode

levar a sintomas como clorose foliar, necrose, crescimento atrofiado e atraso na formação de panículas, resultando até mesmo na morte das plantas (Bowling et al., 2016; Peterson et al., 2018; Villanueva et al., 2014). Além disso, a secreção de melada pelos pulgões pode reduzir a eficiência fotossintética e promover o acúmulo de fuligem nas folhas (Harris-Shultz, et al., 2022).

Anteriormente a ocorrência de pulgões nos Estados Unidos (EUA) em 2013, *Melanaphis* spp. foi examinada a diversidade da espécie pelo mundo, e foram coletados pulgões em cana-de-açúcar e sorgo, estes classificados como linhagem multilocus (MLL) —D (Nibouche et al., 2014). Harris-Shultz et al. (2017), coletaram *Melanaphis* em sorgo em 17 locais e em sete estados nos EUA e descobriram que se tratava de um “superclone”. Contudo, amostras coletadas na América do Norte e no Caribe, mostrou que se tratava de uma espécie identificada como “superclone” (MLL-F) (Nibouche et al., 2018). Nos EUA desde 2013, o “superclone” (MLL-F) foi encontrado alimentando-se de sorgo e cana-de-açúcar, enquanto pulgões classificados como MLL-D foram encontrados alimentando-se apenas de cana-de-açúcar (Harris-Shultz, 2021; Nibouche et al., 2018). Recentemente, os pulgões MLL-C e D foram classificados como *M. sacchari*, os pulgões MLL-A e F foram reclassificados como *M. sorghi*, (Nibouche et al., 2021). Embora a *Entomological Society of America* não tenha adotado essa mudança, os nomes comuns também foram alterados e os pulgões classificados como *M. sacchari* têm um nome comum como pulgões da cana-de-açúcar e os pulgões classificados como *M. sorghi* agora são chamados de pulgões do sorgo.

Tabela 2. Espécies de afídeos que ocorrem na cultura do sorgo no Brasil, com referência.

Pulgão	Coloração	Tamanho (mm)	Ciclo (dias)	Localização na planta	Referência Bibliográfica
<i>Rhopalosiphum maidis</i>	Verde azulada	1,5	7	Cartucho e Panícula	Mendes et al., 2014
<i>Schizaphis graminum</i>	Verde-limão	1,8	7	Folhas mais velhas (folhas baixas).	Salvadori et al., 2005
<i>Melanaphis sorghi</i>	Jovem: Verde-pálida a amarelo Adulto: Amarelo a castanho claro	1,5	5	Folhas mais velhas (folhas baixas).	Carranza et al., 2017

2.3. Manejo do pulgão (*Melanaphis sorghi*) em sorgo

Os pulgões *Melanaphis sorghi* são uma preocupação significativa na agricultura, sendo uma praga importante para a cultura do sorgo devido à sua alta capacidade reprodutiva, atacando a cultura ao longo de todo o ciclo. (Valverde, 2018). Os danos causados por essa praga incluem a sucção de seiva onde ocorre a descoloração e necrose de tecidos e folhas, retardando o crescimento das plantas e transmitindo doenças virais que impactam diretamente na produtividade, podendo até levar à morte das plantas (Payán-arzapalo, 2021).

Na safra agrícola de 2018/2019, foram observadas infestações significativas em lavouras de sorgo, resultando em grandes prejuízos para produtores em regiões como Goiás, São Paulo e Minas Gerais (Mendes et al., 2020). Os produtores relataram perdas de até 20% de sua área de cultivo de sorgo devido ao ataque

desta praga em suas lavouras (Avellar et al., 2023). Com a crescente incidência do pulgão *M. sorghi* nas plantações de sorgo no país, tornou-se necessário desenvolver sistemas de controle de pragas que atendam à demanda crescente por matéria-prima oriunda do sorgo, enquanto se aderem aos princípios de sustentabilidade do agroecossistema, conservação ambiental e bem-estar humano (Elliott et al. 2017).

Nesse contexto, torna-se crucial o entendimento das bases do Manejo Integrado de Pragas (MIP), pois permite que os produtores se baseiem em informações ecológicas obtidas no agroecossistema. O controle da praga no momento adequado e com os métodos apropriados pode resultar em economia financeira, tornando mais eficaz o programa de manejo e ainda preservar os organismos benéficos no ambiente rural (Faggion et al., 2017).

2.3.1. Controle cultural – Época de plantio

A estratégia de controle cultural, particularmente antecipando o plantio para evitar picos populacionais de *M. sorghi*, vem sendo recomendada na África do Sul e nos EUA para o sorgo granífero (Van Rensburg, 1974; Seiter et al., 2019). Essa abordagem pode auxiliar no desenvolvimento inicial das plantas até o período reprodutivo da cultura, já que é quando a planta está mais suscetível ao ataque de pulgões (Rodríguez del Bosque et al., 2018). Haar et al. (2019) corroboraram essa hipótese, demonstrando um impacto reduzido na produtividade ao antecipar a data de plantio.

A precipitação pode prejudicar a colonização dos insetos na lavoura, tornando a antecipação do cultivo uma possibilidade viável (Picanço et al., 2010). Em Minas Gerais, o cultivo do sorgo granífero geralmente ocorre durante o período da safrinha (De Menezes et al., 2015). O sorgo plantado na segunda safra tende a ser mais suscetível aos ataques de pulgões devido ao clima seco (Waquil et al., 2003).

Michaud et al. (2018) conduziram ensaios em laboratório e constataram a sobrevivência do pulgão em sorgo granífero submetido a temperaturas de -4 °C, indicando que a espécie é capaz de tolerar temperaturas baixas, não sofrendo mortalidade pelo frio, a menos que haja uma queda rápida de temperatura em condições muito quentes. Esses pulgões podem se dispersar pelo vento devido à sua forma alada, o que possibilita sua colonização em áreas de produção do norte ao sul dos EUA e México, onde as temperaturas do inverno não são suficientemente baixas para causar a morte da praga no sorgo (Bowling et al., 2016). Variações na maturidade da cultura do sorgo quando os pulgões chegam a uma determinada área podem influenciar o impacto desses insetos na produtividade do sorgo (Bowling et al., 2016; Lagos-Kutz et al., 2018).

Embora o efeito da data de plantio nas populações de pulgões no sorgo possa variar de acordo com a região, os produtores devem considerar a data de plantio como uma estratégia potencial para reduzir o impacto do ataque dessa praga na cultura.

2.3.2. Resistência de plantas

A abordagem do manejo de pragas por meio da utilização de plantas resistentes tem sido reconhecida como uma prática eficaz, onde determinadas cultivares, devido à sua constituição genotípica, sofrem menos danos quando expostas à infestação de insetos do que outras plantas nas mesmas condições (Vendramim et al., 2009). Essa prática não apenas reduz a dependência de defensivos agrícolas, mas também minimiza a seleção de populações resistentes a esses produtos (Leach, et al., 2021; Stuthman et al., 2007; Rimbaud et al., 2021).

Nos EUA e México, a utilização de plantas resistentes tem sido considerada a principal estratégia de manejo dessa praga, destacando-se por sua eficácia na redução do uso de pesticidas e na prevenção da resistência do inseto a esses

produtos (Armstrong et al., 2015). Paudyal et al. (2019) conduziram um estudo com 23 genótipos de sorgo para avaliar a resistência ao ataque de *M. sorghi*, identificando características de tolerância, antibiose e antixenose em algumas dessas cultivares. Além disso, Armstrong et al. (2015) identificaram fontes de resistência conhecidas para *S. graminum* que também se mostraram resistentes a *M. sacchari*, indicando que essa estratégia pode ser promissora para as condições de cultivo de sorgo no Brasil. Avellar et al. (2022) fizeram um estudo testando 15 híbridos comerciais de sorgo granífero e os híbridos BRS373, DKB590 e 50A10 modificam e reduzem o desenvolvimento desta praga, sendo mais resistentes ao pulgão, o que pode auxiliar o produtor no manejo da praga no sorgo.

2.3.3. Controle biológico

Uma das formas de neutralizar as perdas de culturas é o uso de inimigos naturais de pragas, seja por meio de agentes microbianos ou macrobiológicos que causam a morte de insetos-praga (García-Gutiérrez et al., 2012). Os agentes de controle biológico podem ser encontrados em significativas quantidades alimentando-se de *M. sacchari*, incluindo joaninhas, tesourinhas, crisopídeos e larvas de sirfídeos (Fernandes et al., 2021). A conservação de inimigos naturais em áreas de cultivo é uma alternativa de manejo eficiente e deve ser utilizada de forma conjunta com outros métodos. Os predadores, por exemplo, realizam o controle biológico natural porque precisam consumir mais de uma presa para completar seu ciclo de vida (Simonato, et al., 2014).

No sul dos EUA, os inimigos naturais desempenham um papel fundamental nos cultivos de sorgo, suprimindo as altas densidades de *M. sacchari/sorghi* no início da infestação (Maxson et al., 2019; Hewlett et al., 2019). A presença de muitos predadores generalistas e parasitoides durante os surtos de *M. sacchari/sorghi* sugere que esta praga suporta uma complexa teia alimentar em grãos comerciais de

sorgo (Singh et al., 2004). Estudos mostraram que mais de 47 espécies de artrópodes (*Coccinellidae*, *Chrysomelidae*, *Hemerobiidae* e *Syrphidae*) são importantes contribuintes para a mortalidade de *M. sacchari/sorghii* (Singh et al., 2004; Zhang e Swinton, 2012) no mundo.

No Brasil, Sampaio et al. (2022) realizaram uma pesquisa onde coletaram *M. sorghi* mumificado em plantas de sorgo, das quais emergiram o parasitoide *Aphidius platensis* (Brèthes, 1913) (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) e os hiperparasitoides *Syrphophagus sp.* e *Pachyneuron sp.*, sendo este o primeiro registro de parasitoide da praga no país. Faris et al. (2022) comparavam e estimavam a supressão de parasitoides e predadores do *M. sorghi* em híbridos resistentes e suscetíveis em ambiente de campo e confirmaram que o parasitismo e a predação contribuíram para a regulação dos pulgões em ambos os híbridos, o que pode gerar múltiplos benefícios, levando a um sistema de manejo de pulgões mais resiliente.

A utilização de microrganismos entomopatogênicos também pode ser uma opção de controle da praga (Meyling e Eilenberg, 2007). Calvin et al. (2021) conduziram experimentos de laboratório, casa de vegetação e campo para determinar os efeitos de inseticidas biológicos em *M. sacchari* em sorgo. *Beauveria bassiana* Bals. Vuill. (Hypocreales: Cordycipitaceae), *Isaria fumosorosea* Wize (Hypocreales: Cordycipitaceae), *Chromobacterium subtsugae*, *Burkholderia spp* e óleo de vetiver foram comparados a um inseticida convencional, flupiradifurona. E os resultados mostram *B. bassiana* podem controlar infestações de *M. sacchari* em sorgo se aplicado em condições ambientais favoráveis ao desenvolvimento do microrganismo. González-valdivia et al. (2019) verificaram o efeito de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorokin (Hypocreales: Cordycipitaceae, Clavicipitaceae), comparado com imidacloprido e um controle (não tratado) em uma

população de pulgões, bem como seu efeito no crescimento, folhagem e rendimento de grãos e foi possível concluir que através de uma combinação de métodos, nos quais inseticidas com o princípio ativo imidaclopride podem ser rotacionados, com os fungos entomopatogênicos *M. anisopliae* e *B. bassiana*, durante a estação de cultivo e que o uso de entomopatógenos torna-se uma ferramenta útil para minimizar o uso de produtos químicos potencialmente nocivos no cultivo do sorgo.

A utilização de microrganismos entomopatogênicos pode ser uma ferramenta de manejo para controle do pulgão de baixo custo e impacto reduzido ao ambiente e a saúde humana, além disso, contribui ecologicamente com o ambiente, por reduzir as aplicações de pesticidas químicos e contribuir para a conservação de agentes de controle biológico no campo (Cámara et al., 2021).

2.3.4. Controle químico

Apesar de não existirem produtos químicos registrados para o controle desse inseto na cultura do sorgo no Brasil até presente data (Agrofit, 2024), o controle químico é uma ferramenta necessária, sobretudo em países como México e EUA, onde essa praga só pode ser manejada com uso integrativo dos métodos, incluindo o químico. Devido aos surtos ocorridos nos Estados Unidos em 2013, houve a liberação em caráter emergencial dos produtos com ingredientes ativos sulfoxaclor e flupiradifurona. Ambos os produtos têm mostrado boa eficiência e seletividade contra a praga (Colares et al. 2017).

Estudos laboratoriais avaliando a toxicidade de sulfoxaclor e flupiradifurona para controle de *M. sacchari* em sorgo mostraram que esses são tóxicos para predadores das ordens Coleoptera, Hemiptera e Neuroptera (Barbosa et al. 2017; Hakeem e Parajulee 2019). Afidopyropen é um inseticida piretroide que tem como alvo neurônios receptores de estiramento cordontais em pragas de hemípteros que se alimentam de seiva, como *M. sacchari* (Tang et al., 2022). Experimentos

laboratoriais complementares revelaram que o afidopyropen teve um impacto mínimo em *Hippodamia convergens* (Guérin-Méneville) e *Orius insidiosus* (Say) (Koch et al., 2020).

Compreender os impactos dos inseticidas usados para *M. sacchari* em organismos e agentes de controle biológico, bem como a influência de fatores abióticos de mortalidade, pode permitir que os agricultores tomem decisões informadas sobre a seleção de pesticidas que minimizem os surtos de pulgões, preservando os serviços de controle biológico. Estudos de biologia de insetos também são necessários para melhorar as estratégias de controle da praga, uma vez que é recente a ocorrência da praga em lavouras de sorgo no país.

A análise abrangente sobre a cultura do sorgo e a infestação do pulgão *Melanaphis sorghi*, revela a complexidade e a importância de estratégias integradas para o manejo dessa praga no Brasil. O impacto econômico e a distribuição do pulgão no cenário brasileiro ressaltam a necessidade de monitoramento constante. As interações ecológicas entre o pulgão, os fatores climáticos e a presença de insetos predadores influenciam a população de *M. sorghi*, oferecendo perspectivas valiosas para o controle biológico. Além disso, a resistência varietal surge como uma estratégia viável, com a identificação de híbridos de sorgo resistentes geneticamente ao pulgão, reduzindo a dependência de pesticidas e promovendo práticas agrícolas mais sustentáveis. Juntos, esses estudos fornecem uma compreensão integrada e fundamentada, essencial para desenvolver abordagens de manejo eficazes que garantam a produtividade e sustentabilidade da cultura do sorgo no Brasil.

2.4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADAMS, S. M., KLEIN, J. L., VIANA, A. F. P., MARTINI, P. M., DA SILVA RODRIGUES, L., ALVES FILHO, D. C., & BRONDANI, I. L. Lagarta-do-cartucho na produção de milho: Avaliação de métodos de controle. **Agrarian**, v. 14, n. 51, p. 9-17, 2021.
- AGROFIT. Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2024). http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons Acessado em 03 janeiro 2024.
- ANJOS, J. D., MALAQUIAS, J., & PARRELLA, R. D. C. Desempenho de cultivares de sorgo-sacarino (*Sorghum bicolor* L. Moench) em Planaltina, DF: safra 2018/2019. 2023.
- ARMSTRONG, J. Scott; ROONEY, W. L.; PETERSON, G. C.; VILLENUEVA, R. T.; BREWER, M. J.; SEKULA-ORTIZ, D. (2015). *Sugarcane aphid* (Hemiptera: Aphididae): host range and sorghum resistance including cross-resistance from greenbug sources. **Journal of Economic Entomology**, 108 (2), 576-582.
- ASSIS, J. J. C. S. D. Seleção de genótipos de sorgo cultivados sob estresse hídrico. 2021.
- AVELLAR, G. S., MARRIEL, I. E., MENEZES, C. B., SANTOS, D. G., SANTOS, N. M., & MENDES, S. M. Pulgão *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (Hemiptera: Aphididae) na cultura do sorgo: análise do cenário brasileiro. *Entomological Communications*, 5, ec05042-ec05042. 2023. <https://doi.org/10.37486/2675-1305.ec05042>
- AVELLAR, G. S., MENDES, S. M., MARRIEL, I. E., MENEZES, C. B., PARRELLA, R. D. C., & SANTOS, D. G. Resistance of sorghum hybrids to sorghum aphid. *Brazilian Journal of Biology*, v. 82. 2022. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.264139>
- BARBOSA, M., de BARROS, A. F., PEREIRA, E. D. S., PARRELLA, R. D. C., & PIMENTEL, L. Sorgo para bioenergia. 2022.
- BARBOSA, M.; BARROS, A. F.; PEREIRA, E. D. S.; PARRELLA, R. D. C.; PIMENTEL, L. Sorgo para bioenergia. *Agricultura e Mudanças do Clima no Estado do Tocantins: Vulnerabilidade, Projeções e Desenvolvimento*, 2022. Disponível em: <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/1142905/1/Sorgo-para-bioenergia.pdf>. Acesso em: 28 dez. 2023.

- BARBOSA, Marcela Silva. Silício no crescimento populacional de *Melanaphis sorghi* (Theobald) (Hemiptera: Aphididae) e na biologia de *Aphidius platensis* (Brèthes)(Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). 2023.
- BARBOSA, P. R.; MICHAUD, J. P.; BAIN, C. L.; TORRES, J. B. Toxicity of three aphicides to the generalist predators *Chrysoperla carnea* (Neuroptera: Chrysopidae) and *Orius insidiosus* (Hemiptera: Anthocoridae). **Ecotoxicology**, v. 26, p. 589-599, 2017.
- BARROS, D. M. A., DO NASCIMENTO, R. R., LOIOLA, R., EDVAN, J. M. P. F., BIAGIOTTI, D., & DA SILVA, A. L. análise multivariada da composição química entre híbridos de sorgo forrageiro cultivados em região semiárida. Livro de resumos: ii mostra científica de estatística i encontro de melhoramento genético, p. 7, 2022.
- BATISTA, P. S. C., FERNANDES, J. S. C., PORTUGAL, A. F., CANGUSSÚ, L. V. D. S., JULIO, M. P. M., & DE MENEZES, C. B. ÍNDICES DE SELEÇÃO PARA IDENTIFICAR GENÓTIPOS DE SORGO GRANÍFERO TOLERANTES AO ESTRESSE HÍDRICO. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 18, n. 3, p. 379-395, 2019.
- BIRHANU, S. Potential Benefits of Sorghum [*Sorghum bicolor* L. Moench] on Human Health: A Review. **International Journal of Food Engineering and Technology**, v. 5, n. 1, p. 8-18, 2021.
- BLACKMAN, R. L.; EASTOP, V. F. Aphids on the world's crops: an identification and information guide. 2008.
- BOWLING, R. D. et al. *Sugarcane aphid* (Hemiptera: Aphididae): a new pest on sorghum in North America. **Journal of Integrated Pest Management**, v. 7, n. 1, p. 12, 2016.
- BUENO, M. P., DE OLIVEIRA, E. A., DIAS, F. X., SERANDIM, G. J., & VENTURA, R. . Manejo de sorgo no Brasil: inovações tecnológicas e cultivares utilizadas. **International Journal of Scientific Management and Tourism**, v. 10, n. 2, p. e812-e812, 2024.
- CALVIN, W. et al. Effects of biological insecticides on the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Hemiptera: Aphididae), in sorghum. **Crop Protection**, v. 142, p. 105528, 2021.

- CÁMARA, L.; DANIEL, D. Control biológico de *Melanaphis sacchari* en Sorghum bicolor mediante *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* (Clavicipitaceae), en Campeche, México. 2021.
- CARRANZA, J. A. Q.; QUINTERO, V. P.; UMÑIZ, R. B.; JARILLO, A. M.; LÓPEZ, R. Y. Guía 2017 para el manejo del pulgón amarillo del sorgo. Celaya: Fundación Guanajuato Produce A.C., 2017. 42 p. (Folleto para produtores, n. 1).
- CARVALHO, Jéssyca Ketterine; GIGLIOLLI, Adriana Aparecida Sinópolis. UTILIZAÇÃO DE *Trichogramma pretiosum* RILEY, 1879 (HYMENOPTERA: TRICHOGRAMMATIDAE) NO CONTROLE BIOLÓGICO DE *Spodoptera frugiperda* SMITH, 1797 (LEPIDOPTERA: NOCTUIDAE) -UMA REVISÃO. **Revista Inova Ciência & Tecnologia/Innovative Science & Technology Journal**, v. 9, n. 1, 2023.
- COLARES, F., MICHAUD, J. P., BAIN, C. L., & TORRES, J. B. Relative toxicity of two aphicides to *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae): implications for integrated management of sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology*, 110(1), 52-58. 2017. <https://doi.org/10.1093/jee/tow265>
- CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB. Acompanhamento da safra brasileira de grãos: janeiro 2024. Brasília – DF, Safra 2023/24, v.11, n.4, p.1-110, 2024. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/infoagro/safras/graos>. Acesso em 2 de fevereiro de 2024.
- CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra Brasileira de grãos safra (2020/2021). Disponível em: <http://www.conab.com.br>. Acesso em: 11 maio 2022.
- COSTA, Guilherme Hugo da Silva. Controle químico do *melanaphis sorghi* (Theobald) (Hemiptera: Aphididae) na cultura do sorgo. 2022. 33 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2022.
- DA SILVA FERNANDES SOUZA, C., DE SOUZA, B. H. S., FADINI, M. A. M., FRANÇA, J. C. O., DE MENEZES, C. B., NASCIMENTO, P. T., & MENDES, S. M. What is the potential of sugarcane borer in reducing sorghum fitness and grain production?. **Journal of Applied Entomology**, 2024.

- DA SILVA, D. A., DE OLIVEIRA, A. J., DE OLIVEIRA, T. C., MORAIS, L. H. P., LIMA, F. R. D., DA SILVA, V. P., ... & BARELLI, M. A. A. Desempenho agrônômico de híbridos de sorgo biomassa avaliados na mesorregião centro-sul mato-grossense. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 8, p. e6311830049-e6311830049, 2022.
- DE ARAÚJO, W. A., MALAQUIAS, J. B., SILVIE, P., SCOTON, A. M., DA SILVA PACHÚ, J. K., & DEGRANDE, P. E.. Danos de *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797)(Lepidoptera: Noctuidae) com hábito de Lagarta-Rosca em plântulas de soja (*Glycine max* (L.) Merrill). 2021.
- DE LIMA, Jeferson Luiz Nunes; MARTIMIANO, Lucas José. Revisão: propriedades nutricionais e aplicações tecnológicas da farinha de sorgo. 2021.
- DE MENEZES, C. B.; DA SILVA, A. F.; TARDIN, F. D. Sorgo safrinha. Embrapa Milho e Sorgo-Capítulo em livro científico (ALICE), 2015.
- DE MENEZES, Cicero Beserra; DA SILVA, Karla Jorge; DOS SANTOS, Crislene Vieira. Melhoramento genético de sorgo granífero. 2021.
- DUARTE, Naiara Lopes. Cultura do sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench): uma revisão sobre sua versatilidade tecnológica, processamento e pós-colheita. 2021.
- ELLIOTT, N., BREWER, M., SEITER, N., ROYER, T., BOWLING, R., BACKOULOU, G., ... & KERNS, D. Sugarcane aphid spatial distribution in grain sorghum fields. **Southwestern Entomologist**, 42(1), 27-35. 2017.
- FAGGION, Andre. **Níveis de ação no controle de *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) na cultura do milho**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- FARIS, A. M., ELLIOTT, N. C., & BREWER, M. J. Suppression of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae), by resident natural enemies on susceptible and resistant sorghum hybrids. *Environmental Entomology*, 51(2), 332-339. 2022. <https://doi.org/10.1093/ee/nvab147>
- FERNANDES, F. O., SOUZA, C. D. S. F., DE AVELLAR, G. S., NASCIMENTO, P. T., DAMASCENO, N. C. R., DOS SANTOS, N. M., ... & MENDES, S. M. Manejo do pulgão da cana-de-açúcar (*Melanaphis sacchari/sorgho*) na cultura do sorgo. 2021.

- GARCÍA-GUTIÉRREZ, Cipriano; GONZÁLEZ-MALDONADO, María Berenice; CORTEZ-MONDACA, Edgardo. Uso de enemigos naturales y biorracionales para el control de plagas de maíz. *Ra Ximhai*, v. 8, n. 3, p. 57-70, 2012.
- GONZÁLEZ-VALDIVIA, N. A., CAUICH-CAUICH, J. R., PÉREZ-MOLINA, S. H., BURGOS-CAMPOS, M. A., & ARCOCHA-GÓMEZ, E. Control de *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Hemiptera: Aphididae) con entomopatógenos en sorgo, en Campeche, México. **Acta Agrícola y Pecuaria**, v. 5, n. 1, 2019.
- GROVER, S., WOJAHN, B., VARSANI, S., SATTLER, S. E., & LOUIS, J. Resistance to greenbugs in the sorghum nested association mapping population. *Arthropod-plant interactions*, 13(2), 261-269. 2019. <https://doi.org/10.1007/s11829-019-09679-y>
- HAAR, P.J., BUNTIN, G.D., JACOBSON, A. PEKARCIK, A., WAY, M.O. & ZARRABI, A. Evaluation of tactics for management of sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae) in grain sorghum. **Journal of Economic Entomology**, v. 112, n. 6, p. 2719-2730, 2019. <https://doi.org/10.1093/jee/toz215>
- HAKEEM, Abdul; PARAJULEE, Megha. Integrated management of sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae), on sorghum on the Texas high plains. **Southwestern entomologist**, v. 44, n. 4, p. 825-837, 2019.
- HARRIS-SHULTZ, K., ARMSTRONG, J. S., CARVALHO Jr, G., SEGUNDO, J. P., & Ni, X. *Melanaphis sorghi* (Hemiptera: Aphididae) clonal diversity in the United States and Brazil. **Insects**, v. 13, n. 5, p. 416, 2022.
- HARRIS-SHULTZ, K., Ni, X., Wadl, P. A., Wang, X., Wang, H., Huang, F., ... & Yang, X. Microsatellite markers reveal a predominant sugarcane aphid (Homoptera: Aphididae) clone is found on sorghum in seven states and one territory of the USA. **Crop Science**, v. 57, n. 4, p. 2064-2072, 2017.
- HARRIS-SHULTZ, Karen; NI, Xinzhi. A sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae) “super-clone” remains on US sorghum and Johnsongrass and feeds on giant miscanthus. **Journal of Entomological Science**, v. 56, n. 1, p. 43-52, 2021.
- HEWLETT, J. A., SZCZEPANIEC, A., & EUBANKS, M. D. The effects of sugarcane aphid density in sorghum on predation by lady beetles and lacewings. **Biological Control**, 129, 171-177. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.10.015>

- JARA, Carmen E. Palacios. **Efeito do déficit hídrico e CO₂ elevado sobre substâncias fenólicas e ligninas do sorgo var.'BRS 330'**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- KOCH, R. L., DA SILVA Queiroz, O., AITA, R. C., HODGSON, E. W., Potter, B. D., NYOIKE, T., & ELLERS-KIRK, C. D. Efficacy of afidopyropen against soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) and toxicity to natural enemies. **Pest management science**, v. 76, n. 1, p. 375-383, 2020.
- KOCH, R. L., DA SILVA Queiroz, O., AITA, R. C., HODGSON, E. W., Potter, B. D., NYOIKE, T., & ELLERS-KIRK, C. D. Efficacy of afidopyropen against soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) and toxicity to natural enemies. **Pest management science**, v. 76, n. 1, p. 375-383, 2020.
- LACERDA, Lucas Fonseca de. **Potencial de controle de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797)(Lepidoptera: Noctuidae) em milho por *Trichogramma pretiosum* Riley, 1879 (Hymenoptera: Trichogrammatidae) e isolinhagem de *Telenomus remus* Nixon, 1937 (Hymenoptera: Scelionidae), isolados ou associados, em laboratório e semi-campo**. 2022. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- LAGOS-KUTZ, D., VOEGTLIN, D., DAVIS, J., & HARTMAN, G. Dispersal records of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Hemiptera: Aphididae), through the Midwest suction trap network. **Florida entomologist**, v. 101, n. 3, p. 508-510, 2018.
- LANDAU, E. C.; NETTO, D. A. M. Expansão potencial da produção de sorgo granífero no Brasil no sistema de rotação com soja considerando o zoneamento de risco climático 2015/16. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 27 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 125).
- LEACH, J. E., VERA CRUZ, C. M., BAI, J., & LEUNG, H. Pathogen fitness penalty as a predictor of durability of disease resistance genes. **Annual review of phytopathology**, v. 39, n. 1, p. 187-224, 2001.
- LIMA, P. F., BARBOSA, T. A., PINTO, C. F., DE OLIVEIRA, I. R., DOS SANTOS, F. C., DA SILVA, A. F., & MENDES, S. . Boas práticas agrícolas e MIP em sorgo forrageiro. In: WORKSHOP INTERNACIONAL DE DEFESA SANITÁRIA VEGETAL, 2., 2020, Viçosa, MG. Anais... Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2020..

- MAXSON, E. L., BREWER, M. J., ROONEY, W. L., WOOLLEY, J. B. Species composition and abundance of the natural enemies of sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Hemiptera: Aphididae), on sorghum in Texas. **Proceedings of the Entomological Society of Washington**, 121, 657–680. 2019. <https://doi.org/10.4289/0013-8797.121.4.657>
- MBULWE, Lloyd et al. Registration of sorghum germplasm Tx3408 and Tx3409 with tolerance to sugarcane aphid [*Melanaphis sacchari* (Zehntner)]. **Journal of Plant Registrations**, v. 10, n. 1, p. 51-56, 2016
- MENDES, S. M., SOUZA, C. D. S. F., VIANA, P. A., SIMEONE, M. L. F., OLIVEIRA, I. R., & COSTA PARRELLA, R. A. Manejo de pragas na cultura do sorgo sacarino: etapa crítica para o sucesso da lavoura. **Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo**, 2020.
- MENDES, S. M., WAQUIL, J. M., RODRIGUES, J. A. S., SAMPAIO, M. V., & VIANA, P. A. Manejo de pragas na cultura do sorgo. **Informe Agropecuário, Belo Horizonte**, v. 1, p. 76-88, 2014.
- MEYLING, Nicolai V.; EILENBERG, Jørgen. Ecology of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in temperate agroecosystems: potential for conservation biological control. **Biological control**, v. 43, n. 2, p. 145-155, 2007.
- MICHAUD, J. P.; BAIN, Clint; ABDEL-WAHAB, Ahmed. Mortality of sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner, Hemiptera: Aphididae), at low temperatures. **Journal of economic entomology**, v. 111, n. 5, p. 2496-2498, 2018.
- MOCELLIN, Kérli Daiana. Sorgo Granífero ("*sorghum bicolor* L. moench"): uma revisão sobre as propriedades funcionais e utilização do grão na alimentação humana. 2021.
- NIBOUCHE, S., COSTET, L., HOLT, J. R., JACOBSON, A., PEKARCIK, A., SADEYEN, J., ... & MEDINA, R. F. Invasion of sorghum in the Americas by a new sugarcane aphid (*Melanaphis sacchari*) superclone. **PLoS One**, v. 13, n. 4, p. e0196124, 2018.
- NIBOUCHE, S.; COSTET, L.; MEDINA, R.F.; HOLT, J.R.; SADEYEN, J.; ZOOGONES, A.-S.; BROWN, P.; BLACKMAN, R.L. Morphometric and molecular discrimination of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari*, (Zehntner, 1897) and the sorghum aphid *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904). **PLoS ONE** 2021, 16, e0241881.

- NIBOUCHE, S.; FARTEK, B.; MISSISSIPI, S.; DELATTE, H.; REYNAUD, B.; COSTET, L. Low genetic diversity in *Melanaphis sacchari* aphid populations at the worldwide scale. **PLoS ONE** 2014, 9, e106067.
- OLIVEIRA PADOVEZ, F. E., HIDEO KANNO, R., ZAIA ZAMBON, G., OMOTO, C., & SARTORI GUIDOLIN, A. The Cost of Resistance to Diamide Insecticide Varies With the Host Plant in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 115, n. 6, p. 2041-2050, 2022.
- PALOMARES-PÉREZ, M., MOLINA-RUELAS, T. D. J., BRAVO-NÚÑEZ, M., & ARREDONDO-BERNAL, H. C. Life table of *Chrysoperla externa* (Neuroptera: Chrysopidae) reared on *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae). *Revista Colombiana de Entomología*, v. 46, n. 1, 2020. <https://doi.org/10.25100/socolen.v46i1.6831>
- PAUDYAL, S., ARMSTRONG, J. S., GILES, K. L., PAYTON, M. E., OPIT, G. P., & LIMAJE, A. Categories of resistance to sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae) among sorghum genotypes. **Journal of economic entomology**, v. 112, n. 4, p. 1932-1940, 2019.
- PAULA, Alyne Dantas Mendes. Desempenho agrônomo, bromatológico e estabilidade fenotípica de sorgo silageiro em Uberlândia-MG. 2016.
- PAYÁN-ARZAPALO, M. A., YÁÑEZ-JUÁREZ, M. G., AIL-CATZIM, C. E., GONZÁLEZ-MENDOZA, D., MORENO-GALLEGOS, T., LÓPEZ-CUÉN, P. I., ... & GÁMEZ, B. Y. S. Variation in Resistance among Commercial Sorghum Cultivar against *Melanaphis sacchari* in Laboratory and Field Studies. **Southwestern Entomologist**, v. 46, n. 3, p. 701-708, 2021.
- PEÑA-MARTÍNEZ, R., MUÑOZ-VIVEROS, A. L., BUJANOS-MUÑIZ, R., MARÍN-JARILLO, A., TAMAYO-MEJÍA, F., LUÉVANO-BORROEL, J., ... & IBARRA, J. E. Guía Ilustrada para la identificación de los pulgones (Hemiptera: Aphididae) de cereales en México. Fundación, Guanajuato Produce, AC, Celaya, Mexico, 59. 2017.
- PETERSON, G.C.; ARMSTRONG, J.S.; PENDLETON, B.B.; STELTER, M.; BREWER, M.J. Registration of RTx3410 through RTx3428 sorghum germplasm resistant to sugarcane aphid [*Melanaphis sacchari* (Zehntner)]. **Journal of Plant Registrations**, v. 12, n. 3, p. 391-398, 2018.

- PICANÇO, Marcelo Coutinho; GONRING, A. H. R.; OLIVEIRA, IR de. Manejo integrado de pragas. **Viçosa, MG: UFV**, 2010.
- RIMBAUD, L., FABRE, F., PAPAÏX, J., MOURY, B., LANNOU, C., BARRETT, L. G., & THRALL, P. H. Models of plant resistance deployment. **Annual review of phytopathology**, v. 59, p. 125-152, 2021.
- RODRIGUES, C. C., CARNEIRO, P. G. P., SILVA, G. B., SILVA, B. R., & DA SILVA, A. C. Análise Econômica do Cultivo de Soja, Milho e Sorgo em Propriedade Rural, Interior de Goiás. **Anais da Semana de Ciências Agrárias e Jornada de Pós-graduação em Produção Vegetal (ISSN 2594-9683)**, v. 14, p. 1-4, 2018.
- RODRIGUES, José Avelino Santos; JULIO, Bruno Henrique Mingote; DE MENEZES, Cícero Beserra. Melhoramento genético do sorgo forrageiro. 2021.
- RODRÍGUEZ DEL BOSQUE, L.A. & Terán Vargas, A.P.. Manejo Integrado del pulgón amarillo del sorgo en Tamaulipas. INIFAP/CIR-Noreste. 77 p. 2018
- SALVADORI, J. R.; PEREIRA, PRV; SILVA, M. T. B. Manejo de pulgões. **Revista Cultivar**, v. 75, p. 32-34, 2005.
- SAMPAIO, M. V., DOMINGUES, R. F., MENDES, S. M., & AVELLAR, G. S. *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (Hemiptera: Aphididae), an invasive sorghum pest in the American continent, is a host of *Aphidius platensis* (Brèthes, 1913) (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) in Brazil. *Entomological Communications*, 4, ec04016. 2022. <https://doi.org/10.37486/2675-1305.ec04016>
- SANTOS, Ícaro Daniel Alves dos. Avaliação de desempenho agrônômico e nutricional do sorgo BRS 716 em diferentes espaçamentos e idades de corte no semiárido mineiro. 2021.
- SANTOS, J. D., TARDIN, F., da ROSA, M. A. B., de FREITAS, M. H., TODESCATTO, F., de SOUZA, J. M. S., ... & RODRIGUES, J. D. S. Avaliação de híbridos de sorgo silageiro na safra 2019 em Sinop-MT. 2020.
- SANTOS, Lauany Cavalcante. Efeito de inseticidas químico e biológicos para *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794)(Lepidoptera: Crambidae) e seletividade para *Trichogramma galloi* Zucchi, 1988 (Hymenoptera: Trichogrammatidae). 2021.
- SCHIMDT, K. E.; GUERRA, D.; SILVA, D. M. da.; BOHRER, R. E. G.; REDIN, M.; SOUZA, E. L. de.; BERTICELLI, R.; LANZANOVVA, M. E.; LARA, D. M. de

- SANTOS, F. A. Different types of fertilization in sorghum biomass brs 716 and estimates for biofuel production in the northwest of Rio Grande do Sul. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 11, n. 7, p. e51511730207, 2022. DOI: 10.33448/rsd-v11i7.30207. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/30207>. Acesso em: 12 apr. 2024.
- SEITER, N.J., Miskelley, A.D., Lorenz, G.M., Joshi, N.K., Studebaker, G.E. & Kelley, J.P. Impact of Planting Date on *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) Population Dynamics and Grain Sorghum Yield. **J. Econ. Entomol.**, 112(6):2731-2736. doi: 10.1093/jee/toz230. PMID: 31504628. 2019.
- SILVA, P. C., DA SILVA, M. V., PEREIRA, A. D., DA COSTA, A. R., GIONGO, P. R., DE ABREU, J. P., & MORAES, V. H. Produtividade e características biométricas de Sorgo Sacarino sob torta de Filtro. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 10, p. 78212-78226, 2020.
- SIMONATO, Juliana; GRIGOLLI, José Fernando Jurca; DE OLIVEIRA, Harley Nonato. Controle biológico de insetos-praga na soja. 2014.
- SINGH, B.U.; Padmaja, P.G.; Seetharama, N. Biology and management of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Homoptera: Aphididae), in sorghum: A review. **Crop Prot.** 2004, 23, 739–755.
- SOUZA, C., MENDES, S. M., DE SOUZA, B. H. S., WAQUIL, J. M., DE OLIVEIRA, I. R., & VIANA, P. A. Resistência de sorgo a insetos-praga. 2021.
- STUTHMAN, D. D.; LEONARD, K. J.; MILLER-GARVIN, J. Breeding crops for durable resistance to disease. **Advances in agronomy**, v. 95, p. 319-367, 2007.
- SUMIKAWA, Victor Iwao Oliveira. Avaliação da produção de etanol em usinas flex de cana-de-açúcar e milho. 2019.
- TANG, Q. L., LIANG, P. Z., LI, J. H., & GAO, X. W. A sublethal concentration of afidopyropen suppresses the population growth of the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: Aphididae). **Journal of Integrative Agriculture**, v. 21, n. 7, p. 2055-2064, 2022.
- TEIXEIRA, Jadson dos Santos. Caracterização de acessos de sorgo-vassoura utilizando descritores morfoagronômicos. 2018.

- TEIXEIRA, Jadson dos Santos. Caracterização de acessos de sorgo-vassoura utilizando descritores morfoagronômicos. 2018.
- VAN RENSBURG, N.J. 1974. Aphids on grain sorghum, *Melanaphis sacchari* (Zehntner), *Rhopalosiphum maidis* (Fitch), *Schizaphis graminum* (Rond.). In: **Pests of Graminaceous Crops in South Africa**, Entomological Memoir No. 40. Government Printer, Pretoria.
- VENDRAMIM, José Djair; GUZZO, Elio Cesar. Resistência de plantas e a bioecologia e nutrição dos insetos. **Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas**, p. 1164: il, 2009.
- VILLANUEVA, R.T.; Brewer, M.; Way, M.O.; Biles, S.; Sekula-Ortiz, D.; Bynum, E.; Swart, J.; Crumley, C.; Knutson, A.; Porter, P. Sugarcane Aphid: A New Pest of Sorghum. Texas A&M Agrilife Extension, Ento-035. 2014. Available online: <http://denton.agrilife.org/files/2013/08/ENTO-035-The-Sugarcane-Aphid-2014.pdf> (accessed on 25 April 2022).
- WAQUIL, J. M.; VIANA, P. A.; CRUZ, I. Manejo de pragas na cultura do sorgo. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, 2003.
- WARTHA, C. A., DE AGUIAR PORTO, N., TOMAZ, A. C., ROQUE, J. V., DINIZ, M. B. T., DE QUEIROZ, M. E. L. R., ... & BARBOSA, M. H. P. Classification of sugarcane genotypes susceptible and resistant to the initial attack of sugarcane borer *Diatraea saccharalis* using epicuticular wax composition. **Phytochemistry**, v. 199, p. 113175, 2022.
- ZHANG, Wei; SWINTON, Scott M. Optimal control of soybean aphid in the presence of natural enemies and the implied value of their ecosystem services. **Journal of environmental management**, v. 96, n. 1, p. 7-16, 2012.

3. ARTIGO I

AVELLAR, Guilherme S.; MARRIEL, Ivanildo E.; MENEZES, Cicero B.; SANTOS, Douglas G.; SANTOS, Nathan M.; MENDES, Simone M. Pulgão *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (Hemiptera: Aphididae) na cultura do sorgo: análise do cenário brasileiro. Entomological Communications, [S. l.], v. 5, p. ec05042, 2023. DOI: 10.37486/2675-1305.ec05042.

Pulgão *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (Hemiptera: Aphididae) na cultura do sorgo: análise do cenário brasileiro

Guilherme Souza de Avellar^a, Ivanildo Evódio Marriel^b, Cicero B. Menezes^b, Douglas Graciel dos Santos^c, Nathan Moreira dos Santos^c, Simone Martins Mendes^b

^aUniversidade Federal de São João del-Rei – UFSJ, Departamento de Engenharia de Biosistemas, São João del-Rei, MG, Brasil

^bEmpresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, Sete Lagoas, MG, Brasil

^cUniversidade Federal de São João del-Rei – UFSJ, Departamento de Ciências Agrárias, Sete Lagoas, MG, Brasil

Abstract: From the 2018/2019 agricultural season, reports of the occurrence of a new pest in the sorghum crop began in Minas Gerais and São Paulo, where abundant infestations of the aphid *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (Hemiptera: Aphididae) in crops with negative impacts on the yield of grains, causing losses to producers. Thus, this work aimed to evaluate the occurrence and scenario of the infestation of this pest in the sorghum crop in the country, aiming to understand its dynamics and support strategies for its management. As a data collection technique, a controlled electronic control was used, made available through the google forms digital platform, for 90 days, to the various actors of agribusiness, linked to the sorghum culture of different extracts of producers, throughout the country. Containing 14 questions related to knowledge of the crop, cultivated area, use of agrochemicals and occurrence of the pest. The greatest losses observed reached values of up to 20% of production. Of the total number of preparations, 64% used some chemical product, 42% using it with their own knowledge, 29% using it under the prescription/recommendation of a professional and 29% did not use pesticides. There was wide dissemination of the sorghum aphid in sorghum crops in the country, which implies necessary control measures in order to reduce losses, according to the profile of the evaluated producers.

Keywords: sorghum aphid, pest management, interview, analysis, quantitative.

A cultura do sorgo tem ganhado crescente importância no Brasil, devido a desafios climáticos e fitossanitários recentes enfrentados pelos produtores de milho, além do aumento da demanda por culturas de alto rendimento de biomassa, seja para alimentação animal ou produção de matéria orgânica para queima ou incorporação no solo (Amstrong et al. 2017; Pfeiffer et al. 2019; Menezes et al. 2021). O país alcançou uma produção agrícola de cerca de 2,85 milhões de toneladas em 2021/2022, representando um aumento de 36,9% em relação à safra anterior (CONAB 2022). Os principais estados produtores incluem Goiás, Minas Gerais, Bahia e Mato Grosso, predominantemente na região do cerrado (IBGE 2023).

Entretanto, o pulgão *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (Hemiptera: Aphididae), tem sido relatado como o principal problema fitossanitário na cultura do sorgo. Nos Estados Unidos, essa praga causou prejuízos estimados em cerca de US\$ 10 milhões desde 2014 (Brewer et al., 2017; Nibouche et al., 2018). No Brasil, a infestação da praga foi observada a partir da safra agrícola de 2018/2019, afetando lavouras em estados como Goiás, São Paulo e Minas Gerais (Mendes et al. 2019). Esse pulgão se alimenta nas folhas baixas da planta, onde suga a seiva das folhas resultando na excreção de uma substância doce chamada "*honeydew*" ou "mela," que serve como substrato para o crescimento do fungo fumagina. Isso leva a uma redução na fotossíntese, amarelecimento das folhas, queda de folhas e afeta a produção e qualidade dos grãos (Mendes et al. 2020), além de dificultar as operações de colheita mecânica (Penã-Martinez et al. 2018).

Apesar dos desafios impostos pela praga, o manejo adequado tem sido um desafio, uma vez que há uma falta de conhecimento sobre o nível de resistência das variedades de sorgo disponíveis e a ausência de inseticidas químicos registrados para combater a praga (AGROFIT 2023).

Diante desse cenário, o presente estudo tem como objetivo analisar o panorama da produção de sorgo no Brasil, com foco na infestação do pulgão *M. sorghi* e as percepções dos produtores em relação ao conhecimento sobre a praga e às estratégias de manejo. Foi empregada uma abordagem quantitativa baseada na metodologia recomendada por (Creswell 2017). A pesquisa envolveu a coleta de dados por meio de entrevistas semiestruturadas, com o objetivo de estabelecer relações entre variáveis relevantes para a pesquisa.

A coleta de dados foi realizada por meio de um questionário eletrônico, que foi disponibilizado na plataforma digital *Google Forms*. Essa escolha se justifica pela praticidade e acessibilidade dessa ferramenta tecnológica na obtenção de informações precisas para pesquisas dessa natureza. O questionário ficou disponível por um período de 90 dias, a partir de 02/09/2021, e pode ser acessado através do link <<https://forms.gle/5HtMBKb9ShEC2tCA6>>.

O questionário consistiu em 14 perguntas (Quadro 1) e foi amplamente divulgado entre a comunidade envolvida com o cultivo de sorgo no Brasil. Isso incluiu a divulgação nas mídias da Embrapa Milho e Sorgo, bem como entre os membros do grupo Pró-sorgo, que é composto por diversos atores da cadeia produtiva da cultura, como empresas produtoras de sementes, pesquisadores, consultores, professores, produtores rurais, cooperativas e outros profissionais ligados ao agronegócio em várias regiões do Brasil. Além disso, aproximadamente 2.000 contatos foram feitos a partir do mailing de comunicação da Embrapa Milho e Sorgo.

A amostra considerada para a pesquisa incluiu produtores de sorgo e profissionais envolvidos na produção e recomendação da cultura no Brasil, independentemente da finalidade da produção. Um total de 126 produtores responderam ao questionário (Fig. 1).

Para análise dos dados coletados, foram calculadas estatísticas descritivas básicas (Excel 2016), como a distribuição em porcentagem, a média e o desvio padrão dos entrevistados. Além disso, foram avaliados dados demográficos e variáveis relacionadas ao cultivo e ao manejo do sorgo no país.

Este estudo revelou uma disseminação preocupante do pulgão *M. sorghi* na cultura do sorgo no Brasil. A pesquisa abrangeu 14 dos 17 estados brasileiros que relatam o cultivo de sorgo (IBGE, 2023), com uma participação expressiva de produtores dos estados do Ceará, Minas Gerais e Mato Grosso (Fig. 1). Os resultados indicam que 87% dos produtores entrevistados identificaram o pulgão *M. sorghi* como um problema em suas lavouras, a partir das safras agrícolas de 2020. Essa disseminação da praga abrangeu regiões-chave de produção de sorgo no país, causando danos significativos à cultura.

As infestações de pulgão foram detectadas em aproximadamente 87% (Fig. 3A) da área plantada com sorgo. Os resultados mostraram que 60% dos entrevistados fizeram o cultivo da cultura em até 20 hectares (Fig. 3B). Perdas de produtividade foram estimadas pelos produtores em até 20% da área, o que corresponde a 39 participantes. Em contrapartida 19% acusaram não terem tido perdas na produção. Além disso, cerca de 39% dos entrevistados não registraram *M. sorghi* como a principal espécie de pulgão em suas lavouras, indicando ser o pulgão *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (25% dos entrevistados) ou *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) (Hemiptera Aphididae) (14% dos entrevistados). Possivelmente, em função da maior visibilidade do pulgão *R. maidis*, que fica alojado no cartucho da planta, sendo facilmente observado na lavoura (Fonseca et al. 2003) ou por *S. graminum* se tratar da principal espécie de afídeo no sorgo (Mendes et al. 2014) até a entrada de *M. sorghi*, ou até mesmo pela falta de familiaridade essa

última espécie. Isso sugere que as propriedades que não registraram prejuízos, podem não ter encontrado o pulgão do sorgo em suas lavouras.

É relevante destacar que a maioria dos produtores avaliados neste estudo produzem em até 20 hectares de sorgo (Fig. 3B), o que indica que os principais prejuízos podem ter sido percebidos em pequenas propriedades. Além disso, o cultivo de sorgo é predominantemente realizado em março ou novembro, com grande representatividade das regiões do Nordeste. Os resultados obtidos corroboram a hipótese da disseminação do pulgão *M. sorghi* nas principais regiões produtoras de sorgo no Brasil.

Em relação ao controle da praga, 64% dos produtores relataram a aplicação de produtos químicos (Fig. 2A), sendo que a maioria tomou essa decisão com base em conhecimento próprio (Fig. 2B). No entanto, não existem produtos químicos registrados especificamente para o controle do pulgão *M. sorghi* no Brasil, nem houve pedido de liberação emergencial de produtos como foi feito nos EUA (Bowling et al. 2016). Estratégias de manejo, como o uso de variedades de sorgo resistentes e a utilização de inseticidas com diferentes modos de ação, são consideradas fundamentais para prevenir a seleção de populações resistentes aos inseticidas (Steckel et al. 2021, Saluso et al. 2022).

Por fim, a pesquisa revela que *M. sorghi* é uma praga crítica para todos os tipos de sorgo, incluindo grânífero, forrageiro e biomassa. Estratégias de manejo devem ser abrangentes e adaptadas a todas as variedades da planta, utilizando inseticidas com diferentes modos de ação, além de táticas sustentáveis, dentro do Manejo Integrado de Pragas, para evitar a seleção de populações resistentes a produtos fitossanitários. Além disso, a presença de inimigos naturais na cultura do sorgo pode não ser suficiente para reduzir as populações de pulgões a níveis

aceitáveis, o que enfatiza a necessidade de estratégias adicionais de manejo da praga (Harris-Shultz et al., 2022).

3.1. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROFIT (2023) Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons. Acesso em: 20.vii.2023.

Armstrong, J. S.; Mbulwe, L.; Sekula-Ortiz, D.; Villanueva, R. T.; Rooney, W. L. (2017) Resistance to *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) in Forage and Grain Sorghums. *Journal of Economic Entomology*, 110(1): 259-265. doi: [10.1093/jee/tow261](https://doi.org/10.1093/jee/tow261)

Bowling, R. D.; Brewer, M. J.; Kerns, D. L.; Gordy, J.; Seiter, N.; Elliott, N. E.; Buntin, G. D.; Way, M. O.; Royer, T. A.; Biles, S.; Maxson, E. (2016) Sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae): A new pest on sorghum in North America. *Journal of Integrated Pest Management*, 7(1): Article 12. doi: [10.1093/jipm/pmw011](https://doi.org/10.1093/jipm/pmw011)

Brewer, M. J.; Gordy, J. W.; Kerns, D. L.; Woolley, J. B.; Rooney, W. L.; Bowling, R. D. (2017). Sugarcane Aphid Population Growth, Plant Injury, and Natural Enemies on Selected Grain Sorghum Hybrids in Texas and Louisiana. *Journal of Economic Entomology*, 110(5): 2109-2118. [10.1093/jee/tox204](https://doi.org/10.1093/jee/tox204)

CONAB (2022) Safra Brasileira de Grãos. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/infoagro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 22.x.2022.

Creswell, J. W.; Creswell, J. D. (2017) Research design: Qualitative, quantitative, and mixed methods approaches. Sage publications.

Fonseca, A. R.; Cruz, I.; Carvalho, C. F., & Souza, B.. (2004). Resistência de genótipos de sorgo ao pulgão *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae): III. Efeito no desenvolvimento da planta. *Ciência E Agrotecnologia*, 28(3), 585-592. [10.1590/S1413-70542004000300014](https://doi.org/10.1590/S1413-70542004000300014)

Harris-Shultz, K.; Armstrong, J. S.; Carvalho, G., Jr; Segundo, J. P., & Ni, X. (2022). *Melanaphis sorghi* (Hemiptera: Aphididae) Clonal Diversity in the United States and Brazil. *Insects*, 13(5), 416. [10.3390/insects13050416](https://doi.org/10.3390/insects13050416)

IBGE. PAM - Produção Agrícola Municipal. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9117-producao-agricola-municipal-culturas-temporarias-e-permanentes.html> . Acesso em: 24 nov. 2023.

Mendes, S. M.; Souza, C. D. S. F.; Viana, P. A.; Simeone, M. L. F.; Oliveira, I. R.; Costa Parrella, R. A. (2020) *Manejo de pragas na cultura do sorgo sacarino: etapa crítica para o sucesso da lavoura*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo.

Mendes, S. M.; Viana, P. A.; Oliveira, I. R. DE; Menezes, C. B. DE; Waquil. J. M.; Tompson, W. (2019) Pulgão-da-cana-de-açúcar no sorgo: um velho conhecido, mas um novo problema! *Grão em Grão*, 13(112). <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1117048>

Menezes, C. B., Silva, K. J.; Santos, C. V. (2021). Melhoramento genético de sorgo granífero. In: Menezes, C. B. (Ed.), *Melhoramento genético de sorgo*, pp. 217-240. Brasília: Embrapa. Nibouche, S.; Costet, L.; Holt, J. R.; Jacobson, A.; Pekarcik, A.; Sadeyen, J.; Armstrong, J. S.; Peterson, G. C.; McLaren, N.; Medina, R. F. (2018) Invasion of sorghum in the Americas by a new sugarcane aphid (*Melanaphis sacchari*) superclone. *PloS One*, 13(4): e0196124. doi: [10.1371/journal.pone.0196124](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0196124)

Peña-Martínez, R.; Lomeli-Flores, R.; Bujanos-Muñiz, R.; Muñoz-Viveros, A. L.; Vanegas-Rico J. M.; Salas-Monzón, R., Hernández-Torres, O. E.; Marín-Jarillo, A.; Ibarra-Rendón, J. E. (2018) *Pulgón amarillo del sorgo, (PAS), Melanaphis sacchari (Zehntner, 1897), interrogantes biológicas y tablas de vida*. Celaya Gto.: Fundación Guanajuato Produce.

Pfeiffer, B.K.; Pietsch, D.; Schnell, R.W.; Rooney, W.L. (2019) Long-term selection in hybrid sorghum breeding programs. *Crop Science*, 59: 150-164. DOI: [10.2135/cropsci2018.05.0345](https://doi.org/10.2135/cropsci2018.05.0345)

Saluso, A.; Casuso, V. M.; Tarragó J.; Szwarc D.; Luna I.; Druetta M.; Trumper, E. (2022) Pulgón Amarillo del Sorgo en la República Argentina: Distribución, impacto, biología y manejo. INTA, Folleto técnico.

Steckel, S.; Williams, M.; Stewart, S. (2021), Insecticide Efficacy Against Sugarcane Aphid in Grain Sorghum, 2020. *Arthropod Management Tests*, 46(1): tsab039. doi: [10.1093/amt/tsab039](https://doi.org/10.1093/amt/tsab039)

Theobald, F. (1904) The 'Dura' Aphis or 'Asal Fly'. Report of the Wellcome Research Laboratories at the Gordon Memorial College, Khartoum.

Quadro 1. Questionário aplicado 126 produtores, consultores, agrônomos, técnicos e outros, para realizar o dimensionamento do problema do pulgão do sorgo em sorgo no Brasil - (Questionário aplicado em 2022, quando acreditava se tratar do pulgão-da-cana, recentemente chamado de pulgão do sorgo)

1	De qual município você é?	-
2	O que você é?	Produtor rural
		Representante Técnico
		Vendedor de algum produto agropecuário
		Pesquisador
		Outros
3	Quando plantou?	Mês/ano
4	Qual híbrido de sorgo plantou na maior parte da área?	-
5	Quantos hectares plantou?	1 a 20 ha
		21 a 40 ha
		41 a 60 ha
		+ 60 ha
6	Teve problema com o pulgão-da-cana-de-açúcar na última safra?	-
7	Você sabe identificar o pulgão-da-cana-de-açúcar no sorgo?	-
8	Marque a alternativa que apresenta o pulgão-da-cana-de-açúcar	-
9	Quando percebeu o ataque na lavoura?	Início do ataque (Poucas plantas infestadas)
		Meio do ataque (Quando cerca de 40% de plantas infestadas)
		Lavoura tomada (Quando mais de 60% da lavoura já se tem altos números de insetos por planta) com muitas injúrias (danos)
10	Fez utilização de algum defensivo?	-
11	Caso a resposta anterior seja positiva: Qual defensivo utilizou?	-
12	Quantas aplicações foram feitas?	-
13	Como foi feita a escolha do defensivo?	Recomendação técnica de um representante habilitado
		Conhecimento próprio
		Não fez utilização de defensivos
14	Teve perda estimada de aproximadamente	1 a 20% da produção
		21 a 40% da produção
		41 a 60% da produção
		61 a 80% da produção
		81 a 100% da produção
		Não tive perda

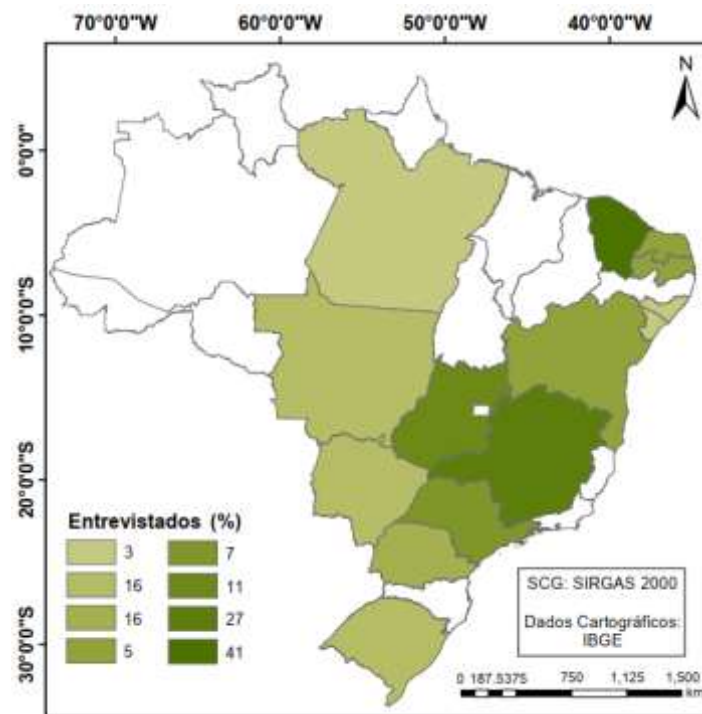


Figura 1. Mapa com os estados que responderam à pesquisa proposta no presente estudo entre os meses de outubro a dezembro de 2021, sobre o diagnóstico do problema causado pelo pulgão em lavouras de sorgo no país.

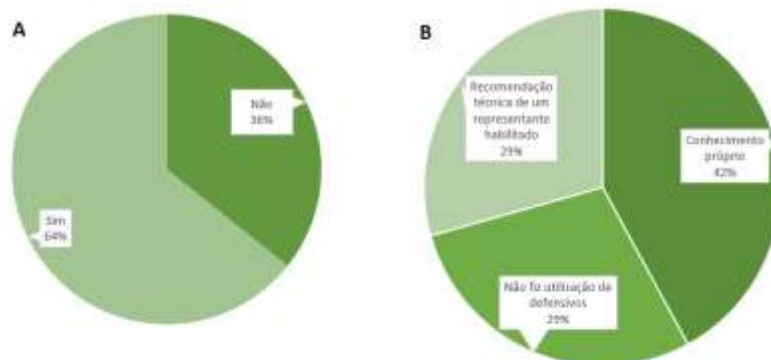


Figura 2. (A) porcentagem de produtores relataram a aplicação de produtos químicos; (B) Percentagem dos entrevistados que tomaram alguma decisão frente ao problema.

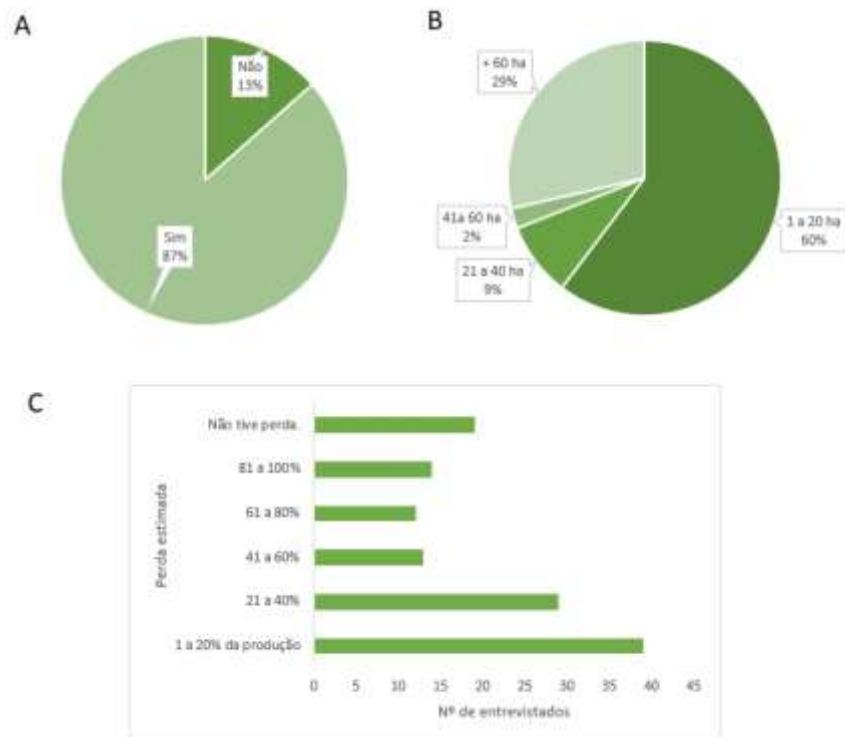


Figura 3. (A) Percentagem de produtores que relataram problemas com o pulgão do sorgo; (B) Quantidade de hectares plantados de sorgo dos entrevistados; (C) Perda estimada do total da área plantada.

4. ARTIGO II

Relações entre a ocorrência *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904) (Aphididae: Hemiptera), a comunidade de insetos predadores e condições climáticas em sorgo forrageiro em Inhaúma – MG, Brasil.

Guilherme Souza de Avellar^a, Ivanildo Evódio Marriel^b, Nathan Moreira dos Santos^c, Alef Vilela Ferreira ^c, Douglas Graciél dos Santos ^c, Simone Martins Mendes ^b

^a Universidade Federal de São João del-Rei – UFSJ, Departamento de Engenharia de Biosistemas, São João del-Rei, MG, Brasil

^b Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, Sete Lagoas, MG, Brasil

^c Universidade Federal de São João del-Rei – UFSJ, Departamento de Ciências Agrárias, Sete Lagoas, MG, Brasil

Artigo submetido na Revista Brasileira de Entomologia

Abstract: Forage sorghum, renowned for its high protein content and resilience to abiotic stress, is pivotal in livestock feed production. However, it faces challenges from various insect pests such as aphids, fall armyworms, and sugarcane borers. This study investigates insect dynamics, particularly focusing on *Melanaphis sorghi*, and their interactions with natural enemies, weather patterns, and other pests in forage sorghum cultivation. Conducted over two seasons in Brazil, the research compares *plots* with and without insecticide treatment, employing weekly insect sampling and climate monitoring. Findings reveal *M. sorghi* as the predominant pest, peaking during the vegetative stage. Correlation analysis highlights positive relationships between *M. sorghi* and *Syrphidae* predators, with weaker associations observed for *Spodoptera frugiperda*. *Rhopalosiphum maidis* prevalence increases in the second season, influenced by rainfall. Predatory insects like *Coccinellidae* and *Syrphidae* contribute to pest population control. Untreated areas exhibit higher diversity and equitability, indicating a balanced pest-predator ecosystem. Principal component analysis (PCA) suggests climate and specific pests influence treated areas, suggesting potential resistance or the need for improved control strategies. This study underscores the importance of comprehending pest dynamics for sustainable agriculture, guiding integrated pest management strategies to mitigate economic losses.

Key words: *Forage sorghum*; Agricultural pests; Integrated pest management; Population dynamics; Natural enemies

4.1. INTRODUÇÃO

O sorgo forrageiro é utilizado como fonte nutricional na produção pecuária, devido aos seus altos teores de proteína, semelhantes aos do milho e à sua maior tolerância a estresses abióticos (Simões et al., 2022). Em termos econômicos, a silagem de sorgo possui um menor custo de produção devido à maior produção de massa verde. O plantio durante a época das águas (entre setembro e novembro) possibilita uma segunda colheita oriunda da rebrota depois do primeiro corte da cultura, aumentando o rendimento (Assis et al., 2021; Barros et al., 2022).

Esse tipo de sorgo é frequentemente infestado por diferentes insetos-praga, como os pulgões *Schizaphis graminum* (Rondani) (Hemiptera: Aphididae) *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) (Hemiptera: Aphididae), a Lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda* (JE Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) a broca do colmo *Diatraea saccharalis* (Fabricius, 1794) (Lepidoptera: Crambidae) e mais recentemente pelo pulgão *Melanaphis sorghi*, (Theobald, 1904) (Hemiptera: Aphididae). Os primeiros registros dessa praga no país foram feitos em lavouras de sorgo nos estados de Goiás, São Paulo e Minas Gerais onde se observou-se um aumento nos prejuízos causados por esse pulgão (Mendes et al., 2020).

O pulgão-do-sorgo *M. sorghi* é encontrado na parte abaxial das folhas, onde danificam-nas ao se alimentarem da seiva, causando necrose e manchas características de afídeos. Infestações intensas levam à produção de *honeydew*, um líquido açucarado que pode comprometer a qualidade da silagem, favorecendo o desenvolvimento de fungos como a fumagina e reduzindo a fotossíntese (Peña-Martinez et al., 2023).

A compreensão do papel dos fatores bióticos e abióticos na mortalidade dos insetos-praga é fundamental para o manejo eficaz. A dinâmica populacional dos

afídeos, por exemplo é influenciada por parâmetros climáticos como temperatura, umidade relativa, chuva, vento e sol, sendo que a precipitação constitui um fator importante na mortalidade natural de pulgões no campo (Rodriguez Del Bosque et al., 2020). Os inimigos naturais também desempenham um papel crucial no controle de insetos-praga, mantendo as populações de insetos fitófagos abaixo dos níveis de dano econômico para a cultura (Mendes et al., 2018).

Diante da introdução de uma nova praga na cultura do sorgo no país, torna-se essencial compreender o papel de cada inseto no sistema de produção, bem como os fatores que afetam sua dinâmica populacional. Assim, buscamos responder os questionamentos: i). Quais insetos-pragas estão presentes em cultivos de sorgo forrageiro? ii). Qual a época ocorre o pico populacional de *M. sorghi* no sorgo forrageiro? iii). Qual a correlação da ocorrência de *M. sorghi* com: inimigos naturais, fatores climáticos e insetos-praga? Realizamos o presente trabalho com intuito de auxiliar na tomada de decisão das estratégias de manejo.

4.2. MATERIAL E METODOS

As avaliações foram realizadas em cultivo de sorgo forrageiro, na Fazenda *True Type*, localizada no município de Inhaúma, MG, região central do estado, com coordenadas geográficas de 19° 26' 03" S e 44° 29' 48" W, que leite em grande escala o que a torna, consequentemente, grande produtora de culturas forrageiras. Os plantios foram realizados em 26 de novembro de 2020 e 04 de novembro de 2021.

As amostragens foram feitas semanalmente em duas safras agrícolas: 2020/2021 e 2021/2022. Em ambos os anos amostrais, o estudo foi feito em área de 8,7 hectares plantados com a cultivar de sorgo Volumax®, dividida em duas parcelas 6,2 ha com aplicação de inseticidas e 2,5 ha sem aplicação de inseticidas.

Os produtos utilizados na área submetida ao controle químico estão listados na Tabela 1, os quais foram aplicados em dois momentos, um no estágio vegetativo, seis e sete folhas completamente desenvolvidas e no estágio reprodutivo de formação de grãos. Dentro de cada área foram amostrados quatro pontos, sendo que uma parcela foi mantida livre da aplicação de quaisquer inseticidas. Totalizando oito pontos, sendo quatro na área onde o controle de pragas era feito com o uso de defensivos e quatro onde não ocorreu o controle de pragas.

As coletas foram realizadas semanalmente a partir da quinta semana após o plantio, quando as plantas se encontravam com quatro a cinco folhas completamente formadas. Utilizou-se o método do saco plástico, proposto por Waquil (1997), onde a planta e os insetos presentes nela foram coletados. A triagem dos insetos presentes nas plantas de cada área de cultivo foi feita no laboratório de ecotoxocologia de insetos da Embrapa Milho e Sorgo, em Sete Lagoas, MG. As plantas amostradas foram acondicionadas em bandejas plásticas, onde com auxílio de um pincel, lupa e contador foi identificado e quantificado as principais espécies e demais indivíduos, até o nível de família.

Os dados foram plotados semanalmente, totalizando número de insetos coletados e dados climatológicos primeira safra (2020/2021) de 30 de dezembro de 2020 a 24 de março de 2021 e de 9 de dezembro de 2021 a 03 de fevereiro de 2022 para a segunda safra (2021/2022). As médias dos insetos /data de coleta estão seguidas do intervalo de confiança com 90% de probabilidade. A temperatura foi obtida através do cálculo da média semanal e valores precipitação foram calculados através da soma da precipitação semanal. Os dados meteorológicos semanais, Precipitação (mm); Temperatura Média (°C); Temperatura Máxima (°C) e temperatura Mínima (°C) foram obtidos a partir do banco de dados do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia (<https://portal.inmet.gov.br/>))

Foi feita uma análise de correlação simples entre os valores totais de *M. sorghi* com vários parâmetros avaliados. Da mesma forma, uma correlação simples entre os valores totais de pulgão com predadores também foi calculada. Para o cálculo dos índices de diversidade, utilizamos o número de indivíduo por espécie. A abundância relativa (%) das espécies de anofelinos foi calculada para cada fase estudada. Foram calculados os índices de diversidade Shannon-Wiener (H'), riqueza (Jackknife de 1ª ordem), Equabilidade de Pielou (J') e a dominância de Simpson (D) foram calculadas utilizando o software DivEs – Diversidade de Espécies® v. 4.15 (disponível em <https://dives.ebras.bio.br/>).

Realizamos uma análise de componentes principais (PCA) usando o software JAMOV® com o objetivo de agrupar os perfis de ocorrência das espécies com base nas duas safras agrícolas (2020/2021 e 2021/2022) de coleta das áreas com e sem a utilização de inseticida.

4.3. RESULTADOS

No total, foram coletados 181.803 espécimes da família Aphididae durante o período de amostragem (Tabela 2). Duas espécies de pulgões amostrados foram *Rhopalosiphum maidis* e *Melanaphis sorghi*, sendo o último o mais abundante (97,41% dos indivíduos). Insetos predadores totalizaram 594 espécimes, sendo 280 Coccinellidae abrangendo todas as suas fases de desenvolvimento (Larva, pupa e adultos), 160 Dermaptera e 154 Syrphidae. Durante as duas safras 2020/2021 e 2021/2022, foram identificadas seis espécies/família de insetos presentes, tanto na área com a aplicação de inseticida quanto na área sem a aplicação de quaisquer defensivos agrícolas. Para a área com a aplicação de inseticida no ano de 2020 foram encontrados 14.599 espécimes de *M. sorghi*, 4.438 espécimes de *R. maidis*, 92 espécimes de *S. frugiperda*, 08 espécimes de Coccinellidae, 56 espécimes de Dermaptera e 81 espécimes de Syrphidae (Tabela 2). Para a área onde não teve

aplicação de inseticida foram encontrados 155.919 espécimes de *M. sorghi*, 3.594 espécimes de *R. maidis*, 131 espécimes de *S. frugiperda*, 267 espécimes de Coccinellidae, 76 espécimes de Dermaptera e 71 espécimes de Syrphidae (Tabela 2).

Esses padrões persistiram na safra de 2020/2021, com uma redução na abundância de insetos na área com aplicação de inseticida. Foram registrados 877 espécimes de *M. sorghi*, 1.086 espécimes de *R. maidis*, 183 espécimes de *S. frugiperda*, 05 espécimes de Coccinellidae, 12 espécimes de Dermaptera e 02 espécimes de Syrphidae (Tabela 2), enquanto na área sem aplicação de inseticida foram encontrados 642 espécimes de *M. sorghi*, 648 espécimes de *R. maidis*, 280 espécimes de *S. frugiperda*, 0 espécimes de Coccinellidae, 16 espécimes de Dermaptera e 0 espécimes de Syrphidae (Tabela 2).

Os picos populacionais de *M. sorghi* em cultivos de sorgo revelaram padrões distintos nas áreas com e sem aplicação de inseticidas. Na área tratada com inseticida na safra 2020/2021, observou-se um pico populacional durante o estágio reprodutivo da fase de formação de grãos, conforme representado na Figura 1B com 7.397 insetos. Por outro lado, na área sem aplicação de defensivos químicos, o pico populacional de *M. sorghi* ocorreu durante o estágio vegetativo V8/V9, com 88.904 insetos (Figura 1C). Além disso, logo após o pico populacional de *M. sorghi* na área sem inseticidas, observou-se um aumento correspondente na população de insetos predadores da praga (Figura 1C). O pico populacional de *S. frugiperda*, ocorreu em ambas as áreas no início do cultivo. Este período coincide com o estágio em que as plantas estão com os cartuchos formados.

Na safra de 2021/2022, os picos populacionais de *M. sorghi* ocorreram no estágio reprodutivo de grão leitoso em ambos os tratamentos com 743 espécimes

para a área com inseticida (Figura 2B) e 582 espécimes para a área sem inseticida (Figura 2C). Para a área sem inseticida, *S. frugiperda* apresentou picos na área com inseticida com 88 espécimes coletadas (Figura 2B) e 82 espécimes na área sem inseticida (Figura 2C), ambos nos estádios reprodutivos V7/V8.

A análise de correlação mostrou relação significativa entre *M sorghi* e predadores Syrphidae (Tabela 4). A relação positiva foi observada entre todos os predadores encontrados: Coccinellidae, Dermaptera e Syrphidae, tanto na área com aplicação de inseticida quanto na área em que não ocorreu a aplicação de produto. Syrphidae é um grupo de predadores significativos em ambas as áreas, com uma forte correlação de 0,993 na área tratada com inseticida e 0,892 na área sem inseticida. Além disso, na área sem aplicação de inseticida, foi observada uma correlação de 0,670 entre a precipitação e a presença do pulgão *Melanaphis sorghi*.

O total de seis espécies/ famílias foram coletadas, tanto na área sob tratamento com inseticida quanto na conduzida sem aplicação de defensivos. Os menores índices de diversidade ($H= 0,19$) e de equitabilidade ($J= 0,08$) para as espécies capturadas foram obtidos para a área sem aplicação de defensivos na primeira safra (2020/2021). Por outro lado, na área onde não se fez a utilização de inseticidas químicos apresentaram maiores índices de diversidade ($H=0,63$) e equitabilidade (0,34). Na segunda safra agrícola, os índices de diversidade ($H=1,56$) e equitabilidade ($J=0,78$) foram maiores para a área onde se fez aplicações de inseticidas. E na área onde não foi realizada aplicações de produto químico o índice de diversidade foi ($H=1,40$) e de equitabilidade ($J=0,54$). (Tabela 2)

Na safra agrícola de 2021/2022, contudo houve uma inversão os índices de dominância ($D= 0,42$) para a área onde foi utilizado defensivos químicos e ($D=0,36$) para a sem inseticida. Na primeira safra os valores de dominância foram: ($D=0,63$) e ($D=0,95$) para as áreas com e sem inseticida, respectivamente (Tabela 2). Houve

maior riqueza de no primeiro ano de cultivo, no segundo ano a riqueza foi maior na área onde teve a utilização de defensivos químicos.

O teste “t” proposto por Magurran (1988) para comparação entre dois valores estimados do índice de diversidade de Shannon mostrou que as há diferença significativa entre todas comparações das diversidades avaliadas, segundo o teste t para H' a 5% de probabilidade (Tabela 3).

O primeiro eixo da análise de componentes principais da área com inseticida explicou 81,2% da variação total, o segundo explicou 16,1%. A variação total acumulada explicada pelos três eixos foi de 100% (Tabela 6). As espécies/famílias correlacionadas com os três componentes (em negrito) foram *M. sorghi* e Coccinellidae para o segundo componente. *S. frugiperda* para o terceiro componente, o primeiro componente não teve correlação (Tabela 6). A abundância de *M. sorghi* e Coccinellidae foi o fator da segunda matriz com maior peso no lado positivo do componente 2 (Figura 3), que corresponde a área onde não teve a aplicação de inseticida. A espécie *M. sorghi* apresenta uma correlação positiva significativa com o Componente 1 (0,578), indicando uma forte associação com este componente.

Da mesma forma, a família Coccinellidae também exibe uma correlação positiva robusta com o Componente 1 (0,618), sugerindo uma relação significativa com este componente. A espécie *S. frugiperda* mostra uma correlação positiva destacada com o Componente 3 (0,822), indicando uma forte associação com este componente específico. A análise de componentes principais formou três grupos de espécies/famílias. Grupo 1: Coccinellidae, *M. sorghi*; grupo 2) Syrphidae, *R. maidis*, Dermaptera, Temperatura e precipitação e o Grupo 3) *S. frugiperda*. Todas as espécies/famílias encontradas, exceto *S. frugiperda* estavam na porção positiva do eixo 1 (Figura 3). Em contraste, os predadores da família Coccinellidae tiveram uma maior relação com *M. sorghi*, como mostrado pela proximidade.

4.4. DISCUSSÃO

Neste estudo, avaliou-se a presença de insetos-praga em lavoura de sorgo forrageiro, bem como dos principais grupos de inimigos naturais. Esse levantamento atualiza o registro de ocorrências, flutuação populacional e importância das pragas uma vez que a literatura conta com registros de campo de insetos em sorgo da década de 90, quando insetos como a *Contarinia sorghicola* (Coquillett, 1898) (Diptera: Cecidomyiidae) ainda era considerada a praga chave da cultura (Sharma et al., 1997) ou, são estudos que não correspondem ao sistema de produção agrícola do país, como Kore et al. (2013) fizeram uma avaliação dos principais insetos pragas em lavoura de sorgo em Maharashtra, estado que se estende pelo centro-oeste da Índia, o que não reflete a realidade agrícola no Brasil. Desde a década de 1990, a cultura do sorgo, bem como os sistemas de produção agrícolas, passou por grandes transformações, justificando assim a necessidade de atualização das informações de pragas na cultura, onde novos grupos de insetos alcançam o status de praga chave.

Vários grupos de inimigos naturais são relatados para o pulgão *M. sorghi* em diversas partes do mundo (Colares et al. 2017). De acordo com a análise do coeficiente de correlação, a população dos predadores da família Syrphidae, foi o grupo mais correlacionado com o pulgão *M. sorghi*, independente do uso de inseticida. Isso deve-se ao fato que se distinguiu dos demais grupos de predadores, por ser muito frequente nas áreas analisadas.

A correlação positiva entre *M. sorghi* e os predadores sugere uma possível interação entre esses organismos, onde a presença de *M. sorghi* demonstrou uma correlação positiva significativa com os predadores da família Syrphidae, mostrando uma associação entre a presença desses predadores e a ocorrência do pulgão nas lavouras de sorgo. Um ponto importante a se ressaltar é a adaptação dos

predadores nativos, já presentes nas áreas de cultivo de sorgo, à essa praga recém introduzida e o papel desses no controle biológico da praga, esse fato também foi destacado por Colares et al. (2015) que mostram a adaptação de predadores e parasitoides nativos de Oklahoma ao pulgão *M. sorghi*, realizando o controle biológico natural nas regiões produtoras de sorgo dos EUA.

Sirfídeos adultos dependem das flores para extrair néctar floral e pólen para energia e produção de ovos (Haslett 1989, Bugg et al. 2008), recursos que se tornaram disponíveis quando o sorgo entra na fase de florescimento, que é exatamente quando é atingido o pico de predadores no período de observação. Meyer et al. (2009) encontraram a densidade de sirfídeos alterada pela quantidade de pólen e néctar localmente disponível para adultos, bem como a presença de plantas infestadas de pulgões. Sirfídeos são raros na maioria dos estudos de campo que avaliam a mortalidade de pulgões em cereais muito provavelmente devido à escassez de recursos essenciais para fêmeas adultas (Colares et al., 2015). Em nosso estudo mostra que os sirfídeos tem correlação positiva com *M. sorghi* o que contribui na manutenção do controle natural da praga no campo.

A presença de *S. frugiperda*, foi frequente e dominante em todas as situações avaliadas. Tal fato era esperado, como relatado por Boregas et al (2013) essa lagarta mostrou adaptação superior ao milho, considerada por Carvalho et al (2022) como hospedeiro principal, assim essa praga demonstra adaptação em sorgo. Mesmo a utilização de inseticida não altera esses índices ecológicos. E isso fica evidente na análise de PCA que *S. frugiperda* é inversa à população de afídeos e inimigos naturais, reforçando a teoria de que *S. frugiperda* sempre estará presente em lavouras de sorgo, pois a presença de sorgo é a condição para ocorrência dessa praga. Apesar do registro de Montezano et al (2018) que essa praga tem mais de 350 espécies de plantas como hospedeiras, alguns autores (Moraes et al., 2020;

Sisay et al., 2023) mostram que têm variáveis biológicas semelhantes ao milho, sobretudo quando comparado à outras plantas hospedeiras, indicando ser o sorgo a planta adequada ao desenvolvimento da praga. Alguns autores como: Boregas et al., (2013); Dias et al., (2016); Mendes et al., (2018) e Carvalho et al., (2022) corroboram com essa observação quando mostram que essa praga sobrevive melhor em sorgo do que em milho (considerado hospedeiro principal). A observação de um pico populacional de *S. frugiperda* na primeira safra do presente estudo, na área sem inseticida, seguido por uma redução acentuada na ocorrência desse inseto, pode indicar uma resposta da população de predadores a essa mudança na disponibilidade de presas, o que é consistente com padrões observados em outros estudos (Gonzalez et al., 2002).

A ocorrência de *R. maidis* na área tratada com inseticida apresentou uma correlação positiva (0,515) apenas com *S. frugiperda*, enquanto na área sem tratamento químico, houve correlação positiva com a temperatura (0,563) (Tabela 4). Essa diferença pode ser explicada pelo fato de que essa praga é mais comum no início do ciclo de cultivo, quando os pulgões preferem se alimentar do cartucho da planta, local que oferece proteção aos indivíduos. Os inseticidas de contato, por sua vez, geralmente demonstram eficácia significativa apenas após o florescimento das plantas, momento em que os insetos ficam mais expostos.

Rodríguez-vélez et al. (2021) realizaram uma análise de componentes principais a fim de buscar uma relação entre predadores e pulgões em cultivos de sorgo no México. As espécies coletadas na lavoura foram *S. graminum*, *R. maidis* e *M. sorghi*, sendo a última mais abundante com forte correlação com a população de coccinelídeos. No nosso estudo verificamos correlação positiva entre *M. sorghi* e predadores para a área com aplicação de inseticidas e uma correlação nula entre o pulgão e o fator climático precipitação para a área com aplicação de inseticida.

Esses achados apoiam a interpretação de que os inimigos naturais contribuíram para a redução da população de *M. sorghi*, visto que quando as infestações de pulgões reduziam, a de predadores também se reduziu indicando redução da disponibilidade de presas no campo (Figuras 1 e 2). Maxson et al. (2019) confirmaram o desenvolvimento de adultos de muitas espécies de coccinelídeos alimentados com *M. sorghi* em laboratório. Espécies selecionadas de joaninhas demonstraram suprimir *M. sorghi* em pequenas arenas experimentais em estudo realizado por Hewlett et al., (2019).

Os fatores climáticos estão relacionados com o crescimento populacional da espécie, pois a ocorrência de chuvas seguidas de períodos quentes e secos, pode favorecer a multiplicação da rápida da praga. No entanto, se as chuvas forem mais intensas e frequentes, pode ocorrer um controle natural pela ação direta da chuva. (da Cunha et al., 2019). Isso pode ser comprovado em nosso estudo onde tivemos um período de forte precipitação, o que resultou em uma correlação moderada positiva entre precipitação e o pulgão *M. sorghi* (0,670) (Tabela 5). Por outro lado, onde se utilizou inseticida esse fator foi mais importante para a população de pulgões, ao passo que quando não se utilizou inseticida, a dependência maior da precipitação para controlar a população de afídeos no campo. Por outro lado, precipitação pode ser correlacionada à redução da população de insetos. Isso foi observado em ambas as safras onde apresentava precipitações marcadas por volumes altos e frequentes. Até início de março, as populações de pulgões eram moderadas, mas nas observações do final do mês, em que os volumes aumentaram, ocorreu redução significativa da população.

Esses estudos destacam a complexidade das interações entre pulgões, fatores climáticos, práticas de manejo agrícola e inimigos naturais em lavouras de sorgo. Compreender essas interações é essencial para o desenvolvimento de

estratégias eficazes de manejo integrado de pragas, visando reduzir os danos causados pelos pulgões e promover a sustentabilidade das lavouras de sorgo. Em nosso estudo a maior diversidade de espécies foi encontrada na área sem aplicação de inseticidas ($H=1,56$), porém foi a área que apresentou menor dominância ($D=0,36$) (Tabela 2) indicando uma maior diversidade e equilíbrio no ecossistema. A literatura dos países onde essa praga ocorre há mais tempo, sugere que uma ampla gama de predadores e parasitoides pode contribuir para o controle biológico de *M. sorghi* em toda a sua distribuição geográfica (Colares et al. 2015), contudo nos dois anos de coleta não observamos em condições de campo pulgões parasitados, isso pode ter se dado pelo método de coleta ou de avaliação adotados para avaliação do ensaio.

A relação entre a ocorrência de *M. sorghi*, a comunidade de insetos predadores e as condições climáticas pode ser analisada através do índice de Shannon, que é uma ferramenta eficaz para avaliar a diversidade de espécies, pois leva em consideração tanto a riqueza de espécies quanto a equitabilidade das mesmas. Nesse contexto, a detecção de diferenças significativas nos valores de H' sugere variações substanciais na estrutura das comunidades biológicas em estudo. No caso deste estudo, tais variações podem ser atribuídas a fatores como a aplicação de inseticidas e o alto e constante volume de precipitação na segunda safra agrícola, inferindo que tais condições climáticas e práticas agrícolas tenham influenciado a distribuição e abundância das espécies de insetos.

Os resultados do teste "t" revelaram diferenças significativas no ambiente estudado, indicando que mesmo pequenas variações, como as condições climáticas e práticas agrícolas, podem ter um impacto na biodiversidade local. Essas descobertas ressaltam a importância do índice de Shannon como uma ferramenta para monitorar ecossistemas. Ao detectar essas mudanças, o índice de Shannon

desempenha um papel fundamental na identificação de padrões e tendências nas comunidades biológicas, incluindo a distribuição e abundância de insetos como *M. sorghi* e seus predadores. Essa capacidade de detecção é crucial para o desenvolvimento e implementação de estratégias eficazes de conservação de inimigos naturais e até mesmo de controle da praga em questão. Portanto, os resultados do estudo destacam a importância de considerar e monitorar de perto as mudanças ambientais e sua influência na dinâmica das populações de insetos, fornecendo informações valiosas para a gestão e conservação desses sistemas.

Também a análise PCA forneceu *insights* valiosos sobre a distribuição de insetos e variáveis ambientais no plantio de sorgo, destacando a importância da regulação natural das populações de pragas e a necessidade de estratégias de manejo integrado para garantir a sustentabilidade da produção agrícola. Nosso estudo demonstra a importância da presença de inimigos naturais para manter as infestações de pulgões em níveis reduzidos, além de fornecer uma linha de base para o monitoramento e desenvolvimento de estratégias de MIP na cultura do sorgo bem como, a ação dos fatores climáticos e uso de inseticidas.

Com o exposto, é válido considerar não apenas o controle direto de pragas, mas também as interações complexas entre pragas, predadores e fatores ambientais no manejo integrado de pragas em cultivos de sorgo forrageiro. Compreender essas relações é fundamental para o desenvolvimento de estratégias eficazes de manejo de pragas que sejam sustentáveis e ecologicamente responsáveis. Pesquisas futuras nesta área podem contribuir significativamente para a melhoria da produtividade dos cultivos de sorgo forrageiro no Brasil.

4.5. CONCLUSÃO

i) Os insetos-praga presentes em cultivos de sorgo forrageiro incluíam *Melanaphis sorghi* (pulgão-do-sorgo), *Rhopalosiphum maidis* (pulgão-do-milho) e *Spodoptera frugiperda* (lagarta-do-cartucho).

ii) No primeiro ano de avaliação, o pico populacional de *M. sorghi* no sorgo forrageiro ocorreu durante o estágio reprodutivo entre a floração e a formação de grão leitoso, na área tratada com inseticida, enquanto na área sem aplicação de inseticida, o pico populacional aconteceu durante o estágio vegetativo quando o sorgo tinha cerca de oito folhas completamente desenvolvidas até a fase emborrachamento.

No segundo ano de avaliação, o pico populacional de *M. sorghi* no sorgo forrageiro tanto na área com como na área sem inseticida, foi no período reprodutivo, na fase de formação e grão leitoso.

iii) Houve correlação significativa entre a ocorrência de *M. sorghi* e predadores da família Syrphidae, indicando influência desses predadores na regulação da população de pulgões.

4.6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Assis, JJCS (2021). *Seleção de genótipos de sorgo cultivados sob estresse hídrico*.
- Barros, D. M. A., do Nascimento, R. R., Loiola, R., Edvan, J. M. P. F., Biagiotti, D., & da Silva, A. L. (2022). ANÁLISE MULTIVARIADA DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA ENTRE HÍBRIDOS DE SORGO FORRAGEIRO CULTIVADOS EM REGIÃO SEMIÁRIDA. *LIVRO DE RESUMOS: II MOSTRA CIENTÍFICA DE ESTATÍSTICA I ENCONTRO DE MELHROAMENTO GENÉTICO*, 7.
- Boregas, K. G. B., Mendes, S. M., Waquil, J. M., & Fernandes, G. W. (2013). Estádio de adaptação de *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em hospedeiros alternativos. *Bragantia*, 72, 61-70. <https://doi.org/10.1590/S0006-87052013000100009>
- Bugg, R. L., Colfer, R. G., Chaney, W. E., Smith, H. A., & Cannon, J. (2008). Flower flies (Syrphidae) and other biological control agents for aphids in vegetable crops. <https://doi.org/10.3733/ucanr.8285>
- Carvalho, I. F., Machado, L. L., Neitzke, C. G., Erdmann, L. L., Oliveira, L. T., Bernardi, D., & da Rosa, A. P. S. A. (2022). Biological parameters and fertility life table of *Spodoptera frugiperda* in different host plants. *J. Agric. Sci*, 14(10). <https://doi.org/10.5539/jas.v14n10p48>
- Colares, F., Michaud, J. P., Bain, C. L., & Torres, J. B. (2015). Recruitment of aphidophagous arthropods to sorghum plants infested with *Melanaphis sacchari* and *Schizaphis graminum* (Hemiptera: Aphididae). *Biological Control*, 90, 16-24. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.05.009>
- Colares, F., Michaud, J. P., Bain, C. L., Torres, J. B. (2017). Relative Toxicity of Two Aphicides to *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae): Implications for Integrated Management of Sugarcane Aphid, *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology*, 110(1), 52-58. <https://doi.org/10.1093/jee/tow265>
- da Cunha Borges Filho, R., Sturza, V. S., Bernardi, D., da Cunha, U. S., Pinto, A. S., e Silva, S. D. D. A., & Nava, D. E. (2019). Population dynamics of pests and natural

- enemies on sugar cane grown in a subtropical region of Brazil. *Florida Entomologist*, 102(3), 526-530. <https://doi.org/10.1653/024.102.0313>
- Dias, A. S., Marucci, R. C., Mendes, S. M., Moreira, S. G., Araújo, O. G., dos Santos, C. A., & Barbosa, T. A. (2016). Bioecology of *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1757) in different cover crops.
- Gonzales, W. L., Ramirez, C. C., Olea, N., & Niemeyer, H. M. (2002). Host plant changes produced by the aphid *Sipha flava*: consequen. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.2002.00964.x>
- Haslett J. R. (1989). Interpreting patterns of resource utilization: randomness and selectivity in pollen feeding by adult hoverflies. *Oecologia*, 78(4), 433–442. DOI: 10.1007/BF00378732.
- Hewlett, J. A., Szczepaniec, A., & Eubanks, M. D. (2019). The effects of sugarcane aphid density in sorghum on predation by lady beetles and lacewings. **Biological Control**, 129, 171-177. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.10.015>
- Kore, A. T., Mokat, R. B., Daware, D. G., & Ambilwade, P. P. (2013). Population dynamics of major insect pests of sorghum in Marathwada region (Maharashtra). *Journal of Entomological Research*, 37(2), 139-144.
- MAGURRAN, Anne E. **Ecological diversity and its measurement**. Springer Science & Business Media, 2013.
- Maxson, E. L., Brewer, M. J., Rooney, W. L., Woolley, J. B. (2019). Species composition and abundance of the natural enemies of sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari* (Zehntner) (Hemiptera: Aphididae), on sorghum in Texas. **Proceedings of the Entomological Society of Washington**, 121, 657–680. <https://doi.org/10.4289/0013-8797.121.4.657>
- Mendes, S. M., Marucci, R. C., & Waquil, J. M. (2018). Manejo de pragas nos sistemas de produção de milho no Brasil: inovações tecnológicas no manejo de lagartas em lavouras de milho convencional e Bt. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 32., 2018, Lavras. Soluções integradas para os sistemas de produção de milho e sorgo no Brasil: livro de palestras. Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2018. cap. 9, p. 260-280..Mendes, S. M., Souza, C. D. S. F., Viana, P. A., Simeone, M. L. F., Oliveira, I. R., & Costa Parrella, R. A. (2020). Manejo de

pragas na cultura do sorgo sacarino: etapa crítica para o sucesso da lavoura. *Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo*.

- Meyer, B., Jauker, F., & Steffan-Dewenter, I. (2009). Contrasting resource-dependent responses of hoverfly richness and density to landscape structure. *Basic and Applied Ecology*, 10(2), 178-186.
- Montezano, D. G., Sosa-Gómez, D. R., Specht, A., Roque-Specht, V. F., Sousa-Silva, J. C., Paula-Moraes, S. D., ... & Hunt, T. E. (2018). Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. *African entomology*, 26(2), 286-300.
- Moraes, T., da Silva, A. F., Leite, N. A., Karam, D., & Mendes, S. M. (2020). Survival and development of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in weeds during the off-season. *The Florida Entomologist*, 103(2), 288-292.
- O projeto Jamovi (2021). Jamovi. (Versão 1.6) [Software de computador]. Obtido em <https://www.jamovi.org>.
- Peña-Martínez, R., Lomeli-Flores, J. R., Bujanos-Muñiz, R., Salas-Monzón, R., Hernández-Torres, O. E., Marín-Jarillo, A., ... & Muñoz-Viveros, A. L. (2023). Comparative Biology and Life Tables of Sugarcane Aphid *Melanaphis Sacchari* (Hemiptera: Aphididae) From Guanajuato, Mexico, at Different Temperatures. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2694454/v1>
- Rodrigues, W. C., 2017. Dominância de Simpson. DivEs – Diversidade de Espécies v.4.0 (AntSoft Systems On Demand) - Guia do usuário. Available in: <http://dives.ebras.bio.br>
- Rodríguez-del-Bosque, L. A., Silva-Serna, M. M., & Aranda-Lara, U. (2020). Effect of Natural and Simulated Rainfall and Wind on *Melanaphis sacchari* on Sorghum. *Southwestern Entomologist*, 45(2), 357-364. <https://doi.org/10.3958/059.045.0204>
- Rodríguez-Vélez, J. M., Uribe-Mu, C. A., Sarmiento-Cordero, M. A., Rodríguez-Vélez, B., Cruz-Rodríguez, J. A., Contreras-Ramos, A., ... & Arredondo-Bernal, H. C. (2021). Relationships among *Melanaphis sacchari*, Its Predator Insect Communities, and Weather Conditions in Sorghum Crops at Colima, Mexico. *Southwestern Entomologist*, 46(1), 47-58. <https://doi.org/10.3958/059.046.0104>

- Sharma, H. C., & Nwanze, K. F. (1997). Insect pests of sorghum: biology, extent of losses, and economic thresholds. In H. C. Sharma, F. Singh, & K. F. Nwanze (Eds.), *Plant Resistance to Insects in Sorghum* (pp. 9-23). International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, Patancheru, Andhra Pradesh.
- Simões, WL, de Oliveira, AR, Guimarães, MJM, da Silva, JS, da Silva, WO, de Oliveira, CRS, Voltolini, TV, & Barbosa, KVF (2022). Arranjo populacional do sorgo forrageiro irrigado para um cultivo eficiente no Semiárido brasileiro / Arranjo populacional do sorgo forrageiro irrigado para cultivo eficiente no Semiárido brasileiro. *Revista Brasileira de Desenvolvimento*, 8 (3), 16305–16320. <https://doi.org/10.34117/bjdv8n3-053>
- Sisay, B., Sevgan, S., Weldon, C. W., Krüger, K., Torto, B., & Tamiru, A. (2023). Responses of the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) to different host plants: Implications for its management strategy. *Pest management science*, 79(2), 845–856. <https://doi.org/10.1002/ps.7255>
- Waquil, J. M. (1997). Amostragem e abundância de cigarrinhas e danos de *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Homoptera: Cicadellidae) em plântulas de milho. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 26, 27-33. <https://doi.org/10.1590/S0301-80591997000100004>

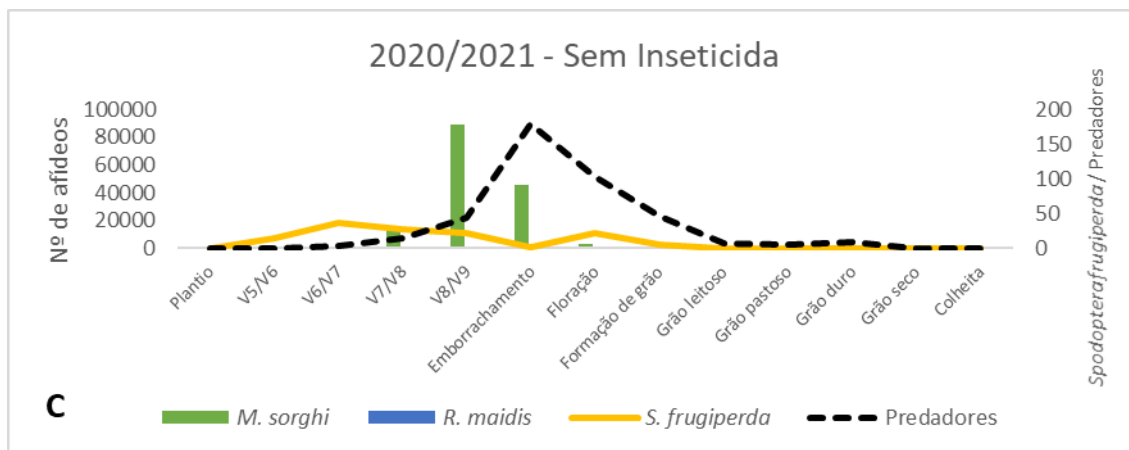
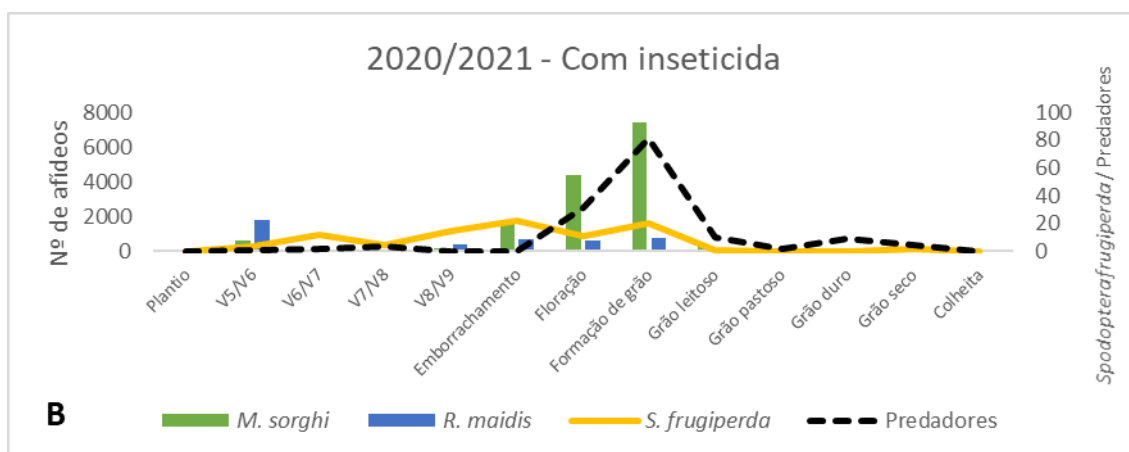
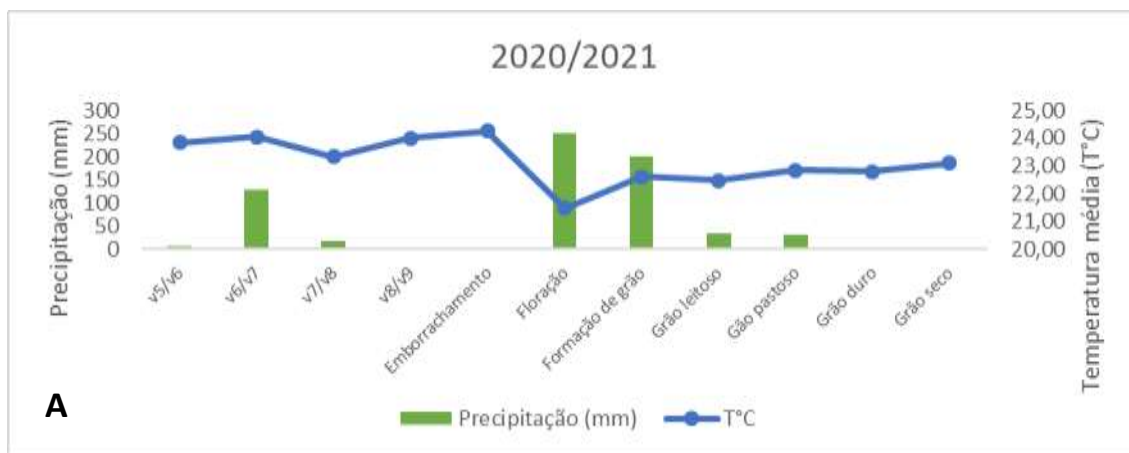


Figura 1. Médias semanais de temperatura (°C) e precipitação (mm) ao longo das duas safras durante o período de avaliação na região de Inhaúma, MG. Os dados são baseados em registros históricos de estações meteorológicas locais na safra 2020/2021 (A) e Dinâmica populacional de insetos-praga e predadores na cultura do sorgo na área tratada com inseticida (B) e sem inseticida (C) em Inhaúma, MG, durante as safras agrícolas de 2020/2021. Os dados representam a interação entre as populações de insetos-praga e seus predadores ao longo do período de cultivo, evidenciando os efeitos do uso de inseticidas nas condições locais.

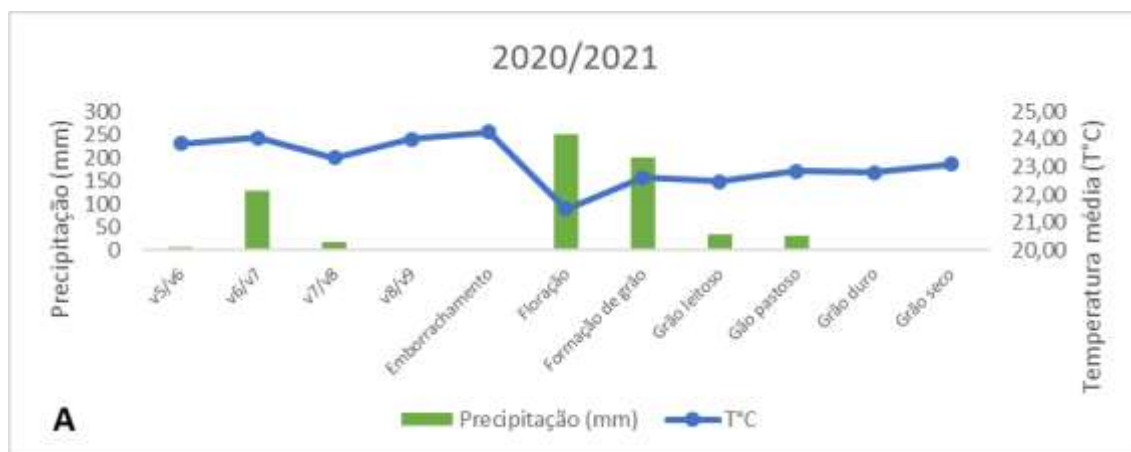


Figura 2. Médias semanais de temperatura (°C) e precipitação (mm) ao longo das duas safras durante o período de avaliação na região de Inhaúma, MG. Os dados são baseados em registros históricos de estações meteorológicas locais na safra 2021/2022 (A) e Dinâmica populacional de insetos-praga e predadores na cultura do sorgo na área tratada com inseticida (B) e sem inseticida (C) em Inhaúma, MG, durante as safras agrícolas de 2021/2022. Os dados representam a interação entre as populações de insetos-praga e seus predadores ao longo do período de cultivo, evidenciando os efeitos do uso de inseticidas nas condições locais.

Tabela 3. Produtos químicos utilizados para o controle de insetos-praga em lavouras de sorgo em Inhaúma, MG, incluindo ingredientes ativos, modo de ação, dose e formulação.

Produto	I.A	Dose/há	Modo de Ação	Formulação	Estádio da planta na aplicação
ENGEO PLENO™ S®	Tiametoxam; Lambda-Cialotrina	0,3 l	Contato, Ingestão, sistêmico	Suspensão Concentrada (SC)	Formação de Grãos
PIRATE®	Clorfenapir	1,09 l	Contato, ingestão	Suspensão Concentrada (SC)	V5/V6
NUPRID 700 WG®	Imidacloprido	0,4 kg	Sistêmico, Contato, ingestão	Granulado Dispersível (WG)	V6/V7 V8/V9

Tabela 4. Abundância total, frequência relativa (FR%), riqueza e índices de Equitabilidade (J), diversidade de Shannon (H') e dominância (D) das espécies presentes em cultivo de sorgo forrageiro em Inhaúma, MG, Brasil.

ÁREA TAXA	2020/2021				2021/2022				TOTAL
	Com inseticida		Sem inseticida		Com inseticida		Sem inseticida		
	Total	FR%	Total	FR%	Total	FR%	Total	FR%	
Melanaphis sorghi	14.599	75,74	155.919	97,41	877	40,51	642	40,48	172.037
Rhopalosiphum maidis	4.438	23,03	3.594	2,25	1.086	50,16	648	40,86	9.766
Spodoptera frugiperda	92	0,48	131	0,08	183	8,45	280	17,65	686
Coccinelidae	8	0,04	267	0,17	5	0,23	0	0,00	280
Dermaptera	56	0,29	76	0,05	12	0,55	16	1,01	160
Syrphidae	81	0,42	71	0,04	2	0,09	0	0,00	154
ABUNDANCIA	19.274	100	160.058	100	2.165	100	1.586	100	183.083
EQUITABILIDADE (J)	0,34		0,08		0,54		0,78		–
RIQUEZA	6		6		6		4		–
DIVERSIDADE (H')	0,89		0,19		1,40		1,56		4,05
DOMINANCIA (D)	0.63		0.95		0.42		0.36		–

Tabela 5. Comparação, através do teste t P= 0,05), dos valores de diversidade (H'), nas duas áreas amostradas (com e sem inseticida) nas safras agrícolas 2020/2021 e 2021/2022, em Inhaúma, MG.

Ano/ com e sem inseticida	t _{calculado}
Comparação entre H' 2020 Com H' 2020 Sem	0,0082*
Comparação entre H' 2021 Com H' 2021 Sem	0,0266*
Comparação entre H' 2020 Com H' 2021 Com	0,0216*
Comparação entre H' 2020 Com H' 2021 Com	0,0174*

Resultados marcados com * indicam significância estatística a um nível de 5%

Tabela 6. Coeficientes de correlação simples de Pearson entre *Melanaphis sorghi*, *Rhopalosiphum maidis*, *Spodoptera frugiperda*, predadores, precipitação (mm) e temperatura (°C) na área com aplicação de inseticida em Inhaúma, MG, durante as safras agrícolas de 2020/2021 e 2021/2022. Os valores dos coeficientes de correlação oferecem insights sobre as relações entre as populações de insetos-praga, predadores e as variáveis climáticas estudadas.

COM INSETICIDA								
<i>Espécie/Família</i>	<i>Melanaphis sorghi</i>	<i>Rhopalosiphum maidis</i>	<i>Spodoptera frugiperda</i>	<i>Coccinellidae</i>	<i>Dermaptera</i>	<i>Syrphidae</i>	<i>Preci. (mm)</i>	<i>T°C</i>
<i>Melanaphis sorghi</i>	1							
<i>Rhopalosiphum maidis</i>	0,201	1						
<i>Spodoptera frugiperda</i>	0,318	0,515	1					
<i>Coccinellidae</i>	0,285	0,140	-0,261	1				
<i>Dermaptera</i>	0,228	-0,171	-0,308	0,529	1			
<i>Syrphidae</i>	0,993	0,165	0,286	0,293	0,301	1		
<i>Prec. (mm)</i>	0,001	0,160	0,165	0,628	0,595	0,035	1	
<i>T°C</i>	0,332	0,434	0,525	0,347	0,394	0,326	0,691	1

Tabela 7. Coeficientes de correlação simples de Pearson entre *Melanaphis sorghi*, *Rhopalosiphum maidis*, *Spodoptera frugiperda*, predadores, precipitação (mm) e temperatura (°C) na área sem aplicação de inseticida em Inhaúma, MG, durante as safras agrícolas de 2020/2021 e 2021/2022. Os valores dos coeficientes de correlação oferecem insights sobre as relações entre as populações de insetos-praga, predadores e as variáveis climáticas estudadas.

SEM INSETICIDA								
<i>Espécie/Família</i>	<i>Melanaphis sorghi</i>	<i>Rhopalosiphum maidis</i>	<i>Spodoptera frugiperda</i>	<i>Coccinellidae</i>	<i>Dermaptera</i>	<i>Syrphidae</i>	<i>Preci. (mm)</i>	<i>T°C</i>
<i>Melanaphis sorghi</i>	1							
<i>Rhopalosiphum maidis</i>	0,261	1						
<i>Spodoptera frugiperda</i>	-0,141	0,340	1					
<i>Coccinellidae</i>	0,049	0,309	0,333	1				
<i>Dermaptera</i>	0,635	-0,145	-0,397	-0,080	1			
<i>Syrphidae</i>	0,892	0,165	-0,086	0,150	0,372	1		
<i>Prec. (mm)</i>	0,670	0,333	0,123	-0,085	0,482	0,400	1	
<i>T°C</i>	0,371	0,563	0,517	0,412	0,115	0,214	0,691	1

Tabela 8. Análise de Componentes Principais (PCA). Percentual de variância acumulada explicada e

	Componente 1	Componente 2	Componente 3
% Variância	81,2	16,1	27,3
% Variância acumulada	81,2	97,3	124,6
	Correlação	Correlação	Correlação
<i>Melanaphis sorghi</i>	0,295	0,578	-0,140
<i>Rhopalosiphum maidis</i>	0,370	-0,293	0,019
<i>Spodoptera frugiperda</i>	-0,329	0,341	0,822
Coccinellidae	0,277	0,618	-0,192
Dermaptera	0,388	0,115	0,186
Syrphidae	0,381	-0,206	0,156
Prec. (mm)	0,387	-0,123	0,166
T °C	0,382	-0,104	0,425

coeficientes de correlação das espécies e variáveis ambientais com os componentes.

Os valores estatisticamente significativos estão em negrito.

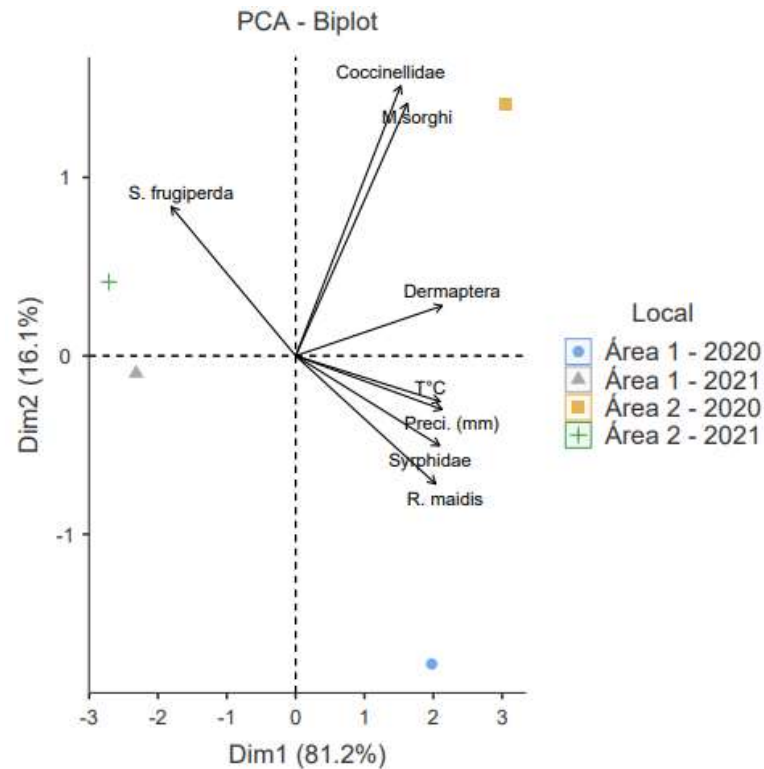


Figura 3. Diagrama de Análise de Componentes Principais (PCA) com espécies/famílias de insetos pragas e predadores de sorgo e variáveis ambientais das safras agrícolas de 2020/2021 e 2021/2022 nas áreas com e sem aplicação de inseticida na Fazenda *True Type* em Inhaúma, MG.1

Área 1 - Local com aplicação de inseticida.

Área 2 - Local sem aplicação de inseticida.

5. ARTIGO III

Avellar, G. S., Mendes, S. M., Marriel, I. E., Menezes, C. B., Parrella, R. D. C., & Santos, D. G. (2022). Resistance of sorghum hybrids to sorghum aphid. *Brazilian Journal of Biology*, 82, e264139. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.264139>

Resistance of sorghum hybrids to sorghum aphid Resistência de híbridos de sorgo ao pulgão do sorgo

G. S. Avellar^a, S. M. Mendes ^{b *}; I. E. Marriel^b, C. B. Menezes^b, R. A. C. Parrella^b and D. G. Santos^c

^a Universidade Federal de São João del-Rei – UFSJ, Departamento de Engenharia de Biosistemas, São João del-Rei, MG, Brasil

^b Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, Sete Lagoas, MG, Brasil

^c Universidade Federal de São João del-Rei – UFSJ, Departamento de Ciências Agrárias, Sete Lagoas, MG, Brasil

Abstract: The aphid *Melanaphis sorghi* (Theobald) (Hemiptera: Aphididae), which infest the sorghum crop, has been an economically important pest which have been causing severe damage to sorghum crops in Brazil since 2019. These species have been observed mainly at the end of vegetative stage and beginning of reproductive stage of plants. Their high reproductive rate on sorghum raises concerns about these pests. Therefore, the present study aimed to estimate the life expectancy and fertility tables of *Melanaphis sorghi* fed on 15 hybrids of grain sorghum, in order to know the resistance characteristics of these materials and understand how plant resistance can help manage this insect. This study was carried out in a laboratory at 26±2 °C and 60±10% R.H (relative humidity). Fifty insects were kept in each hybrid, which corresponded to the repetitions. According to biological parameters and fertility life table, hybrids BRS373, DKB590 and 50A10 were less suitable for the sugarcane aphid multiplication. Thus, these hybrids could be useful to manage this pest, since the population growth speed is one of the worst problems for the implementation of cropping systems. Genotypes AG1090, MSK327 and XGN1305 favored the development of this pest and, when chosen within a cropping system, other management strategies should be considered.

Keywords: aphid sorghum, biology insect, hybrids, *Melanaphis sorghi*, sorghum.

5.1. INTRODUCTION

The aphid *Melanaphis sorghi* (Theobald) (Hemiptera: Aphididae), which infest the sorghum crop, has been an economically important pest. This insect became the main crop pest in North America including the US, Mexico, and Puerto Rico, in 2013 due to a new haplotype identified (Nibouche et al., 2018; Paydual et al., 2019), which according to Nibouche et al. (2021) is another species, *Melanaphis sorghi* aphid. Prior to the 2013 aphid invasion of the US, *Melanaphis spp.* the diversity of the species around the world was examined, and aphids were collected on sugarcane and sorghum, the latter classified as multilocus lineage (MLL) —D (Nibouche, 2014). Harris-Shultz et al. (2017) collected *Melanaphis* on sorghum at 17 sites and in seven states in the US and found it to be a “superclone”.

Samples collected in North America and the Caribbean showed that it was a new pest not yet identified worldwide, which was classified as a “superclone” (MLL-F) (Nibouche, 2018). In the US since 2013, the “superclone” (MLL-F) (Harris- Shultz, 2021; Nibouche, 2018). Recently, the MLL-C and D aphids were classified as *M. sacchari*, the MLL-A and F aphids were reclassified as *M. sorghi*, (Nibouche, 2021). Although the Entomological Society of America did not adopt this change, the common names were also changed, and aphids classified as *M. sacchari* have a common name as sorghum aphids and aphids classified as *M. sorghi* are now called sorghum aphids.

In Brazil, similarly to what happened in North America, the damage caused by this pest on sorghum crops 2019 at the states Minas Gerais, São Paulo and Goiás (Mendes et al., 2019; Fernandes et al., 2021) were assigned to *M. sacchari*. However, Nibouche et al (2021) identified the occurrence of *M. sorghi* in sorghum crops in Brazil. The fact is that this pest has been occurring in several regions where sorghum

is cultivated in the country. It causes great damage to crops by infesting at the end of vegetative stage and beginning of the reproductive stage. In periods in which grain sorghum increases in importance in the country, when estimates for harvest increase (+4.0% considering the previous harvest) (Conab 2021), concern with the pest becomes even more expressive.

The high reproductive rate of this aphid makes it the main pest of sorghum; because it leads to a reduction in productivity caused by the excess of secreted honeydew, which reduces photosynthetic activity, especially by the accumulation of sooty mold on the leaves (Bowling et al. 2016). In addition, the aphid is also a vector of viruses such as: millet red leaf virus (Blackman and Eastop, 1984; Paray et al., 2011), sugarcane yellow leaf virus in sorghum and sugarcane (Schenck, 2000; Boukari et al., 2021) and sugarcane mosaic virus in sorghum (Setokuchi, 1993; Chung et al., 2021).

Genetic resistance is the main management strategy to control this pest in countries where it causes economic damage to sorghum crops (Armstrong et al 2015; Paudyal et al 2019). Furthermore, historically, plant resistance has been one of the most important methods for managing aphids in sorghum crops worldwide (Lahiri et al 2021). Resistant plants can be defined as those that, due to their genotypic constitution, suffer less attack or damage when exposed to the same insect population compared to other plants under the same conditions (Baldin et al., 2019).

In this sense, given the scarcity of records of the level of resistance of grain sorghum hybrids used in Brazil, this study aimed to evaluate the biological parameters of the aphid *M. sorghi* in 15 commercial grain sorghum hybrids in the laboratory to verify the resistance level of these hybrids.

5.2. MATERIALS AND METHODS

The bioassays were conducted in the Laboratory of Ecotoxicology and Management at Embrapa Milho e Sorgo, Sete Lagoas, MG, 19°28'30''S, 44°15'08''W and 732 m of altitude.

5.2.1. Aphids' colony

The colony of *M. sorghi* was initiated with adults collected in the experimental field of Embrapa Milho e Sorgo. Therefore, aphids were reared on sorghum leaves kept on agar (20g of agar to 1L of water) inside a Gerbox® box (1 x 11 x 3.5 cm), until the start of the test. The leaves were changed weekly, and adult females were placed in new boxes using a fine brush. The reproduction of these insects in tropical regions, such as Brazil, occurs asexually, that is, the females give rise to female offspring genetically identical to the mothers, without having been fertilized by a male individual. Aphids have a biological cycle consisting of two phases: The nymphal phase is generally composed of 4 stages of development (instars), undergoing four tegument changes before becoming adults (Souza, 2014; Mukherjee, 2020). One day before the beginning of the tests, adults were individualized in a single box to obtain one-day-old nymphs.

5.2.2. Determination of biological parameters of *Melanaphis sorghi*

The bioassay was done in laboratory at a room temperature of 26±2 °C and 60±10% r.h., where 15 commercial hybrids of grain sorghum (BRS373; DKB590; AG1090; MSK327; 50A10; 50A40; 50A70; 70G70; XGN1305; 80G20; MSK326; XB6022; AG1080; A9735R and A6304) were tested. Sorghum leaves of these genotypes were collected in field and cut (in leaf discs of 3.8 mm in diameter) according to the methodology used by Alcantra (2019) and Ulusoy (2018).

One-day-old nymphs were placed individually on the center of each leaf disc and placed in 50 mL containers containing agar. Females were evaluated for daily fertility during the pre-reproductive, reproductive and post-reproductive periods. For each hybrid, 50 insects were observed (replicates) until their death. To determine the pre-reproductive period, we observed the nymph (one day old) from the first day of the bioassay until it generated its first offspring. After the beginning of the reproductive period, the offspring generated during the insect's lifetime were quantified and removed. To assess offspring survival, each group of ten individuals was considered a replicate.

5.2.3. Fertility life table

Fertility life tables are methods used to assess development, fecundity and survival, parameters that are fundamental for understanding the dynamics of populations of an organism (Medeiros, 2017). Based on data on longevity, survival and number of nymphs born to each female of *M. sorghi*, the life and fertility table was created. The average number of nymphs born per female on day (m_x) on each day of the observation period (x) was calculated considering the total number of females alive on day (l_x) during the reproductive period. These values constituted the columns of the life tables. A fertility life table was calculated by estimating the mean generation time (T); the net reproductive rate (R_0), which represents the total number of offspring that an individual can produce during its lifetime; the intrinsic rate of increase (r_m), which corresponds to the number of nymphs/female/day; the finite rate of increase (λ), defined as the number of times that the population multiplies in a unit of time; and the population doubling time (i.e. time needed for the population to double in number of individuals) (DT), according to the methodology used by Lopes (2014) and Godoy (2002), where:

$$R_0 = \sum (m_x \cdot l_x)$$

$$T = (\sum m_x \cdot l_x \cdot x) / (\sum m_x \cdot l_x)$$

$$r_m = \log_e R_0 / T = \ln R_0 / T$$

$$\lambda = e^{r_m}$$

$$DT = \ln(2) / r_m$$

Where:

m_x = Number of offspring per female at stage x (specific fertility) that will produce females;

l_x = Proportion of live females (survival rate) from birth to age x;

$m_x \cdot l_x$ = Total nymphs per female during a time span.

5.2.4. Data Analysis

The biological variables of *M. sorghi* in the fifteen grain sorghum hybrids were used in the fertility life table. Using the values of age intervals (x), specific fertility (m_x) and survival probability (l_x) of fertility, the life tables were calculated the time interval between each generation (T), the reproductive rate network (R_0), the innate ability to increase in number (r_m), the finite rate of increase (λ), the time required for the population to double in number of individuals (TD) using Excel software.

The results were submitted to analysis of variance individually, and to assess survival, each group of ten individuals was considered a repetition. When significant

differences occurred, identified by the F test ($P < 0.05$), the mean comparison was performed using the Scott-knott ($P < 0.05$) with the aid of the SISVAR statistical program (Ferreira, 2003).

5.3. RESULTS

The exclusive feeding on different sorghum hybrids altered the pre-reproductive period of *M. sorghi* ($P < 0.001$; $F = 13.398$), creating five groups of hybrids regarding the duration of this period (Table 1, Figure 1). The shortest mean pre-reproductive period was 4.63 (± 0.11) days on hybrid 50A40. The longest was 5.94 (± 0.08) days on hybrid BRS 373; a difference of 1.31 days between these two hybrids. The pre-reproductive periods of the sorghum aphid were different among genotypes (Table 1). Hybrids BRS373; DKB590; MSK326; AG304; AG1080 and XB6022 delayed the insects' development; the aphids took 5.65 days on average to develop into adults.

There was also a significant difference ($P < 0.001$; $F = 3.661$) in the reproductive period of aphids when kept in different sorghum hybrids. However, for this variable it was possible to observe only the formation of two groups, the first resulted in a longer reproductive period of 14.40 ± 0.93 days (five hybrids) and the second in a shorter reproductive period of 10.10 ± 1.03 days (10 hybrids) (Table 1, Figure 1).

The hybrid significantly influenced the number of nymphs produced by females ($P < 0.001$; $F = 4.392$) (Table 1). Females maintained on genotypes 50A40 and BRS373 had the lowest mean number of nymphs during the reproductive period, 54.13 (± 0.10) and 57.03 (± 0.27) nymphs per female, respectively, showing that the genotypes interfere with the reproduction of these insects.

There was also a significant difference in mortality in the nymphal stage (Table 1). Hybrids 50A10 and DKB590 showed the highest mortality rates of 58% and 56%, respectively. The 50A40 hybrid presented a mortality of 38% and the others presented a mortality percentage equal to or less than 22% ($P < 0.001$; $F = 9.963$).

On the other hand, there was no significant difference for the number of nymphs produced per day on each hybrid ($P = 1.051$; $F = 0.4010$) (Table 1). On average, 5.81 nymphs were produced per day regardless of the hybrid on which the aphid developed. The mean pre-reproductive period of *M. sorghi* on the 15 hybrids was five days, whereas the reproductive period lasted from the 5th to the 15th day (Figure 1). The highest specific fertility (m_x) was observed on hybrids BRS 373, AG1090, XB6022 and AG1080 between the 7th and 12th day, when females reached their reproductive peak. Subsequently, a reduction in reproduction was noted due to the female's advancing age. Also, there was a decrease in the survival curve of *M. sorghi* related to the females' longevity (l_x) on all hybrids, which also gradually decreased (Figure 1).

The mean generation time (T), in other words, the time between the parents' and the descendants' birth, was greater on hybrids DKB590 (10.57 days), AG1090 (10.41 days), MSK327 (10.56 days), and 50A10 (10.62 days). The lowest mean generation times were 8.45, 8.88, 8.91 and 9.12 days on hybrids 70G70; XB6022; 80G20 and XGN1305, respectively (Table 2).

As table life parameters its use to give the information's about the insect in these hybrids, we found the reproductive rates (R_0), The intrinsic rate of increase (r_m) finite rate of increase (λ) and time to doubling the population (DT) and it's in the table 2, and complete the information about them.

5.4. DISCUSSION

The study of life table parameters is a complementary way of evaluating the resistance of sorghum hybrids in relation to the aphid *M. sorghi*, understanding which one has the greatest influence on the insect's biology. Plants can use different strategies to resist the attack of insect pests. This mechanism which can be expressed by the antibiosis, where the plant exerts adverse effect to the biology of the insect, which can be a metabolite that causes insect intoxication, or reducing the digestive capacity or perhaps a phytohormone secreted by the plant that interferes with the hormonal process of these insects. These can accelerate, delay or even preventing metamorphosis, in addition to causing negative effects on fecundity and fertility. The defense by the antixenosis mechanism, causes adverse effects on the behavior of the insect towards the plant, these can be biophysical or biochemical factors that aim to prevent the colonization of the pest in the plant. The resistance expressed by the tolerance mechanism is characterized by its recovery process to the attack of herbivores or by its tolerance to the attack, these can be expressed through the regeneration of damaged tissues, tillering, increase in the number of reproductive structures, among others, in a way not to jeopardize their productive potential. (Baldin, 2019).

Understanding the biological and behavioral aspects of insects are of fundamental importance to comprehend the insects' responses to trophic interactions. In addition, they can also help to characterize the susceptibility and/or resistance of cultivars of a particular crop and have a direct influence on integrate pest management (Baldin, 2019; Silva, 2020).

The use of resistant cultivars to *M. sorghi* is an important tool for the sustainable production of sorghum and has been the basis of pest management in

countries such as the USA and Mexico (Armstrong et al 2015; Paudyal et al 2019; Tetreault, et al 2019).

Considering the biological parameters of the sorghum aphid, the hybrids DKB590 and 50A10 were more resistant, due to the reduced reproductive capacity of this insect and the higher juvenile mortality when compared to the hybrids evaluated. In addition to inhibiting the aphid's development, these hybrids also were less susceptible to nymphs' multiplication.

The intrinsic rate of increase (r_m) is a good indicator of antibiosis in aphids, as low r_m values indicates that a plant has characteristics of resistance (Armstrong et al. 2015, Lama et al. 2019, Paudyal et al. 2019). Souza (2021), in characterization of sorghum strains, showed that aphids showed lower r_m values in the sorghum genotypes resistant to aphids PI 524770 ($r_m = 0.29$), PI 564163 ($r_m = 0.27$) and PI643515 ($r_m = 0.32$) compared to susceptible genotypes. (Souza, 2021). Armstrong (2017) evaluated the resistance of grain sorghum lines B11055 ($r_m = 0.21$) and R13219 ($r_m = 0.20$) and suggested a great resistance potential of these genotypes for breeding programs. In this study, the values of intrinsic rate of increase (r_m) in sorghum hybrids DKB590 ($r_m = 0.32$) and 50A10 ($r_m = 0.31$) were the lowest, indicating a possible resistance mechanism in these hybrids.

With the objective of evaluating the resistance of sugarcane cultivars to the sugarcane yellow leaf virus (SCYLV) and its aphid vector, *Melanaphis sacchari* Rodrigues (2015), carried out an experiment where it was possible to observe a significant reduction in the population of *M. sacchari* fed with cultivar R365. That may be to resistance mechanisms, since the insects were unable to insert their mouth parts to suck the phloem sap, which directly affected their diet, impairing their development when kept in this cultivar. Its hypothesized that some of the genotypes

used in this trial adopted strategies that conferred resistance traits to the insect, which are physical, chemical and or morphological, but the traits that conferred resistance were not evaluated in isolation.

In this sense, the longer the insects take to reproduce (pre-reproductive period) the better for the sorghum hybrid, as the aphid population will be stagnant. We found pre-reproductive period values ranging from 5.94 (± 0.08) in the hybrid BRS 373 to 4.63 (± 0.11) in the hybrid 50A10. In agreement, Souza (2020) reported pre-reproductive period values similar to those in the present study, when he fed *M. sacchari* on the cultivar Pioneer 85G8. The pre-reproductive duration in this hybrid was 4.8 (± 0.1), 4.8 (± 0.1) and 5.9 (± 0.1), at 25 °C, 30 °C and 32 °C, respectively. This indicates that our data are consistent with others reported with the same species. When the insect normally feeds on the plant, but this causes an adverse effect on insect biology, such as reproduction, they are influenced by the mechanism of resistance by antibiosis (Payán-arzapalo, 2021).

Therefore, the pre-reproductive period of aphids in general can be affected by plant resistance, being an indicator of host plant susceptibility (Lopes, 2014). Thus, in general, the faster the nymph goes through the pre-reproductive phase, the more susceptible the hybrid can be considered in relation to the others, as it may possibly be cooperating with the insect's development.

Melanaphis sorghi has a faster pre-reproductive development period in sorghum than in sugarcane. In the present study, the period was 5.29 days, which corroborates the data found by Souza (2019) where they evaluated the performance of the aphid in different sorghum species where they found a 4-day pre-reproductive period of the aphid in the sorghum cultivar Pioneer 85G85. When evaluating the growth potential of this species in sugarcane cultivar RB867515 by Lopes et al

(2014), the duration of the pre-reproductive period was 9.3 (± 0.50). Therefore, our results are compatible with studies related to the performance of *M. sorghi* in sorghum. The results found show that the species has a very fast development, which is harmful for the producer, because if it does not have an efficient management program, the crop will be quickly taken over by aphids.

According to the estimates of biological parameters and the life table and fertility, the hybrids BRS373, DKB590 and 50A10 affected the multiplication of this aphid. Therefore, they can be used in pest management programs, since the speed of population growth can be seen as one of the biggest problems for the implementation of cropping systems. On the other hand, the genotypes AG1090, MSK327 and XGN1305 favored the development of this pest and, when chosen within the production system, other management strategies must be considered. Our results need to be validated in the field to confirm the hypotheses raised here. However, studies are just beginning with this pest species in Brazil. Thus, our results will be useful both for choosing hybrids and to associate this pest biology with strategies to manage it.

5.5. CONCLUSIONS

Melanaphis sorghi is able to complete its life cycle in different grain sorghum hybrids used in the present study. However, the hybrids BRS373, DKB590 and 50A10 modify and reduce the development of this pest, being more resistant to the aphid, which can help the producer in pest management. On the other hand, the

development of that aphid is support in the hybrids AG1090, MSK327 and XGN1305, thus being more susceptible to the aphid.

5.6. REFERENCES

Alcantra, E., Moraes, J. C., Auad, A. M., Silva, A. A., & Alvarenga, R. (2019). Resistência induzida ao pulgão-do-algodoeiro em cultivares de algodão colorido. **Revista de Ciências Agrárias**, 42(2), 483-491.

- Armstrong, J. S., Mbulwe, L., Sekula-Ortiz, D., Villanueva, R. T., & Rooney, W. L. (2017). Resistance to *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) in forage and grain sorghums. **Journal of economic entomology**, *110*(1), 259-265.
- Armstrong, J. S., Mbulwe, L., Sekula-Ortiz, D., Villanueva, R. T., & Rooney, W. L. (2017). Resistance to *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) in forage and grain sorghums. **Journal of economic entomology**, *110*(1), 259-265.
- Armstrong, J. S, Rooney, W. L., Peterson, G. C., Villenueva, R. T., Brewer, M. J., & Sekula-Ortiz, D. (2015). Sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae): host range and sorghum resistance including cross-resistance from greenbug sources. **Journal of Economic Entomology**, *108*(2), 576-582.
- Baldin, E. L. L., Vendramim, J. D., & Lourenção, A. L. (2019). Resistência de plantas a insetos: fundamentos e aplicações. P. 25-64.
- Blackman, R. L., & Eastop, V. F. (2000). **Aphids on the world's crops: an identification and information guide** (No. Ed. 2). John Wiley & Sons Ltd.
- Boukari, W., Mollov, D., Wei, C., Tang, L., Grinstead, S., Tahir, M. N., ... & Rott, P. (2021). Screening for sugarcane yellow leaf virus in sorghum in Florida revealed its occurrence in mixed infections with sugarcane mosaic virus and a new marafivirus. **Crop Protection**, *139*, 105373.
- Bowling, R. D., Brewer, M. J., Kerns, D. L., Gordy, J., Seiter, N., Elliott, N. E., ... & Maxson, E. (2016). Sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae): a new

- pest on sorghum in North America. **Journal of Integrated Pest Management**, 7(1).
- Carey, J. R. (2001). Insect biodemography. **Annual review of entomology**, 46(1), 79-110.
- Carneiro, W. M. A. (2020). Prognóstico da Safra de Grãos.
- Chung, S. H., Bigham, M., Lappe, R. R., Chan, B., Nagalakshmi, U., Whitham, S. A., ... & Jander, G. (2021). Rapid screening of pest resistance genes in maize using a sugarcane mosaic virus vector. **bioRxiv**.
- CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento da safra brasileira: grãos. Safra 2019/20, v. 7, n. 9, 2020. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos/item/download/32083_394e261c476ea1d66359bed03d095ecb. Acesso em: 18 mai. 2021.
- Fernandes, F., Souza, C., de Avellar, G. S., Nascimento, P., Damasceno, N., dos Santos, N. M., ... & Mendes, S. M (2021). Manejo do pulgão da cana-de-açúcar (*Melanaphis sacchari/sorghii*) na cultura do sorgo.
- Ferreira, D. F. (2011). Sisvar: um sistema computacional de análise estatística. **Ciência e agrotecnologia**, 35(6), 1039-1042.
- Godoy, K. B., & Cividanes, F. J. (2002). Tabelas de esperança de vida e fertilidade para *Lipaphis erysimi* (Kalt.) (Hemiptera: Aphididae) em condições de laboratório e campo. **Neotropical Entomology**, 31, 41-48.
- Harris-Shultz, K., & Ni, X. (2021). A sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae)“super-clone” remains on US sorghum and Johnsongrass and

feeds on giant miscanthus. **Journal of Entomological Science**, 56(1), 43-52.

Harris-Shultz, K., Ni, X., Wadl, P. A., Wang, X., Wang, H., Huang, F., ... & Yang, X. (2017). Microsatellite markers reveal a predominant sugarcane aphid (Homoptera: Aphididae) clone is found on sorghum in seven states and one territory of the USA. **Crop Science**, 57(4), 2064-2072.

Lahiri, S., Ni, X., Buntin, G. D., Punhuri, S., Jacobson, A., Reay-Jones, F. P., & Toews, M. D. (2021). Combining host plant resistance and foliar insecticide application to manage *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) in grain sorghum. **International Journal of Pest Management**, 67(1), 10-19.

LOPES DA SILVA, M., Rocha, D. A., & da Silva, K. T. B. (2014). Potential population growth of *Melanaphis sacchari* (Zethner) reared on sugarcane and sweet sorghum.

Medeiros, M. O., Alves, S. M., de Souza, E. A., Kimura, M. T., & Frohlich, W. F. (2017). TABELA DE VIDA DE FERTILIDADE PARA *Scaptocoris carvalhoi* BECKER, 1967 (HEMIPTERA: CYDNIDAE) EM *Urochloa decumbens* (POACEAE). **Biodiversidade**, 16(3).

Mukherjee, A., Debnath, P., Ghosh, S. K., & Medda, P. K. (2020). Biological control of papaya aphid (*Aphis gossypii* Glover) using entomopathogenic fungi. *Vegetos*, 33(1), 1-10.

Nibouche, S., Costet, L., Holt, J. R., Jacobson, A., Pekarcik, A., Sadeyen, J., ... & Medina, R. F. (2018). Invasion of sorghum in the Americas by a new

- sugarcane aphid (*Melanaphis sacchari*) superclone. **PLoS One**, 13(4), e0196124.
- Nibouche, S., Fartek, B., Mississippi, S., Delatte, H., Reynaud, B., & Costet, L. (2014). Low genetic diversity in *Melanaphis sacchari* aphid populations at the worldwide scale. **PLoS One**, 9(8), e106067.
- Nibouche, S., Costet, L., Holt, J. R., Jacobson, A., Pekarcik, A., Sadeyen, J., ... & Medina, R. F. (2018). Invasion of sorghum in the Americas by a new sugarcane aphid (*Melanaphis sacchari*) superclone. **PLoS One**, 13(4), e0196124.
- Nibouche, S., Costet, L., Medina, R. F., Holt, J. R., Sadeyen, J., Zoogones, A. S., ... & Blackman, R. L. (2021). Morphometric and molecular discrimination of the sugarcane aphid, *Melanaphis sacchari*, (Zehntner, 1897) and the sorghum aphid *Melanaphis sorghi* (Theobald, 1904). **PloS one**, 16(3), e0241881.
- Paray, N.B., Khoodoo, M. H. R., Saumtally, A. S., & Ganeshan, S. (2011). Vector-virus relationship for *Melanaphis sacchari* (Zehnt.) (Hemiptera: Aphididae) transmitting sugarcane yellow leaf luteovirus in Mauritius. **Sugar Tech**, 13(1), 77-80.
- Paudyal, S., Armstrong, J. S., Giles, K. L., Payton, M. E., Opit, G. P., & Limaje, A. (2019). Categories of resistance to sugarcane aphid (Hemiptera: Aphididae) among sorghum genotypes. **Journal of economic entomology**, 112(4), 1932-1940.

- Payán-Arzapalo, M. A., Catzim, C. E. A., Juárez, M. G. Y., Luque, R. G., Liera, J. E. G., Angulo, T. P. G., ... & Guerrero, I. C. (2021). Antibiosis y Contenido de Polifenoles en Cultivares Comerciales de Sorgo1 Sobre *Melanaphis sacchari* (Zehntner) 2. **Southwestern Entomologist**, 45(4), 925-936.
- RODRIGUES, Mariana Pelegrini. (2015). Avaliação de resistência de cultivares de cana-de-açúcar ao Sugarcane yellow leaf virus (SCYLV) e ao seu afídeo vetor *Melanaphis sacchari*. 2015. iv, 71 p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/131909>>.
- Schenck, S., & Lehrer, A. T. (2000). Factors affecting the transmission and spread of sugarcane yellow leaf virus. **Plant Disease**, 84(10), 1085-1088.
- Setokuchi, O., & Muta, T. (1993). Ecology of aphids on sugarcane III. Relationship between alighting of aphid vectors of sugarcane mosaic virus and infecting in fields. **Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology**, 37(1), 11-16.
- Silva, I. T. F. A. D. (2020). Aspectos biológicos e comportamentais e a interação química de *Bracon vulgaris* Ashmead (Hymenoptera: Braconidae) e *Anthonomus grandis* (Boh)(Coleoptera: Curculionidae) na cultura do algodoeiro.

- Souza, M. F., & Davis, J. A. (2019). Determining potential hosts of *Melanaphis sacchari* (Hemiptera: Aphididae) in the Louisiana agroecoscape. **Environmental entomology**, 48(4), 929-934.
- Ulusoy, S., Atakan, E., & Dinçer, S. (2018). Neonicotinoid resistance of *Aphis gossypii* Glover, 1877 (Hemiptera: Aphididae) in cotton fields of Çukurova region, Turkey. **Turkish journal of entomology**, 42(1), 23-31.
- Zehntner, L. (1897). Overzicht van de Ziekten van het Suikerriet op Java 2^e e deel. **Archief voor de Java-suikerindustrie**, 5, 525-575.

Table 1. Biological variables (mean $\pm$ SE) of *Melanaphis sorghi* fed on 15 sorghum hybrids.

Hybrid	Pre-reproductive period (days)	Reproductive period (days)	Nymphs/ female	Mortality (%)	Nymphs/day Ns*
BRS373	5.94±0.08 a	10.75±1.73 b	57.03±0.27 c	22.00±3.74 c	5.69±2.42
DKB590	5.70±0.19 b	12.25±1.37 b	75.00±0.20 a	56.00±5.10 a	6.14±4.94
AG1090	5.05±0.05d	13.85±1.71 a	81.92±0.33 a	18.00±3.74 c	6.12±3.84
MSK327	5.13±0.05d	14.40±0.93 a	76.44±0.28 a	6.00±4.00 c	5.71±4.81
50A10	5.05±0.08d	13.10±0.79 a	68.25±0.19 b	58.00±8.60 a	5.57±6.32
50A40	4.63±0.11d	10.10±1.03 b	54.13±0.1 c	38.00±12.41 b	5.59±5.20
50A70	5.14±0.12e	12.79±1.43 b	63.81±0.32 b	12.00±2.00 c	5.22±1.41
70G70	5.12±0.05d	11.53±1.65 b	68.81±0.28 b	14.00±4.00 c	6.10±4.46
XGN1305	5.45±0.00 c	13.38±1.84 a	75.43±0.31 a	16.00±5.10 c	5.73±4.58
80G20	5.14±0.05d	12.40±1.50 b	68.67±0.34 b	14.00±5.10 c	5.80±4.41
MSK326	5.70±0.11 b	11.93±1.60 b	67.38±0.24 b	18.00±3.74 c	5.65±2.56
XB6022	5.36±0.09 c	11.96±2.02 b	71.57±0.31 a	4.00±4.00 c	6.09±3.18
AG1080	5.45±0.07 c	12.16±1.62 b	72.32±0.27 a	8.00±3.74 c	5.98±4.58
A9735R	5.34±0.08 c	15.40±1.50 a	80.77±0.33 a	4.00±2.45 c	5.43±4.90
A6304	5.63±0.14 b	11.92±1.24 b	66.58±0.24 b	20.00±6.32 c	6.31±5.05

Means followed by the same letter in the columns do not differ from each other by the Scott-Knott test (P>0.05).

*NS = not significant

Table 2. Life table parameters of *Melanaphis sorghi* on 15 grain sorghum hybrids.

Hybrid	T (days)	R ₀ (female)	r _m (female/day)	Λ (female/female/day)	DT (days)
BRS373	9.43	42.86	0.40	1.49	1.74
DKB590	10.57	29.6	0.32	1.38	2.16
AG1090	10.41	63.00	0.40	1.49	1.74
MSK327	10.56	69.54	0.40	1.49	1.73
50A10	10.62	27.54	0.31	1.37	2.22
50A40	9.71	33.98	0.36	1.44	1.91
50A70	10.09	52.09	0.39	1.48	1.77
70G70	8.45	59.56	0.48	1.62	1.43
XGN1305	9.12	69.57	0.47	1.59	1.49
80G20	8.91	58.38	0.46	1.58	1.52
MSK326	9.42	53.46	0.42	1.53	1.64
XB6022	8.88	76.01	0.49	1.63	1.42
AG1080	9.30	64.42	0.45	1.56	1.55
A9735R	9.89	76.50	0.44	1.55	1.58
A6304	9.30	51.80	0.42	1.53	1.63

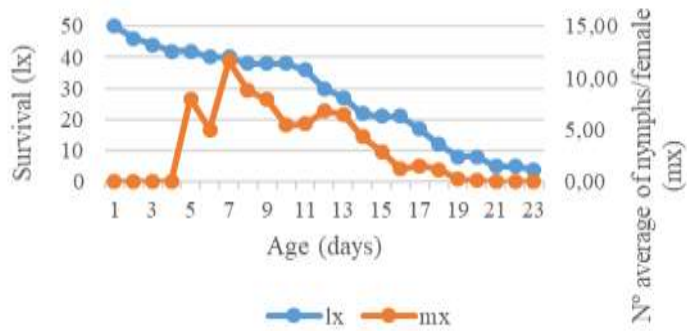
T = mean generation time; R₀ = net reproductive rate; λ = finite rate of increase; r_m = intrinsic rate of increase; DT = population doubling time.

Table 3. Summary of analysis of variance biological variables (mean ± SE) of *Melanaphis sorghi* fed on 15 sorghum hybrids.

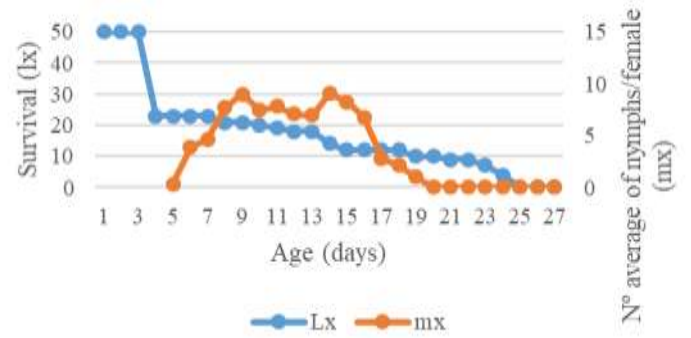
FV	GL	Pre-reproductive period (days)	Reproductive period (days)	Nymphs/female	Mortality (%)	Nymphs/day Ns*
Híbridos	14	3,97**	73,96**	2216,45**	1455,62**	3,58 ^{NS}
Resíduo	561	0,29	20,27	519,82	146,09	3,35
Média		10,32	35,71	32,42	33,81	31,57
Cv(%)		5,30	12,61	70,32	4,11	5,80

ns, * and **: not significant, significant at 5% and 1%, respectively, by the F test.

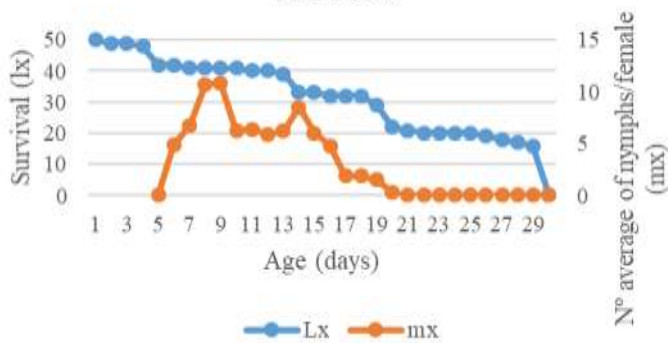
BRS373



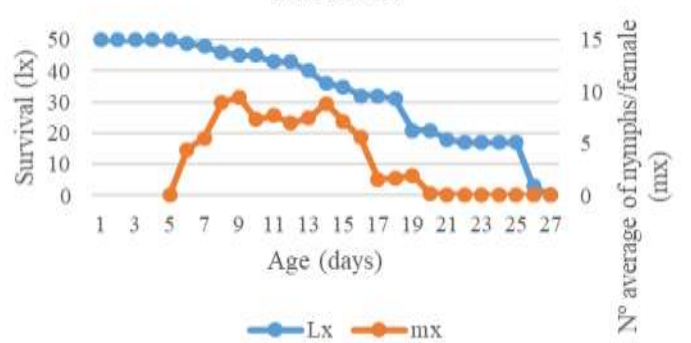
DKB590



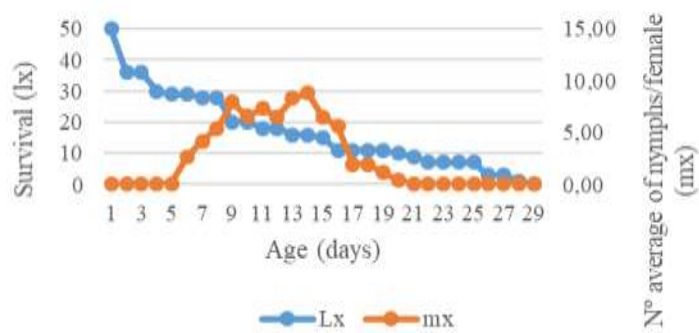
AG1090



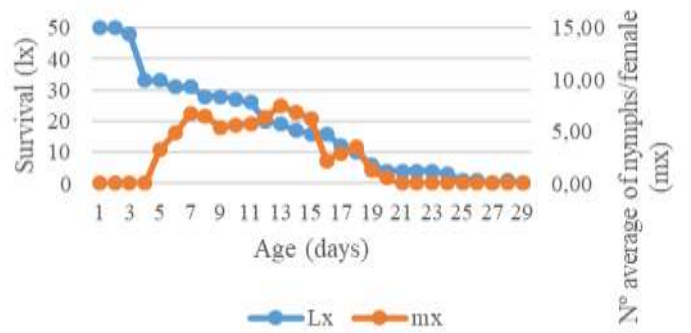
MSK327



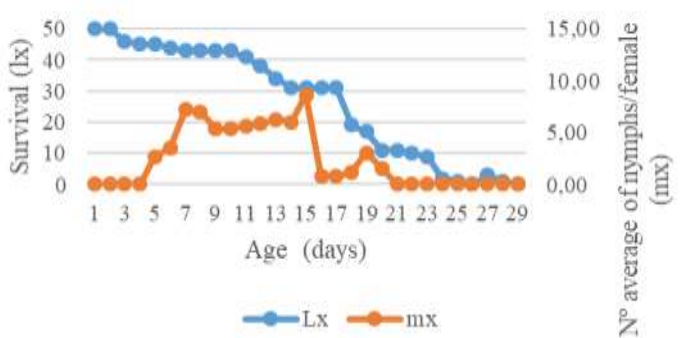
50A10



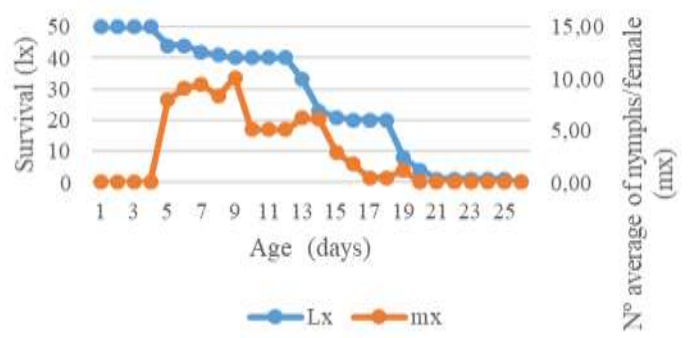
50A40



50A70



70G70



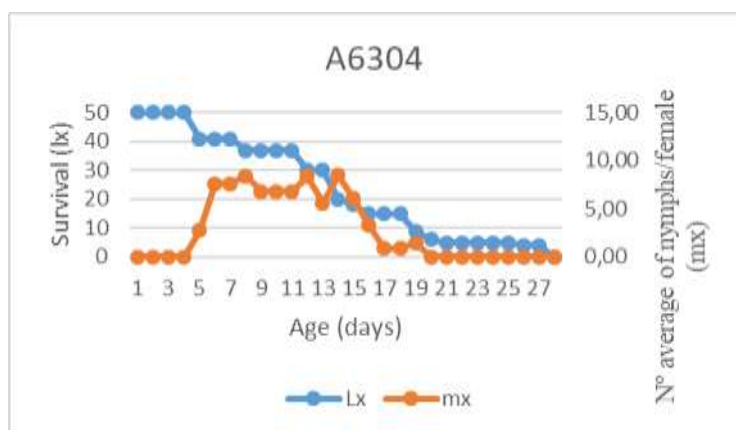
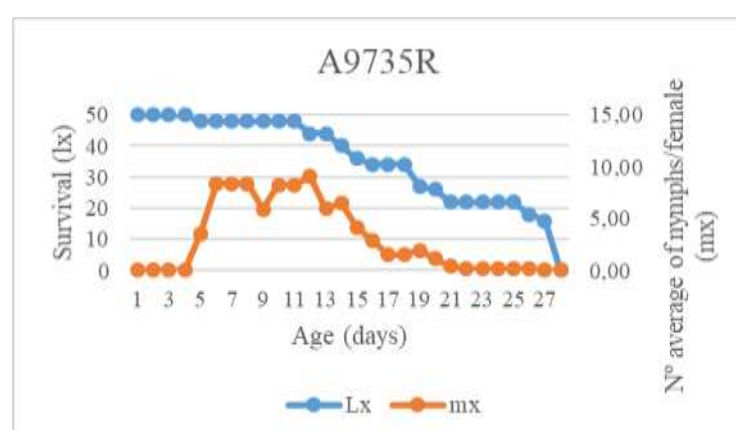
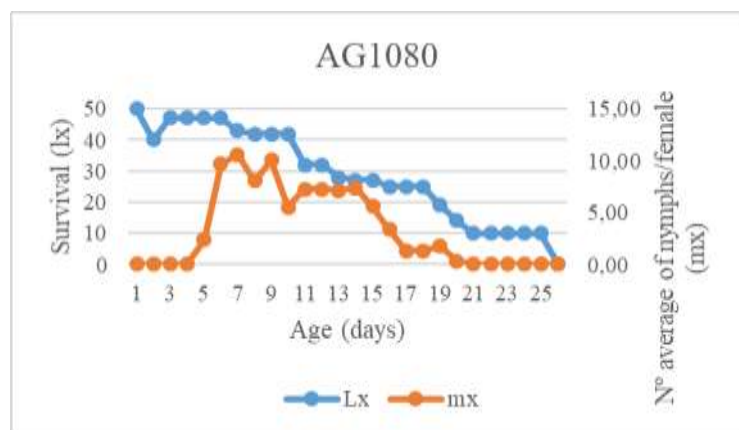
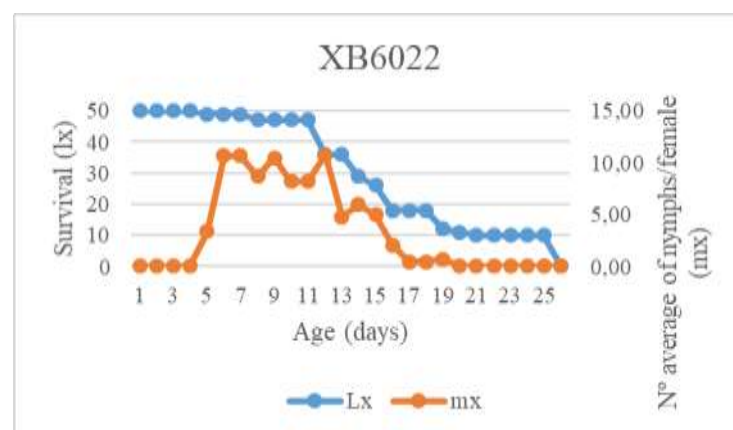
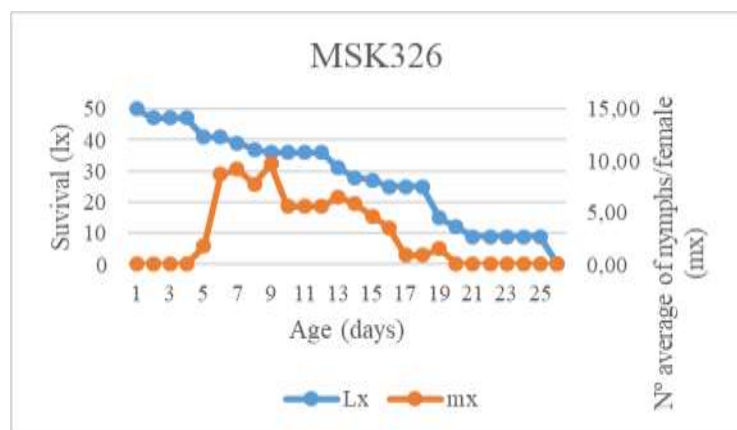
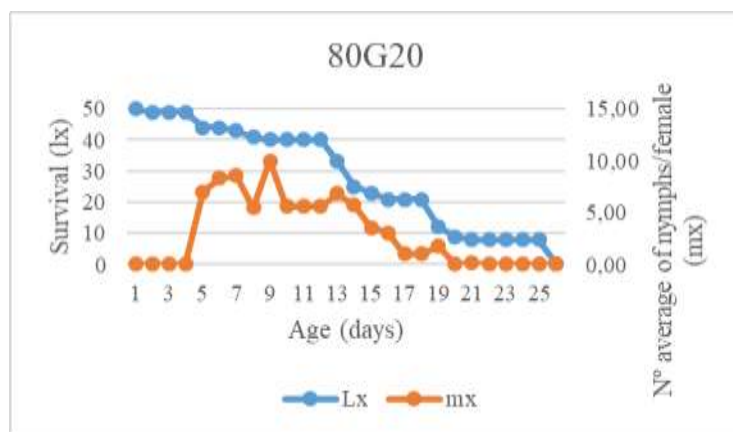
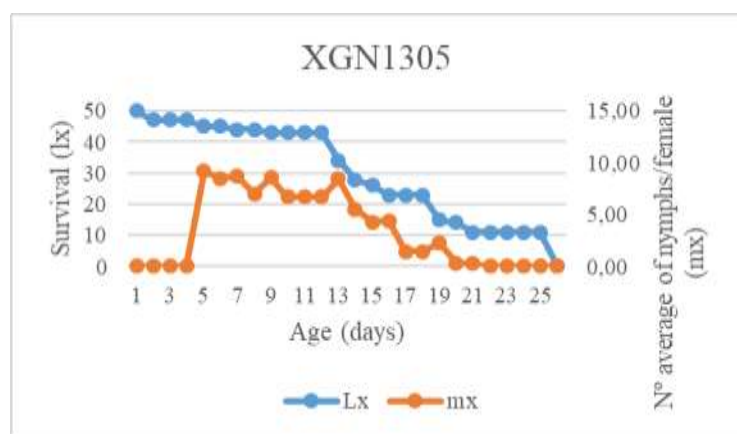


Figure 1. Survival rate (l_x) and mean number of nymphs/female (m_x) of the *Melanaphis sorghi* on 15 hybrids of grain sorghum.