

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO OESTE DO PARANÁ
CAMPUS DE MARECHAL CÂNDIDO RONDON**

MARIA FERNANDA OLIVEIRA DOS REIS WICKERT

**COMPORTAMENTO DE GENÓTIPOS DE MILHO AS DOENÇAS TRANSMITIDAS
PELO INSETO VETOR *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera:
Cicadellidae)**

**MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PARANÁ
AGOSTO – 2025**

MARIA FERNANDA OLIVEIRA DOS REIS WICKERT

**COMPORTAMENTO DE GENÓTIPOS DE MILHO AS DOENÇAS TRANSMITIDAS
PELO INSETO VETOR *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera:
Cicadellidae)**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – PPGA, com linha de pesquisa direcionada à Manejo de Cultura, para obtenção do título de Magister Scientiae.

Orientador: Dr. Claudio Yuji Tsutsumi

Coorientadores: Dr. Celso Gonçalves de Aguiar

Dra. Ellen Toews Doll Hojo.

MARECHAL CÂNDIDO RONDON – PARANÁ

AGOSTO – 2025

Ficha de identificação da obra elaborada através do Formulário de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da Unioeste.

Oliveira dos Reis Wickert, Maria Fernanda
Comportamento de genótipos de milho as doenças transmitidas pelo inseto vetor *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae). / Maria Fernanda Oliveira dos Reis Wickert; orientador Claudio Yuji Tsutsumi; coorientador Celso e Ellen Gonçalves de Aguiar e Toews Doll Hojo. -- Marechal Cândido Rondon, 2025.
47 p.

Dissertação (Mestrado Acadêmico Campus de Marechal Cândido Rondon) -- Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2025.

1. Zea mays. 2. cigarrinha-do-milho. 3. enfezamento. 4. resistência genética. I. Yuji Tsutsumi, Claudio, orient. II. Gonçalves de Aguiar e Toews Doll Hojo, Celso e Ellen, coorient. III. Título.



unioeste

Universidade Estadual do Oeste do Paraná

Campus de Marechal Cândido Rondon - CNPJ 78680337/0003-46
Rua Pernambuco, 1777 - Centro - Cx. P. 91 - <http://www.unioeste.br>
Fone: (45) 3284-7878 - Fax: (45) 3284-7879 - CEP 85960-000
Marechal Cândido Rondon - PR.

PARANÁ



GOVERNO DO ESTADO

MARIA FERNANDA OLIVEIRA DOS REIS WICKERT

Comportamento de genótipos de milho às doenças transmitidas pelo inseto vetor
Dalbulus maidis

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia em
cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestra em Agronomia,
área de concentração Produção Vegetal, linha de pesquisa Manejo de Culturas,
APROVADA pela seguinte banca examinadora:



Documento assinado digitalmente

CLAUDIO YUJI TSUTSUMI

Data: 27/08/2025 09:11:49-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Orientador - Cláudio Yuji Tsutsumi

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)



Documento assinado digitalmente

ANA PAULA GONCALVES DA SILVA WENGRAT

Data: 27/08/2025 22:32:06-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Ana Paula Gonçalves da Silva Wengrat

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Marechal Cândido Rondon (UNIOESTE)



Documento assinado digitalmente

AUGUSTINHO BORSOI

Data: 28/08/2025 09:33:51-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Augustinho Borsoi

Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz (FAG)



Documento assinado digitalmente

HELTON APARECIDO ROSA

Data: 28/08/2025 18:52:33-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Helton Aparecido Rosa

Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz (FAG)

Marechal Cândido Rondon, 26 de agosto de 2025

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pela força, sabedoria e serenidade concedidas em cada etapa desta caminhada, mesmo nos momentos de incerteza e desafio.

À minha família, pelo amor incondicional, apoio e compreensão durante os anos dedicados a este trabalho.

Ao meu orientador, Dr. Claudio Yuji Tsutsumi, pela orientação, paciência, incentivo e confiança de todo o processo.

Aos meus coorientadores, Dr. Celso Goncalves de Aguiar e a Dr^a. Ellen Toewes Doll Hojo, que sempre estiveram presentes com palavras que motivaram meu crescimento acadêmico e pessoal.

Aos membros da banca, pelo tempo dedicado e pelas atribuições valiosas para o aprimoramento desta pesquisa.

Aos colegas e amigos do programa de pós-graduação, pelas conversas, trocas de experiência e apoio.

À instituição Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio e recurso que viabilizaram a execução deste trabalho.

Enfim, a todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização desta dissertação.

RESUMO

WICKERT, Maria F. O. R. Universidade Estadual do Oeste do Paraná, agosto de 2025.

Comportamento de genótipos de milho às doenças causadas pelo inseto vetor

Dalbulus maidis (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae). Orientador: Claudio

Yuji Tsutsumi. Coorientadores: Celso Gonçalves de Aguiar e Ellen Toews Doll Hojo.

O milho (*Zea mays* L.) é uma das principais culturas agrícolas do Brasil, com grande relevância econômica, social e estratégica para o agronegócio nacional. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento de doze genótipos de milho frente à infecção natural pelos agentes etiológicos do complexo de enfezamentos, sob condições de infestação contínua do vetor asseguradas pela técnica da “ponte verde”. Essa estratégia consistiu na implantação escalonada do híbrido suscetível NS 75 VIP3 nas bordaduras e corredores da área experimental, garantindo a manutenção de populações de *Dalbulus maidis* durante todo o ciclo da cultura. A pesquisa foi conduzida em campo, no município de Entre Rios do Oeste – PR, na Estação Experimental Professor Alcebiades Luiz Orlando (UNIOESTE), em delineamento em blocos casualizados (DBC), com doze tratamentos e três repetições, totalizando 36 parcelas. As condições climáticas durante a condução do experimento foram marcadas por elevação gradual das temperaturas médias e distribuição irregular das precipitações, fatores que favorecem a multiplicação do vetor e potencializam a expressão dos sintomas. A análise de variância revelou diferença significativa apenas para a variável altura de planta, indicando expressão da variabilidade genética entre os híbridos nesse caráter. Materiais como DEFENDER VIP3 e NS 71 VIP3 atingiram maiores alturas, enquanto SUPREMO VIP3 apresentou menor porte, associado à maior colonização do vetor. Apesar da ausência de significância estatística para a produtividade, grau de enfezamento e população do vetor, as medias observadas evidenciaram padrões consistentes. O híbrido AG 9035 PRO3 destacou-se pela maior produtividade e menor grau de enfezamento, configurando-se como material promissor em ambientes de alta pressão do vetor. P3310 VYHR também apresentou desempenho satisfatório, com elevada produtividade e baixo grau de enfezamento. O híbrido FS 575 PWU, embora não tenha apresentado a maior produtividade, se destacou pela menor infestação do vetor e grau de enfezamento reduzido, sugerido mecanismos de antixenose ou resistência parcial. O híbrido SUPREMO VIP3 apresentou o pior desempenho, reunindo o menor rendimento, maior grau de enfezamento e maior população do inseto vetor. Os resultados confirmaram que a resistência ao complexo de enfezamentos é parcial e quantitativa, dependente da interação entre genótipo, ambiente e dinâmica populacional do vetor. A identificação de híbridos como AG 9035 PRO3, P3310 VYHR, FS 575 PWU e DEFENDER VIP3, que apresentaram estabilidade produtiva associada a menor severidade de sintomas, representa um avanço para programas de melhoramento e para o manejo integrado da cultura em regiões de elevada pressão de *Dalbulus maidis*.

Palavras-chave: *Zea mays*, cigarrinha-do-milho, enfezamento, resistência genética, doenças de planta.

ABSTRACT

WICKERT, Maria F. O. R. State University of Western Paraná, March 2025. **Behavior of maize genotypes to diseases caused by the insect vector *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae).** Advisor: Dr. Claudio Yuji Tsutsumi.

Co-advisors: Dr. Celso Gonçalves de Aguiar and Dr^a. Ellen Toews Doll Hojo

Maize (*Zea mays* L.) is one of the most important agricultural crops in Brazil, with great economic, social, and strategic relevance for national agribusiness. The present study aimed to evaluate the performance of twelve maize genotypes under natural infection by the etiological agents of the stunt complex, under continuous vector infestation ensured by the “green bridge” technique. This strategy consisted of the staggered planting of the susceptible hybrid NS 75 VIP³ in the borders and corridors of the experimental area, ensuring the maintenance of *Dalbulus maidis* populations throughout the crop cycle. The field experiment was carried out in Entre Rios do Oeste, Paraná State, at the Experimental Station Professor Alcebiades Luiz Orlando (UNIOESTE), in a randomized complete block design (RCBD), with twelve treatments and three replications, totaling 36 plots. Climatic conditions during the trial were marked by a gradual increase in average temperatures and irregular rainfall distribution, factors that favored vector multiplication and symptom expression. Analysis of variance revealed significant differences only for plant height, indicating the expression of genetic variability among hybrids for this trait. Hybrids such as DEFENDER VIP³ and NS 71 VIP³ achieved greater heights, whereas SUPREMO VIP³ exhibited shorter plants, associated with higher vector colonization. Although no significant statistical differences were observed for grain yield, degree of stunting, or vector population, mean values revealed consistent patterns. The hybrid AG 9035 PRO³ stood out with the highest yield and the lowest degree of stunting, representing a promising material for environments with high vector pressure. P3310 VYHR also performed satisfactorily, combining high productivity with a low degree of stunting. FS 575 PWU, although not the most productive, showed the lowest vector infestation and reduced stunting, suggesting antixenosis or partial resistance mechanisms. In contrast, SUPREMO VIP³ exhibited the poorest performance, combining the lowest yield, the highest degree of stunting, and the largest vector population. The results confirmed that resistance to the stunt complex is partial and quantitative, depending on the interaction among genotype, environment, and vector population dynamics. The identification of hybrids such as AG 9035 PRO³, P3310 VYHR, FS 575 PWU, and DEFENDER VIP³, which combined yield stability with reduced symptom severity, represents an advance for breeding programs and integrated crop management in regions with high pressure of *Dalbulus maidis*.

Keywords: *Zea mays*, corn leafhopper, enfezamento, genetic resistance, plant diseases.

Sumário

1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1 A CULTURA DO MILHO (<i>ZEA MAYS</i> L.).....	11
2.2 BIOLOGIA E COMPORTAMENTO DA <i>DALBULUS MAIDIS</i> . (CIGARRINHA-DO-MILHO)	12
2.3 MOLICUTES.....	14
2.4 DOENÇAS ASSOCIADAS AO COMPLEXO DOS ENFEZAMENTOS	14
2.5 MAGNITUDES DAS PERDAS: QUANTIFICAÇÃO E VARIAÇÃO ESPACIAL/TEMPORAL	16
2.6 MANEJO INTEGRADO DA CIGARRINHA-DO-MILHO E LIMIARES DE DECISÃO:	18
2.7 MELHORAMENTO GENÉTICO DE HÍBRIDOS DE MILHO PARA RESISTÊNCIA/TOLERÂNCIA À CIGARRINHA E AOS ENFEZAMENTOS:.....	20
2.8. COMPORTAMENTO DIFERENCIAL DE GENÓTIPOS DE MILHO FRENTE À CIGARRINHA E AS DOENÇAS ASSOCIADAS.....	22
2.9 IMPACTOS ECONÔMICOS E PERSPECTIVAS FUTURAS NO MANEJO DA CIGARRINHA E DO COMPLEXO DE ENFEZAMENTOS.....	24
3. MATERIAL E MÉTODOS	26
3.1. LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS	26
3.2 ANÁLISE DE SOLO	26
3.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	27
3.4 CONDUÇÃO DE EXPERIMENTO A CAMPO.....	28
3.5 MONITORAMENTO DA ÁREA	29
3.6 INFESTAÇÃO <i>DALBULUS MAIDIS</i>	29
3.7 CULTIVARES DE MILHO SELECIONADOS.....	30
3.8 AVALIAÇÕES DO EXPERIMENTO	33
3.9 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	35
5. CONCLUSÃO	43
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

1. INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das principais culturas agrícolas do mundo, com ampla importância econômica, social e energética. O Brasil ocupa atualmente posição de destaque entre os maiores produtores e exportadores, com safras que variam entre 120 e 137 milhões de toneladas nos últimos anos, resultado da expansão da segunda safras que variaram entre 120 e 137 milhões de toneladas nos últimos anos, resultado da expansão da segunda safra e de avanços tecnológicos (CONAB, 2025; USDA, 2024). Contudo a produtividade da cultura enfrenta serias ameaças fitossanitárias, entre as quais se destaca o complexo de enfezamento, transmitido pelo inseto vetor *Dalbulus maidis* (DeLong e Wolcott), conhecido como cigarrinha-do-milho (OLIVEIRA et al., 2020; FORESTI et al., 2022).

A cigarrinha é considerada o principal vetor de patógenos limitantes do milho na América Latina. O inseto transmite o espiroplasma do enfezamento pálido (*Spiroplasma kunkelli*), o fitoplasma do enfezamento vermelho (*Maize bushy stunt phytoplasma* -MBSP) e, do vírus *Maize rayado fino vírus* (MRFV) (SILVA et al., 2023; PAZDA et al., 2023). Estudos recentes relatam a expansão geográfica do MRFV em regiões do Sul do Brasil (FORESTI et al. 2022), além da ocorrência de hospedeiros alternativos e infecções assintomáticas que favorecem a manutenção do inoculo (MACEDO et al., 2021). Esses fatores explicam a crescente importância epidemiológica do patossistema em diferentes regiões produtoras.

O comportamento de *Dalbulus maidis* sobre o milho é determinante para a eficiência de transmissão dos patógenos. Ensaio de penetração elétrica (EPG) demonstraram que híbridos “resistentes” alteram o padrão de alimentação do inseto, reduzindo o tempo de ingestão de seiva no floema e, conseqüentemente, a eficiência de transmissão (FARIA et al., 2022; LUCIO et al., 2023). Esses mecanismos estão relacionados a antixenose, antibiose que são os efeitos negativos no desenvolvimento do vetor e tolerância sendo a capacidade da planta de manter produtividade mesmo infectada, componentes chaves no melhoramento para a resistência a enfezamentos (DUDEK, 2023; RESENDE et al., 2024).

Adicionalmente, fatores ambientais modulam fortemente a interação entre genótipos, vetor e patógenos. Altas temperaturas e precipitação irregular favorecem explosões populacionais da cigarrinha, enquanto sistemas produtivos com ponte verde aumentam a taxa de infecção primária (FORESTI et al., 2022; FUNDAÇÃO

ABC, 2024). O uso intensivo de inseticidas, por sua vez, tem mostrado eficiência variável, e casos de resistência da cigarrinha a piretróides e neonicotinoides já foram relatados no Brasil (MACEDO et al., 2021; SILVA, 2023).

Nesse contexto, o desenvolvimento e a seleção de genótipos de milho resistentes ou tolerantes à cigarrinha e aos patógenos associados tem se consolidado como uma das estratégias mais promissoras e sustentáveis para reduzir as perdas econômicas (CASTILHO et al., 2022). Avaliar o comportamento diferencial dos híbridos frente à infestação natural de *Dalbulus maidis* é, portanto, fundamental para orientar o melhoramento genético, o posicionamento de cultivares e a definição de estratégias de manejo integrado nas regiões produtoras de milho.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como objetivo avaliar o comportamento de doze genótipos de milho frente à infecção natural pelos agentes etiológicos do complexo de enfezamentos, sob condições de infestação contínua do vetor asseguradas pela técnica da “ponte verde”.

Como resultados desse trabalho, parte-se da hipótese de que os genótipos de milho apresentam variabilidade genética quanto à resposta às doenças transmitidas por *Dalbulus maidis*, expressa em diferenças na severidade dos sintomas de enfezamentos, na capacidade produtiva e na atratividade/colonização pelo vetor.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do milho (*Zea mays* L.)

O milho (*Zea mays* L.) considerado uma das culturas de maior relevância mundial tanto pela sua contribuição à segurança alimentar quanto pelo seu papel estratégico em cadeias produtivas ligadas à alimentação animal, produção de biocombustíveis e uso industrial diversificado (SHIFERAW et al., 2021; USDA, 2024). A sua ampla adaptabilidade agroecológica, associada à alta resposta ao manejo e melhoramento genético, faz do milho uma cultura cultivada em todos os continentes, sendo elemento-chave para a estabilidade socioeconômica de diferentes regiões (FAO, 2023).

No cenário brasileiro, o milho ocupa posição de destaque, representando uma das principais commodities agrícolas e gerando relevante participação no Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio. A expansão chamada safrinha- segunda safra cultivada predominantemente após a soja – foi determinante para esse avanço, respondendo por cerca de 75% da produção nacional, com elevados índices de produtividade em regiões Centro-Oeste e Sul do país (RICHETTI et al., 2022).

Apesar de sua importância, o milho enfrenta múltiplos desafios que limitam seu potencial produtivo. Entre os fatores bióticos, destacam-se insetos-praga, patógenos fúngicos, virose e mollicutes transmitidos por insetos vetores. Entre fatores abióticos, estresse climáticos, como déficit hídrico e ondas de calor, exercem impacto expressivo sobre a produtividade, especialmente em estádios críticos, como florescimento e enchimento de grãos (BATTISTI et al., 2021; TAO et al., 2022). Nesse contexto, a sustentabilidade da cultura depende da associação de práticas de manejo integrado e da adoção de híbridos geneticamente mais resilientes.

Do ponto de vista global, a demanda crescente por milho tende a se intensificar. Projeções da FAO (2023) e da OECD-FAO (2022) indicam que, até 2030, o milho será o principal grão em termos de produção mundial, ultrapassando trigo e arroz, impulsionado pela expansão do consumo animal e pelo aumento da utilização industrial. Essa tendência reforça a necessidade de enfrentar barreiras fitossanitárias, como o complexo de enfezamento transmitido pela cigarrinha-do-milho (*Dabulus maidis*), cuja incidência crescente ameaça a produtividade em diversos países latino-americanos (FORESTI et al., 2022; PAZDA et al., 2023).

Além do seu peso econômico, o milho desempenha papel crucial em sistemas de rotação de culturas e na sustentabilidade agrícola. No Brasil, por exemplo, sua inclusão em sistemas integrados lavoura-pecuária-floresta (ILPF) contribui para a diversificação produtiva, a ciclagem de nutrientes e a melhoria da qualidade do solo (CALEGARI et al., 2021). Contudo, essa mesma intensificação agrícola cria condições que favorecem a sobrevivência contínua de insetos vetores, como a cigarrinha-do-milho, especialmente quando há a formação de “ponte verde” entre diferentes ciclos da cultura (MACEDO et al., 2021; FUNDAÇÃO ABC, 2024).

Dessa forma, o milho assume uma condição paradoxal: ao mesmo tempo em que é cultura essencial para a segurança alimentar e energético global, é também alvo de pressões bióticas crescentes, que comprometem sua sustentabilidade produtiva. Essa realidade torna indispensável o aprofundamento de pesquisas sobre interações entre genótipos de milho, insetos vetores e patógenos, especialmente no contexto latino-americano, onde o impacto do complexo do enfezamento já se consolidou como uma das maiores ameaças fitossanitárias.

2.2 Biologia e comportamento da *Dalbulus maidis*. (CIGARRINHA-DO-MILHO)

A cigarrinha-do-milho, *Dalbulus maidis* (DeLong e Wolcott) (Hemiptera Cicadellidae), é considerada a principal praga vetor de doenças limitantes da cultura do milho na América Latina. Sua importância agrônômica está relacionada não apenas à alimentação direta sobre a planta, mas, sobretudo, à sua capacidade de transmitir patógenos de alta severidade, como *Spiroplasma kunkelli* (agente do enfezamento pálido), fitoplasma associado ao enfezamento vermelho e o *Maize rayado fino vírus* (MRFV) (ALBUQUERQUE et al., 2022; SILVA et al., 2023). O inseto apresenta um ciclo biológico estreitamente associado a plantas do gênero *Zea* completando seu desenvolvimento de ovo a adulto cerca de 25-30 dias, dependendo das condições ambientais (ALVES et al., 2021).

O comportamento alimentar da cigarrinha é um dos aspectos que explicam sua elevada eficiência como vetor. por ser um inseto sugador de floema, utiliza seu estilete para atingir vasos condutores, estabelecendo interações íntimas com os tecidos da planta. A distribuição espacial de *Dalbulus maidis* em lavouras de milho apresenta padrões característicos. Pesquisas apontam que sua densidade tende a ser maior em bordaduras, com dispersão gradual para o interior da lavoura, comportamento que favorece a introdução primária de patógenos (EBERSON et al.,

2021). Além disso, fatores abióticos como temperatura e precipitação exercem influência decisiva sobre a dinâmica populacional. Estudos recentes mostram que temperaturas elevadas (acima de 30 °C) aceleram o ciclo de vida do inseto e aumenta sua taxa de reprodução, enquanto períodos de seca prolongada podem reduzir sua sobrevivência, mas favorecem surtos em rebrota de milho voluntario, criando “ponte verdes” entre safras (MACEDO et al., 2023; PAZDA et al., 2023).

Outro aspecto relevante é a capacidade de dispersão do inseto. Embora seja considerado um vetor de voo relativamente limitado em longas distâncias, a *Dalbulus maidis* apresenta alta mobilidade dentro de áreas agrícolas contínuas, o que facilita o estabelecimento de epidemias regionais em cenários de semeadura escalonadas (OLIVEIRA et al., 2020). A movimentação local, combinada ao aumento populacional em hospedeiros alternativos, pode atuar como fonte de inóculo e contribuir para a rápida disseminação de enfezamentos em áreas vizinhas.

A biologia do inseto também favorece sua persistência em agroecossistemas tropicais. O ciclo envolve ovos depositados na base das folhas, ninfas de coloração clara e adultos de pequeno porte (2-4 mm), geralmente de cor amarelo-palha. A longevidade dos adultos pode ultrapassar 30 dias, tempo suficiente para múltiplos eventos de aquisição e inoculação de patógenos (LUCIO et al., 2023; MASSOLA JUNIOR e BEDENDO, 2021). A interação da cigarrinha com o milho é neutra, mesmo na ausência de patógenos. Estudos documentaram que altas densidades do inseto podem causar danos fisiológicos por sucção continua levando à redução de clorofila e queda no vigor das plantas (RESENDE et al., 2024).

Contudo, os maiores prejuízos estão relacionados à transmissão de patógenos, uma vez que a infecção em estádios iniciais (V2-V6) geralmente resulta em perdas significativamente superiores às infecções em estádios mais avançados (PINTO et al., 2024). O comportamento reprodutivo de *Dalbulus maidis* também merece destaque. O inseto apresenta alta fecundidade, com fêmeas capazes de ovipositar centenas de ovos ao longo de sua vida. Além disso, a taxa de sobrevivência de ninfas é fortemente influenciada pelos genótipos hospedeiros, havendo relatos de antibiose em híbridos resistentes, nos quais a mortalidade de ninfas é maior e o ciclo de desenvolvimento mais lento (FARIA et al., 2022, MIRANDA, et. al., 2020). Isso evidencia que o comportamento da cigarrinha não deve ser avaliado de forma isolada, mas sim dentro da interação com o material genético utilizado.

Em síntese, a biologia e o comportamento de *Dalbulus maidis* explicam sua relevância como vetor do complexo de enfezamentos. Sua eficiência de transmissão está ligada à alimentação no floema, à alta fecundidade, à persistência em hospedeiros alternativos e à capacidade de adaptação às condições ambientais. Esses atributos reforçam a necessidade de pesquisas contínuas sobre a ecologia do inseto e sua interação com diferentes genótipos de milho, uma vez que esses fatores são determinantes para a epidemias e para o sucesso de programas de manejo integrado.

2.3 Molicutes

Bactérias com uma membrana e não uma parede celular que acarreta o pleomorfismo celular, que é característico desse grupo. Capazes de colonizar células vegetais, se multiplicando no floema. A relação de transmissão é do tipo persistente, isto é, quando o inseto vetor se alimenta do floema de plantas infectadas, ingere o fitopatógeno que acaba se multiplicando nos organismos mesmo (FAJARDO e NICKEL, 2019).

Por se tratar de doenças sistêmicas, os enfezamentos podem ser altamente destrutivos e um fato altamente agravante é que seus sintomas podem ser facilmente confundidos com deficiência nutricional e outros estresses sofridos em campo, dificultando sua identificação (EMBRAPA, 2018).

2.4 Doenças associadas ao complexo dos enfezamentos

O complexo dos enfezamentos do milho constitui-se de um conjunto de doenças causadas por diferentes patógenos transmitidos de forma persistente e propagativa pela cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*). Os principais agentes envolvidos são o fitoplasma associado ao enfezamento vermelho (*Maize bushy stunt phytoplasma* – MBSP), o espiroplasma causador do enfezamento pálido (*Spiroplasma kunkelli*) e o *Maize rayado fino vírus* (MRFV). Esses patógenos, isoladamente ou em coinfeção são capazes de comprometer severamente o metabolismo da planta, reduzindo a fotossíntese, a eficiência de translocação e, consequentemente, a produtividade da cultura (PAZDA et al., 2023; FORESTI et al., 2022).

O enfezamento vermelho, associado ao MBSP, caracteriza-se por sintomas de clorose e avermelhamento das folhas, encurtamento de entrenós, proliferação de

espiguetas estéreis e deformação de espigas (SILVA et al., 2023). A intensidade do avermelhamento varia em função do genótipo, da fase de infecção e das condições ambientais, podendo levar a perdas de até 60% da produtividade em infecções severas (PEREIRA et al., 2021). Estudos recentes apontam que o MBSP possui elevada diversidade genética, o que pode explicar a variabilidade na severidade dos sintomas observados entre diferentes regiões e cultivares (ALBUQUERQUE et al., 2022).

Já o enfezamento pálido, causados por *Spiroplasma kunkelli*, manifesta-se principalmente por clorose difusa, folhas amareladas e atrofiadas, além de atraso no desenvolvimento vegetativo. Plantas afetadas frequentemente apresentam espigas pequenas, com falhas no enchimento de grãos, resultando em queda acentuada do rendimento (OLIVEIRA et al., 2020). Diferentemente do enfezamento vermelho, o enfezamento pálido não apresenta pigmentação avermelhada, mas compromete a taxa fotossintética e o transporte de assimilados devido à colonização do floema (GAIOTTO et al., 2021). Ensaios de campo conduzidos no Paraná evidenciam que a incidência de *S. kunkelli* está fortemente associada à densidade populacional da cigarrinha reforçando o papel epidemiológico do vetor (FORESTI et al., 2022).

O terceiro patógeno associado ao complexo é o *Maize raydo fino vírus* (MRFV), um vírus da família *Tymoviridae* que provoca sintomas de clorose em faixas longitudinais ("rayado fino"), frequentemente confundidos com deficiência nutricional. Relatos recentes confirmaram a ocorrência do MRFV no Sul do Brasil, contexto das doenças do milho (COSTA et al., 2021; ALMEIDA et al., 2022). A presença de coinfeções entre MRFV e MBSP e *S. kunkelli* agrava a severidade dos sintomas, sendo comum a observação de plantas com sintomas mistos em áreas de alta pressão de cigarrinhas (PAZDA et al., 2023).

Do ponto de vista fisiológico, os patógenos do complexo de enfezamentos provocam profundas alterações no funcionamento da planta. Fitoplasmas e espiroplasma colonizam exclusivamente o floema interferindo na translocação de fotoassimilados e induzindo a produção de hormônios vegetais que resultam em crescimento anômalo, perfilhamento excessivo e esterilidade floral (GAIOTTO et al., 2021; RESENDE et al., 2024). Já o MRFV afeta diretamente os cloroplastos, reduzindo a capacidade fotossintética e acelerando a senescência foliar (SILVA et al., 2023). Essas alterações fisiológicas explicam por que as infecções em estádios

iniciais da cultura são muito mais devastadoras, podendo reduzir o rendimento em até 100% em casos extremos (DUDEK, 2023).

A epidemiologia do complexo é complexa, pois depende da interação entre três componentes: o vetor *Dalbulus maidis*, o patógeno e o hospedeiro. A eficiência de transmissão depende não apenas da densidade da cigarrinha, mas também de fatores como a taxa de aquisição e inoculação, que variam entre populações de insetos e entre híbridos de milho (LUCIO et al., 2023). Além disso, a infecção latente – fase em que a planta está infectada, mas ainda assintomática – é um desafio adicional para o monitoramento, pois permite a disseminação silenciosa dos patógenos dentro das lavouras (MACEDO et al., 2021).

Um aspecto preocupante é o avanço da resistência da cigarrinha a inseticida, o que dificulta o controle químico e aumenta a dependência de estratégias alternativas, como o uso de híbridos resistentes e a adoção de práticas culturais integradas (SILVA, 2023; FUNDAÇÃO ABC, 2024). Assim, a compreensão dos patógenos envolvidos no complexo de enfezamentos é essencial para orientar programas de melhoramento, definir estratégias de monitoramento estabelecer protocolos de manejo integrado que reduzam os impactos dessas doenças na produção de milho.

Em síntese, o complexo de enfezamentos representa uma ameaça crescente para a sustentabilidade da cultura do milho. A coexistência de diferentes patógenos, a possibilidade de coinfeções e a alta eficiência de transmissão pela cigarrinha tornam o manejo do problema extremamente desafiador. Diante disso, o desenvolvimento de genótipos resistentes e a implementação de medidas integradas de manejo configuram-se como estratégias indispensáveis para mitigar as perdas econômicas e garantir a estabilidade produtiva da cultura.

2.5 Magnitudes das perdas: quantificação e variação espacial/temporal

As perdas causadas pelo complexo de enfezamentos do milho estão entre as mais expressivas no cenário fitossanitário da cultura, especialmente nas regiões tropicais e subtropicais das Américas. A cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*) exerce papel central nesse processo, atuando como vetor eficiente dos principais agentes etiológicos que, quando introduzidos precocemente, podem comprometer totalmente o potencial produtivo da lavoura. Estudos recentes apontam que as perdas de

rendimento variam amplamente, oscilando entre 12% e 100%, dependendo do genótipo, da intensidade de infestação do vetor, da época de semeadura e das condições ambientais (DUDEK, 2023; PAZDA et al., 2023).

Em situações de alta pressão populacional da cigarrinha e infecção precoce, especialmente até o estágio V4 da cultura, há relatos de perdas superiores a 80% na produtividade, em função da intensa manifestação de sintomas como avermelhamento foliar, redução drástica da altura de plantas e má formação de espigas (OLIVEIRA et al., 2020; PEREIRA et al., 2021). Por outro lado, quando a infecção ocorre em estádios mais avançados como R1 ou R2, os prejuízos são significativamente menores, podendo se limitar a 15-25%, uma vez que boa parte do desenvolvimento vegetativo e do enchimento de grãos já foi completada (FORESTI et al., 2022; SILVA et al., 2023).

A magnitude das perdas também apresenta forte variação regional. No Brasil, por exemplo, epidemias severas foram relatadas no Paraná e no Mato Grosso do Sul a partir de 2020, coincidindo com altas densidades de cigarrinhas e condições favoráveis de ‘ponte verde’, que mantiveram o inseto ativo entre ciclos de cultivo. Nessas regiões, produtores relataram áreas inteiras com reduções acima de 50% da produtividade média, com alguns casos extremos de perda total da lavoura (FUNDAÇÃO ABC, 2024). Outro aspecto que contribui para a variabilidade das perdas é a interação entre genótipos e pressão de doenças. Híbridos com maior nível de tolerância fisiológica ao complexo de enfezamento conseguem manter maior índice de área foliar, fotossíntese ativa e enchimento de grãos mesmo sob infecção, apresentando quedas de rendimento de cerca de 10 a 20% em situação de infestação moderada.

Já híbridos altamente suscetíveis podem perder até 70% do rendimento em cenários semelhantes (FARIA et al., 2022; RESENDE et al., 2024). Isso evidencia a importância de programas de melhoramento voltados à seleção de híbridos com resistência parcial ou tolerância fisiológica. Em nível internacional, os impactos também são expressivos. No México, país de origem do milho e onde a cigarrinha é amplamente distribuída, estimativas apontam perdas anuais de produtividade devido ao complexo de enfezamentos podendo alcançar perda de até 60% (CARPANE et al., 2022).

A variação temporal também é determinante na magnitude das perdas. Anos com invernos mais amenos favorecem a sobrevivência de plantas voluntários e cigarrinhas, e levando a pressão inicial sobre as lavouras subsequentes. Além disso, semeaduras tardias frequentemente coincidem com picos populacionais do vetor, o que eleva a incidência de infecção precoce e amplia os prejuízos (MACEDO et al., 2021; FORESTI et al., 2022). Nesse contexto, recomenda-se que janelas de plantio sejam respeitadas e que práticas de manejo integradas sejam adotadas, como eliminação de plantas tigueras e uso de híbridos mais resistentes.

Em síntese, as perdas associadas ao complexo de enfezamentos podem variar desde redução moderadas (10-20%) até a inviabilidade total da lavoura, dependendo do momento da infecção, da pressão populacional da cigarrinha, das condições ambientais e do genótipo cultivado. Essa ampla variabilidade reforça a importância de um manejo integrado, baseado em monitoramento constante da densidade populacional do vetor, sincronização da semeadura e escolha criteriosa de híbridos adaptados às condições regionais.

2.6 Manejo integrado da cigarrinha-do-milho e liminares de decisão:

O manejo da cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*) e das doenças associadas ao complexo de enfezamento constitui atualmente um dos maiores desafios da fitossanidade do milho no Brasil e em outros países latino-americanos. A alta capacidade reprodutiva do inseto, sua estreita associação com o milho como hospedeiro e sua eficiência na transmissão de patógenos tornam inviável o controle baseado em uma única estratégia. Por essa razão, recomenda-se a adoção do Manejo Integrado de Pragas (MIP), combinando medidas culturais, genéticas e químicas visando reduzir a densidade populacional do vetor e os danos resultantes (MACEDO et al., 2021; FUNDAÇÃO ABC, 2024).

As medidas culturais são fundamentais no manejo da cigarrinha. Uma das principais é a eliminação de plantas voluntárias, que funcionam como reservatório para cigarrinhas e patógenos, permitindo a manutenção da campanha “ponte verde” entre safras. Estudos apontam que áreas com elevada presença de tigueras apresentam até o dobro da incidência de enfezamentos em comparação com áreas limpas (PAZDA et al., 2023).

O escalonamento inadequado da semeadura também contribui para o aumento das epidemias, pois mantém a presença contínua do milho em diferentes estádios fenológicos, o que favorece a sobrevivência e reprodução do vetor. Por esse motivo, recomenda-se a sincronização da época de semeadura dentro de uma mesma região minimizando a sobreposição de ciclos (OLIVEIRA et al., 2020). Além disso, o uso de cultivares adaptados à região, rotação de culturas e adubação equilibrada auxiliam no aumento da tolerância da planta a estresse bióticos e abióticos (CALEGARI et al., 2021).

O controle químico tem sido amplamente utilizado como medida emergencial contra a cigarrinha. No entanto, apresenta limitações devido à rápida mobilidade do inseto, à dificuldade de atingir populações presentes na face inferior das folhas e ao risco de desenvolvimento de resistência, inseticidas sistêmicos, como neonicotinoides e diamidas, apresentam alguma eficácia, mas estudos recentes apontam que a eficiência é maior quando aplicados de forma preventiva, em estádios iniciais da cultura (V2-V4), quando a planta é mais suscetível à infecção (SILVA, 2023).

Apesar disso, o uso intensivo e repetitivo de inseticidas aumenta a pressão de seleção e já existem registros de populações de *Dalbulus maidis* resistentes a determinados princípios ativos do Brasil (SILVA et al., 2023). Assim, a recomendação atual é que o controle químico seja integrado a outras práticas e nunca adotado de forma isolada.

O uso de híbridos de milho resistentes ou tolerantes ao complexo dos enfezamentos é uma das ferramentas mais promissoras e sustentáveis para o manejo da cigarrinha. A resistência pode se expressar por antixenose (menor preferência do inseto pelo genótipo), antibiose (maior mortalidade ou menor reprodução do inseto) ou tolerância (Capacidade da planta infectada de manter níveis satisfatórios de produtividade) (FARIA et al., 2022; DUDEK, 2023).

Ensaio recentes demonstraram que híbridos tolerantes apresentaram perdas inferiores a 20% mesmo sob altas densidades populacionais do vetor, enquanto híbridos suscetíveis podem perder mais de 70% do rendimento nas mesmas condições (RESENDE et al., 2024). Essa estratégia, entretanto, exige constante atualização uma vez que a variabilidade genética dos patógenos pode reduzir a durabilidade da resistência.

Uma das principais dificuldade no manejo da cigarrinha é a definição de liminares econômicos de ação. Até recentemente, não havia valores bem estabelecidos para orientar produtores. Entretanto, Pinto et al. (2024), desenvolveram o primeiro plano de amostragem para *Dalbulus maidis* em lavouras de milho, propondo que a densidade de 0,5 a 1 cigarrinha por planta em estádio iniciais (V2-V4) seja considerada suficiente para justificar a adoção de medidas de controle. (AGROLINK, 2024).

O sucesso do manejo depende da integração de práticas culturais, químicas e genéticas, adaptadas às condições regionais. Estudos de modelagem epidemiológica indicam que o uso combinado de híbridos tolerantes, semeaduras sincronizadas e eliminação da tigueria pode reduzir em mais de 60% a incidência de enfezamentos, mesmo em cenários de alta pressão populacional da cigarrinha (LUCIO et al., 2023; FUNDAÇÃO ABC, 2024). Essa abordagem reforça que o manejo deve ser pensado de forma preventiva, regional e coletiva uma vez que a mobilidade do inseto ultrapassa os limites de propriedades individuais

O manejo da cigarrinha-do-milho não deve se basear em soluções únicas, mas em um conjunto integrado de medidas, que considerem a biologia do vetor, os patógenos envolvidos e o comportamento dos diferentes genótipos de milho. O estabelecimento de liminares econômicos de decisão e a adoção de práticas de manejo coletivo regional representam avanços significativos para reduzir os impactos do complexo de enfezamentos e garantir maior sustentabilidade à cultura do milho.

2.7 Melhoramento genético de híbridos de milho para resistência/tolerância à cigarrinha e aos enfezamentos:

O melhoramento genético do milho tem desempenhado um papel central na mitigação dos impactos causados pelo complexo de enfezamentos, especialmente pela dependência crescente da cultura em sistemas intensivos e contínuos de produção. Segundo Resende et al. (2024), a resistência genética é considerada uma das estratégias mais eficientes, econômicas e sustentáveis de manejo, uma vez que reduz a necessidade de aplicações químicas, e diminui os custos de produção, aumentando a estabilidade dos rendimentos.

As interações entre *Dalbulus maidis*, os patógenos do complexo de enfezamentos e os genótipos de milho envolvem diferentes mecanismos de defesa da planta. Como dito anteriormente se subdividem em três categorias: antixenose,

antibiose e tolerância. A antixenose refere-se à menor atratividade do genótipo para o inseto vetor, reduzindo sua preferência de pouso e oviposição; a antibiose implica em efeitos adversos sobre o desenvolvimento e reprodução da cigarrinha, aumentando a mortalidade ou prolongando seu ciclo; já a tolerância corresponde à capacidade da planta infectada em manter a produção, mesmo sob pressão de doenças (FARIA et al., 2022).

Estudos de campo e laboratório tem demonstrado variações expressivas no comportamento de híbridos frente à infestação da cigarrinha e às doenças associadas. Faria et al. (2022), por exemplo, observaram que híbridos com efeito de antibiose apresentaram menor sobrevivências de ninfas e maior tempo de desenvolvimento do inseto, o que reduz a população ao longo do ciclo da cultura. Já trabalhos de Dudek (2023) e Resende et al. (2024), mostraram que híbridos tolerantes, mesmo apresentando incidência elevada de infecção por *Spiroplasma kunkelli* e fitoplasma, foram capazes de manter índices de produtividade relativamente altos, indicando que a tolerância fisiológica pode ser tão relevante quando a resistência ao vetor.

No contexto do melhoramento molecular, avanços recentes têm possibilitado maior compreensão dos mecanismos genéticos envolvidos na resistência. Segundo Marconi et al. (2022), os marcadores moleculares associados a genes de resistência e análise genômicas tem permitido identificar regiões do genoma ligada à resposta ao complexo de enfezamentos, facilitando a seleção assistida por marcadores (MAS) e acelerando o desenvolvimento de híbridos resistentes. Além disso, Resende et al. (2024), utiliza ferramentas de fenotipagem de alta pressão, como sensores ópticos e imagens de drones, tem sido utilizada para detectar sintomas precoces de estresse biótico, permitindo maior acurácia nos programas de seleção.

Outro aspecto importante é a interação genótipo x ambiente (G x E). A resistência ao complexo de enfezamento não se expressa de forma homogênea em todas as condições ambientais, sendo influenciada por fatores como temperatura, umidade e densidade populacional da cigarrinha. Por isso, programas de melhoramento tem enfatizado a avaliação de genótipos em múltiplos ambientes e diferentes condições epidemiológicas, assegurando que os híbridos selecionados mantenham estabilidade de desempenho (SILVA et al., 2023; OLIVEIRA et al., 2020).

O uso de eventos transgênicos também tem sido explorado no contexto do manejo de insetos-pragas no milho, principalmente com a introdução de proteínas Bt (*Bacillus thuringiensis*). Embora a tecnologia Bt seja eficaz contra lepidópteros, sua

ação direta sobre a *Dalbulus maidis* é limitada. Estudos investigando a possibilidade de utilização de genes relacionados à resistência a mollicutes e vírus, bem como estratégia baseadas em edição genica via CRISPR-Cas para inserção de genes de defesa específicos (CLEMENS et al., 2021). Essas abordagens apontam para o futuro do melhoramento, no qual a integração entre biotecnologia e seleção convencional poderá resultar em híbridos com resistência mais durável e ampla.

A adoção de híbridos resistentes ou tolerantes tem mostrado impacto direto na redução das perdas. Em experimentos conduzidos no Brasil e na Argentina, híbridos classificados como moderadamente resistentes apresentaram redução de apenas 15-25% no rendimento, mesmo em áreas com alta pressão populacional da cigarrinha, enquanto híbridos suscetíveis chegaram a perde mais de 70% (PAZDA et. Al., 2023; LUCIO et al., 2023). Esses resultados reforçam a importância de programas contínuos de melhoramento, com ênfase em diversidade genética, resistência poligênica e integração com práticas culturais de manejo.

O melhoramento genético de híbridos de milho, constitui ferramentas estratégicas no enfrentamento do complexo de enfezamentos. O desenvolvimento de híbridos resistentes, aliado ao uso de tecnologias moleculares e à avaliação multiambiental, representa o caminho mais promissor para reduzir os impactos da cigarrinha e das doenças na produção de milho.

2.8. Comportamento diferencial de genótipos de milho frente à cigarrinha e as doenças associadas

A resposta dos genótipos de milho à infestação da cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*) e aos patógenos do complexo de enfezamentos não é uniforme, refletindo a variabilidade genética da cultura e a interação entre os mecanismos de defesa da planta, a pressão do vetor e as condições ambientais. Essa diferença de comportamento tem sido amplamente documentada em experimentos de campo e de casa de vegetação, nos quais híbridos comerciais e linhagens contrastantes demonstram distintos níveis de suscetibilidade, tolerância ou resistência (FARIA et al., 2022; LUCIO et al., 2023).

Um dos aspectos mais relevantes é a variação na atratividade dos genótipos à cigarrinha, indicando a presença de mecanismos de antixenose. Híbridos menos atrativos apresentam menor colonização inicial do vetor, reduzindo a probabilidade de aquisição e transmissão dos patógenos. Ensaio conduzido por Faria et al. (2022),

mostraram que híbridos com baixa atratividade tiveram até 40% menos ninfas e adultos por planta em comparação a híbridos suscetíveis evidenciando diferenças na preferência alimentar da cigarrinha.

Além disso, estudos de antibiose revelam que determinados híbridos afetam negativamente a sobrevivência e o desenvolvimento da cigarrinha. Lucio et al. (2023), avaliaram híbridos contrastantes, e observaram que linhagens resistentes prologaram o ciclo ninfas em até 30% e reduziram a fecundidade de fêmeas adultas, limitando o crescimento populacional do vetor. Essa característica, embora não elimine o risco de transmissão dos patógenos, contribui para diminuir a pressão de infestação ao longo do ciclo da cultura.

No entanto, a característica de maior impacto para os produtores é a tolerância fisiológica. Híbridos classificados como tolerantes, mesmo apresentando infecção confirmada por *Spiroplasma kunkeli* ou fitoplasmas, conseguem manter fotossíntese ativa, menor degradação de clorofila e maior enchimento de grãos, resultando em perdas de produtividade significativamente menores (DUDEK, 2023). Essa resposta sugere a presença de mecanismos de compensação fisiológica, possivelmente relacionados à maior eficiência no uso de carbono e nutrientes.

O comportamento diferencial dos genótipos também se manifesta na severidade dos sintomas. Pereira et al. (2021), demonstraram que, sob infecção natural em áreas de alta pressão populacional da cigarrinha no Paraná, híbridos suscetíveis apresentaram sintomas intensos de enfezamento vermelho, com encurtamento de entre nós, avermelhamento foliar e falhas severas nos enchimentos de espigas. Em contraste, híbridos moderadamente resistentes exibiram sintomas mais brandos, restritos e algumas folhas basais e apresentaram redução de apenas 15-25% na produtividade, em comparação às perdas superiores a 60% nos híbridos suscetíveis.

A variação entre genótipos também é influenciada pelo estágio fenológico da infecção. Plantas infectadas precocemente, nos estádios vegetativos iniciais, sofrem maior impacto, independente do híbrido. No entanto, híbridos tolerantes apresentaram maior capacidade de recuperação quando a infecção ocorre em estádios intermediário (V6-VT), enquanto híbridos suscetíveis manifestam sintomas severos mesmo em infecções tardias (OLIVEIRA et al., 2020)

Estudos recentes indicam que há uma base genética poligênica associada à resistência/tolerância ao complexo de enfezamentos, o que explica a ausência de

cultivares totalmente imunes e a grande variabilidade de respostas entre híbridos. Marconi et al. (2022), identificaram regiões do genoma ligadas à resistência ao fitoplasma do enfezamento vermelho, sugerindo que a premiação de genes de resistência poderá aumentar a durabilidade da resposta em programas de melhoramento.

No Brasil, levantamentos conduzidos pela Fundação ABC (2024), destacaram que a escolha de híbridos adaptados à região tem sido um dos fatores determinantes para o sucesso no manejo. Em áreas com alta pressão de cigarrinhas, híbridos resistentes ou tolerantes apresentaram desempenho economicamente viável, enquanto o cultivo de híbridos suscetíveis torna-se arriscado, frequentemente inviabilizando a colheita. O comportamento diferencial dos genótipos de milho frente à cigarrinha e às doenças do complexo de enfezamentos evidencia a importância do melhoramento genético e da escolha criteriosa de híbridos como pilar do manejo integrado.

A integração entre resistência genética, práticas culturais e monitoramento populacional da cigarrinha constitui a base para a redução de perdas e a sustentabilidade da produção de milho nas regiões tropicais e subtropicais.

2.9 impactos econômicos e perspectivas futuras no manejo da cigarrinha e do complexo de enfezamentos.

Os impactos econômicos decorrentes da cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*) e das doenças transmitidas pelo complexo de enfezamentos ultrapassaram a esfera agrônômica, alcançando diretamente a rentabilidade e a segurança produtiva das lavouras de milho. Em regiões de alta pressão populacional do vetor, as perdas podem inviabilizar economicamente a safra, com reduções que chegam a 100% do rendimento em casos extremos (FUNDAÇÃO ABC, 2024). Segundo Silva (2023), estima-se que no Brasil, os prejuízos diretos e indiretos associados ao complexo já tenham superados bilhões de reais em algumas safras recentes, considerando tanto a perda de produtividade como aumento dos custos com controle químico.

A necessidade de aplicações múltiplas de inseticidas para controlar a cigarrinha, muitas vezes em número superior a cinco pulverizações por ciclo, eleva os custos de produção, sem necessariamente garantir resultados satisfatórios. SILVA et al., (2023); PINTO et al. (2024), os gastos com defensivos representam até 20% do

custo total da lavoura, tornando a atividade economicamente insustentável em anos de preços baixos do grão.

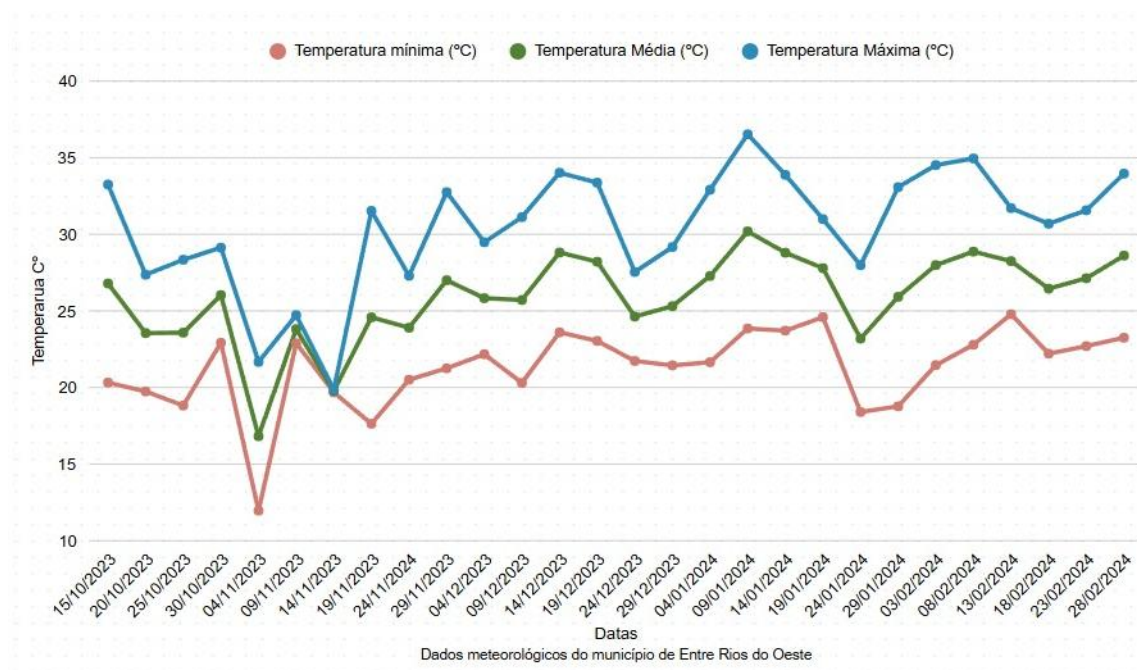
3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização do experimento e condições edafoclimáticas

O experimento realizou-se na estação experimental Professor Alcebiades Luiz Orlando, entre 15 de outubro de 2023 a 28 de fevereiro de 2024. Localizado no município de Entre Rios do Oeste – Paraná, sob as coordenadas 24° 40'32,5" S e 54° 16' 50,9"W, pertencente a Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE.

De acordo com a classificação de Köppen possui clima Cfa, subtropical úmido, com verões quentes e precipitações concentradas no verão (ALVARES et al., 2013). As condições de temperaturas e precipitações durante o período de condução do experimento foram obtidas através da estação meteorológica TRMM.12590 no site Agritempo.

Gráfico 1 - Dados meteorológicos do município de Entre Rios do Oeste – Paraná (15/10/2023 até 28/02/2024)



Fonte: Agritempo, (2025).

3.2 Análise de solo

Segundo a Embrapa (2018), o solo predominante é o LATOSSOLO VERMELHO Eutroférico. A coleta das amostras de solo foi de forma manual com o

uso de um trado, coletando no perfil de 0 a 20 cm de profundidade e posteriormente foi levado ao laboratório.

Tabela 1 - Análise de solo estação Professor Alcebiades Luiz Orlando.

pH	MO	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	SB	CTC (pH 7,0)
CaCl ²	g//dm ³	mg/dm ³	Cmolc/dm ³						
4,94	25,19	20,68	0,64	5,53	2,03	0,03	4,68	8,2	12,88
SMP			Saturações		Participação CTC				
6,08			V%	m%	Ca	Mg			K
Relação entre cátions			64	0,4	43	16			5
Ca/Mg	Ca/K	Mg/k	Micronutrientes mg/dm ³						
2,7	8,6	3,2	Fe	Mn	Cu				Zn
			30	183,32	10,73				29,8

Fonte: Unioeste, (2024).

Antes da implantação do experimento, foi realizada a análise química do solo da área experimental para a caracterização da fertilidade e adequação das práticas de manejo. O solo apresentou um pH de 4,94 em CaCl₂, evidenciando acidez, mas baixos teores de alumínio trocável, o que minimiza risco de toxidez. A saturação por bases indica boa fertilidade natural do solo. A capacidade de troca catiônica (CTC), com predominância do cálcio, seguindo de magnésio e potássio, apresentam relações equilibradas entre cátions. O teor de matéria orgânica foi considerado adequado e os micronutrientes estavam em níveis satisfatórios. Esses resultados demonstraram que o solo possui condições físico-químicas adequadas para o bom desenvolvimento das culturas, permitindo a adequada avaliação do desempenho agrônômico dos genótipos testados.

3.3 Delineamento experimental

A pesquisa foi desenvolvida em um experimento com delineamento experimental em Blocos Casualizados (DBC), sendo conduzidos em uma época, com doze tratamentos e três repetições, totalizando 36 parcelas.

Figura 1 – Área experimental.



Fonte: Google Maps, (2023).

3.4 Condução de experimento a campo

No experimento realizado foram utilizados doze genótipos descritos na tabela 2. Cada parcela experimental apresentou dimensões de 7 x 8 metros resultando em uma área total de 56m² por parcela. A área útil foi de duas linhas de 14 metros, totalizando 4m². As parcelas foram constituídas de 14 linhas de plantio de 7 metros de largura por 8 metros de comprimento, com um espaçamento entre linhas de 0,50 metros e uma densidade de 3,5 plantas por metro linear (70 mil plantas por hectare).

O plantio foi realizado manualmente com o auxílio de uma matraca especial de pesquisa, adotando-se espaçamento entre covas de aproximadamente 28 cm. Em cada cova foram depositadas duas sementes, sendo posteriormente realizado o desbaste, permanecendo apenas uma planta por cova. Antes da semeadura, a área experimental foi riscada com uma semeadora do sistema de plantio direto e adubada conforme recomendações obtidas a partir da análise de solo.

Dentro de cada parcela, na parte central, foi instalada armadilhas adesivas amarelas de plástico, com 16,5 cm x 22 cm, onde foi aplicada cola entomológica, com a altura média de 1,8 m do solo, e substituídas quinzenalmente durante o período da

condução do experimento, com contagem do número de cigarrinhas para cada quinzena, o principal objetivo das armadilhas adesivas foi de avaliar a densidade populacional da *Dalbulus maidis*.

O experimento contou com bordaduras laterais e centrais, plantadas com quinze dias de antecedência com os objetivos de reforçar a “ponte verde” necessária para a multiplicação e reprodução do inseto vetor da cigarrinha *Dalbulus maidis*. A Figura 2, demonstra como foi o croqui de campo

Figura 2- Croqui área experimental

Borda com NS75VIP3	Borda com NS75VIP3			Borda com NS75VIP3 3
	REPETIÇÃO I	BORDA	REPETIÇÃO II	
	Borda com NS75VIP3			
	REPETIÇÃO III	BORDA	PREENCHIMENTO	
	Borda com NS75VIP3			

Fonte: o autor, (2023).

3.5 Monitoramento da área

A cultura anterior instalada na área do experimento foi aveia branca (*Avena sativa* L.) colhido no final do mês de agosto, e instalado a cultivar NS 75 VIP3 como “ponte verde” na área para que a *Dalbulus maidis* se infeste e reproduza naturalmente. As sementes foram tratadas com Cruiser® 350 FS na proporção de 80 ml por 70.000 sementes. O controle de plantas-daninhas foi feito manualmente, com o auxílio de capina. Já o controle fitossanitário não foi necessário.

3.6 Infestação *Dalbulus maidis*

Para garantir presença contínua da cigarrinha-do-milho e viabilizar a infecção natural das plantas pelos patógenos associados ao complexo do enfezamento, empregou-se a estratégia “ponte verde”. Essa técnica consiste na manutenção de plantas hospedeiras vivas no campo entre os ciclos de cultivo, assegurando a

sobrevivência simultânea do inseto vetor e dos agentes etiológicos dos enfezamentos (SILVA, 2023).

O manejo da “ponte verde” foi realizado por meio da instalação previa de uma lavoura de milho na área experimental, de modo que essa se mantivesse em desenvolvimento até a implantação da lavoura alvo do estudo. O híbrido simples transgênicos NS 75 VIP3, conhecido por apresentar moderada suscetibilidade à *Dalbulus maidis*, foi selecionado para compor a lavoura de condução da ponte verde. Esse material foi semeado nas bordaduras e em corredores entre parcelas experimentais, criando um ambiente propício para a multiplicação e dispersão natural da cigarrinha, conforme ilustrado na Figura 2.

Essa lavoura inicial desempenhou papel fundamental como reservatório biológico, tanto para a manutenção das populações do inseto vetor quanto para a preservação de mollicutes e vírus associado ao complexo de enfezamento (PAZDA, 2023; EMBRAPA, 2020). A adoção dessa estratégia é amplamente consolidada em experimentos voltados à simulação de condições reais de infestação em campo, sendo particularmente recomendada para a avaliação da resposta de genótipos de milho sob pressão natural de infecção (EMBRAPA, 2020; SILVA, 2023).

Na condução experimental o híbrido NS 75 VIP3 foi semeado em faixas laterais do ensaio, em diferentes épocas com intervalo de 15 a 30 dias entre semeaduras, assegurando a oferta contínua de plantas atrativas ao vetor. Trinta dias após a instalação das faixas de ponte verde, foram implantados os doze genótipos de milho em avaliação, favorecendo a infestação natural pelas populações já estabelecidas do inseto vetor. a efetividade do manejo foi monitorada por meio de armadilhas adesivas distribuídas na área experimental, sendo realizada, aos 15 dias após a implantação dos genótipos, a quantificação da população de *Dalbulus maidis* presente.

3.7 Cultivares de milho selecionados

As cultivares de milho utilizadas estão relacionadas na Tabela 2, foram avaliadas quanto à resistência a *Dalbulus maidis*, constituindo em 12 genótipos diferentes de milhos e classificadas de acordo com seu tipo (cruzamentos), transgenia e tolerâncias as doenças transmitidas pelo vetor *Dalbulus maidis*.

A seleção das cultivares de milho caracterizou-se a partir de seus genótipos e suas características agronômicas, exibindo como a testemunha o híbrido NS 75 VIP3, sendo moderadamente suscetível a *Dalbulus maidis*, classificando-se como um híbrido simples (RNC, 2023). Estes genótipos estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 – Descrição das cultivares de milhos de milho com suas respectivas tolerâncias a transmissão de doenças pelo vetor *Dalbulus maidis*

Tratamentos	Híbrido	Tolerância das cultivares aos molicutes e raiado fino	Tipos de híbrido
T 01 -	AG 9035 PRO3	Suscetível	Transgênico / HS
T 02-	DKB 255 PRO4	Moderada. Suscetível	Transgênico / HS
T 03-	SUPREMO VIP 3	Tolerante	Transgênico / HS
T 04-	FEROZ VIP3	Tolerante	Transgênico / HS
T 05-	DEFENDER VIP3	Tolerante	Transgênico / HS
T 06-	NS 91 VIP3	Moderada. Suscetível	Transgênico / HS
T 07-	NS 71 VIP3	Tolerante	Transgênico / HS
T 08-	NS 90 PRO2	Moderada. Suscetível	Transgênico / HS
T 09-	NK 467 VIP3	Tolerante	Transgênico / HS
T 10-	FÓRMULA VIP2	Tolerante	Transgênico / HS
T 11-	P 3310 VYHR	Tolerante	Transgênico / HS
T 12-	FS 575 PWU	Tolerante	Transgênico / HS

Classificação: Híbrido simples (HS);

Fonte: O autor, (2023).

Cultivar da Nidera Sementes o NS 75 VIP3 (SS213E VIP3), também exibe um ciclo precoce, empalhamento excelente, tolerante aos herbicidas glifosato e glufosinato, texturas dos grãos semiduros, exibe uma tolerância aos enfezamentos, o evento de transformação genética é Bt11, MIR162 e GA21: Milho geneticamente modificado resistente a insetos da ordem lepidóptera e tolerante ao herbicida glifosato (Milho Bt11 x MIR162 x GA21) e se caracteriza como um híbrido simples (BRASIL, 2023).

A Cultivar de híbrido de milho, AG 9035 PRO3 da empresa Agrocere, tem um ciclo superprecoce, com alto potencial produtivo e estabilidade, com um grão profundo, excelente porte e arquitetura foliar, e exibindo uma qualidade do colmo. Milho geneticamente modificado e resistente a insetos da ordem lepidóptera e tolerante ao herbicida glifosato (BRASIL, 2023).

O DKB 255 PRO4 da empresa Dekalb pertencente a multinacional Bayer, cultiva-se com um bom potencial produtivo associado à necessidade de manejo, exibindo um ciclo precoce, com baixo risco de grãos ardidos e moderadamente

suscetíveis ao complexo de enfezamento. Milho geneticamente modificado resistente a insetos e tolerante ao glifosato (BRASIL, 2023). Os híbridos a seguir todos pertencem a empresa sementes NK, ao qual faz parte da multinacional Syngenta sendo o SUPREMO VIP3 (SX7341 VIP3), apresenta um ciclo precoce, excelente qualidade de colmo e raiz, grãos duros, tolerante ao enfezamento, Bt11, MIR162 e GA21: Milho geneticamente modificado resistente a insetos da ordem lepidóptera e tolerante ao herbicida glifosato (Milho Bt11 x MIR162 x GA21) se caracterizando como um híbrido simples (BRASIL, 2023).

O FERROZ VIP3, exibe um ciclo precoce, boa tolerância a doenças foliares, excelente qualidade de colo e raiz, grãos duros, sendo tolerante ao enfezamento e se caracterizando como uma cultivar tripla (BRASIL, 2023). O SYN7G17 TLTG Viptera (DEFENDER VIP3), tem um ciclo precoce, com grão duro e cor alaranjado, com ótimo potencial produtivo, estabilidade produtiva, boa qualidade de grãos, colmo e raiz, baixo fator de reprodução para nematoide, boa tolerância ao complexo de enfezamento e boa sanidade foliar. Milho geneticamente modificado resistente a insetos da ordem lepidóptera e tolerante ao herbicida glifosato (BRASIL, 2023).

NK 467 VIP3 com um ciclo precoce, grãos semiduros, com amarelo-alaranjado, tolerante ao glifosato e glufosinato, com boa performance produtiva com estabilidade, boa qualidade de colmo, boa textura dos grãos e boa tolerância ao complexo de enfezamento (BRASIL, 2023). O Fórmula Viptera² exibe um ciclo precoce, com grão semiduro, cor alaranjado, não tolerante ao glifosato e tolerante ao glufosinato, elevado potencial produtivo, rapidez com estabilidade produtiva, boa qualidade de grãos (BRASIL, 2023)

As cultivares da Nidera sementes pertencentes a multinacional Syngenta, NS 91 VIP3 exibe uma boa sanidade foliar e estabilidade produtiva, ótima expansão de espiga, com ciclo precoce, cor amarelo, semiduro tolerante a glifosato e glufosinato e moderadamente tolerante ao complexo de enfezamento (BRASIL, 2023). Já o NS 71 VIP3 tem uma elevada estabilidade produtiva, boa qualidade de colmo e raiz e boa tolerância ao complexo do enfezamento, com ciclo precoce, e grão amarelo alaranjado, e semi-dentado, sendo tolerante ao glifosato e glufosinato (BRASIL, 2023).

NS 90 PRO2, híbrido simples com um ciclo precoce, bom empalhamento, boa qualidade de tombamento, resistente somente ao herbicida glifosato, grãos duros,

moderadamente suscetível aos enfezamentos e se caracterizando como uma cultivar simples (BRASIL, 2023).

O P3310 VYHR Pioneer® Sementes pertencente a multinacional Corteva, exibe um ciclo precoce, grãos semiduros amarelo-alaranjado, bom potencial produtivo, Milho geneticamente modificado resistente a insetos da ordem lepidóptera e tolerante aos herbicidas glufosinato de amônio e glifosato (BRASIL, 2023). E por último o FS 575 PWU da empresa Forseed sementes, com elevado potencial produtivo, boa qualidade de como, eficiente sob condições de estresse hídrico, boa sanidade foliar, grão semiduro e amarelo-alaranjado com boa tolerância ao complexo de enfezamento (BRASIL, 2023).

Nas tecnologias, as cultivares de milho apresentam a Power Core™ (possui três proteínas inseticidas Cry1F, Cry1A.105, Cry2Ab2 e uma proteína que confere resistência a herbicida CP4 EPSPS), HR™ (possui uma proteína inseticida Cry1Fa2 e uma proteína que confere resistência a herbicida PAT), VIP™ (uma proteína inseticida VIP3Aa20), VIP3™ (duas proteínas inseticidas Cry1Ab e VIP3Aa20 e uma proteína que confere resistência a herbicida MEPSPS).

3.8 Avaliações do experimento

As variáveis agronômicas avaliadas na fase vegetativa do milho no estágio fenológico V14 foram: altura de planta (cm), com o auxílio de uma régua medindo desde as raízes adventícias até a folha bandeira da planta; o diâmetro do colmo (mm) com o auxílio de um paquímetro digital na parte central da planta; a redução dos entrenós foi realizada observando as plantas saudas e avaliando com uma régua entre cada nó da planta (cm); e população de *Dalbulus maidis* de forma visual e contagem do inseto vetor nas armadilhas.

Já na fase reprodutiva do milho as variáveis foram: produtividade que foi realizada através da colheita da parcela e pesagem dos grãos de cada híbridos. Foram efetuadas as pesagem e determinação de umidade individual de cada parcela para determinação da produtividade final. A avaliação dos enfezamentos seguida com base em uma escala descritiva de avaliação de enfezamento do milho (Adaptação EMBRAPA, 2017) Tabela 3, os sintomas do vírus raiado fino (*Maize Rayado Fino Virus*, MRFV), foram avaliadas visualmente com plantas saudas e sintomas semelhantes ao MRFV. O monitoramento da infestação das parcelas pela *Dalbulus maidis* foi realizado quinzenalmente após a semeadura, constituindo um dado

fundamental para a compreensão da dinâmica de transmissão das doenças associadas ao inseto vetor. Na avaliação de incidência de plantas sintomáticas foi conduzida em três momentos distintos, a partir do estágio fenológico R1, utilizando-se dez plantas previamente selecionadas por parcelas.

Tabela 3 – Escala descritiva de avaliação de enfezamento do milho

Nota	Peso	Descrição
1	0	Sem sintomas
2	1	25% das folhas com sintomas
3	2	25% a 50% das folhas com sintomas
4	3	50% a 75% das folhas com sintomas
5	4	75% das folhas com sintomas
6	5	Morte causada por enfezamento

Fonte: Adaptação Embrapa, (2017).

A colheita foi de forma manual, onde as espigas colhidas foram despalhadas e avaliadas com relação aos sintomas nas espigas. Colheu-se 2 linhas centrais de 4 metros para determinar a produtividade dos genótipos utilizados e estes foram relacionados às doenças ocorridas visualmente. Foram tomadas medidas de 10 plantas por parcela.

3.9 Análises estatísticas

Os dados coletados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk e Anderson-Darling, sendo considerados normais. A seguir foi realizada análise de variância (ANOVA) para verificar o efeito significativo dos tratamentos. Quando significativas as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o programa GENES, amplamente utilizado em experimentos agrônômicos e genéticos (CRUZ, 2016).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Durante a condução do experimento, observou-se uma elevação gradual das temperaturas medias, refletindo a transição da primavera para o verão, com registros de máximas superiores a 36 °C no mês de janeiro. A precipitação apresentou distribuição irregular, associada a eventos de ventos concentrados e de alta intensidade. Esses padrões climáticos são de grande relevância para o desenvolvimento da cultura do milho, visto que tanto o estresse térmico quanto o hídrico, especialmente quando coincidem com fases críticas como pendoamento e enchimento de grãos, podem comprometer significativamente o desempenho agrônômico da cultura (OLIVEIRA e BEDENDO (2019); LUBIAN et al., 2023).

Além do impacto direto no crescimento e produtividade do milho, condições de temperatura elevada e déficit hídrico também estão relacionadas à dinâmica populacional de *Dalbulus maidis* e à severidade dos sintomas de enfezamento. Estudos conduzidos no oeste do Paraná e em Santa Catarina demonstraram que altas temperaturas favorecem a multiplicação do vetor e aceleram o ciclo de transmissão dos mollicutes (VILANOVA 2021; CASTILHOS et al., 2022). Em contrapartida, períodos de estresse hídricos podem predispor as plantas a maior severidade dos sintomas, reduzindo o acúmulo de fotoassimilados e a eficiência fotossintética (LUBIAN et al., 2023).

Relatório técnicos recentes da Fundação ABC (2024), reforçam que safras conduzidas sob condições de temperaturas acima da média e chuvas mal distribuídas apresentaram maior intensidade de enfezamento e maiores perdas de rendimento, independentemente do híbrido utilizado. Esse cenário evidencia que a integração entre fatores bióticos e abióticos é determinante para a manifestação da doença no campo, justificando a importância de considerar as variáveis meteorológicas na interpretação dos resultados experimentais.

A análise de variância (ANOVA), descrita na Tabela 4 realizada para as variáveis altura de planta, diâmetro do colmo, população de *Dalbulus maidis*, produtividade, grau de enfezamento e umidade de grãos revelou diferenças significativas apenas para a característica altura de planta ($p = 0,0038$). Esse resultado indica que houve expressão da variabilidade genética entre os híbridos avaliados, refletindo diretamente na morfologia vegetal. Característica relacionadas ao porte da planta tem sido frequentemente associada à adaptação de genótipos frente a

estresses bióticos e abióticos, funcionando como um indicativo indireto de tolerância a doenças e pragas (CASTILHOS et al., 2022). A maior altura pode estar associada a maior vigor vegetativo e, conseqüentemente, à capacidade de compensar os efeitos fisiológicos negativos provocados pelos mollicutes transmitidos por *Dalbulus maidis*.

Tabela 4 - Resumo da análise de variância (ANOVA) para as variáveis altura de planta, diâmetro do colmo, População do inseto vetor *Dalbulus maidis*, produtividade e para o grau de enfezamento.

FV	Altura de planta (m)	Diâmetro do colmo (cm)	População	Produtividade (kg/ha)	Enfezamento	Umidade (%)
Blocos	0,0001	0,001	1,0278	11067,75	1,194	1,75
Tratamentos	0,0038**	0,0053 ^{ns}	4,0278 ^{ns}	95965,45 ^{ns}	0,596 ^{ns}	4,27 ^{ns}
Média geral	1,82	2,88	10,47	8541,55	2,28	20,5
CV(%)	1,89	2,7	33,37	3,49	26,93	6,62

Fonte: O autor, (2025).

Por outro lado, as demais variáveis não apresentaram diferenças significativas. O diâmetro de colmo ($p = 0,0053$), embora seja um parâmetro importante ligado à resistência ao acamamento e à sustentação da planta, não variou significativamente entre os híbridos. Estudos recentes demonstram que a característica que a característica pode não estar diretamente relacionada à resistência ao complexo de enfezamento, mas ainda assim desempenha papel agrônomo relevante ao manejo integrado da cultura (LUBIAN et al., 2023).

A população do inseto vetor também não apresentou variação estatística significativa ($p = 4,0278$), evidenciando que a infestação natural ocorreu de maneira relativamente homogênea no ensaio. Contudo, o coeficiente de variação observado foi elevado (33,37%), relevando heterogeneidade entre as parcelas. Esse resultado é esperado em condições de infestação natural, nas quais fatores microclimáticos e comportamentais do inseto influenciam a distribuição populacional (VILANOVA, 2021). É importante salientar que a adoção da "ponte verde" como estratégia de manutenção da população do vetor no ambiente experimental pode ter favorecido a colonização inicial de todas as parcelas resultado em pressão uniforme de inoculo, mas com variações intrínsecas à mobilidade do inseto.

A variável produtividade (kg/ha) também não apresentou diferença significativa entre os tratamentos ($p = 95965,45$). A ausência de significância pode estar associada à capacidade de compensação fisiológica dos híbridos avaliados, os

quais mesmo sob presença de infecção, mantiveram desempenho produtivo semelhante. Esse comportamento tem sido observado em outros estudos recentes, nos quais híbridos de milho com algum nível de tolerância conseguem sustentar a produção mesmo sob altas pressões de *Dalbulus maidis* e dos molicutes transmitidos (FARIA et al., 2022; FUNDAÇÃO ABC, 2024). De acordo com Castilhos et al. (2022), a expressão da tolerância pode ocorrer pela manutenção da fotossíntese em níveis próximos ao normal, pela arquitetura de planta ou por mecanismos fisiológicos que reduzem a severidade dos sintomas.

O grau de enfezamento ($p = 0,596$) também não diferiu entre os genótipos. Esse resultado pode estar ligado ao fato de que, em condições de alta pressão do vetor, até mesmo genótipos considerados tolerantes podem manifestar sintomas, como relatado pela Fundação ABC (2024), que identificou forte correlação (80%) entre índice de enfezamento e redução de produtividade em diferentes regiões produtoras de milho. Além disso, a variabilidade genética para tolerância ao complexo de enfezamento ainda é considerada limitada nos híbridos comerciais, o que justifica a homogeneidade estatística encontrada neste estudo. Gorayeb et al. (2025), já haviam destacado a dificuldade de identificar híbridos com resistência completa, apontado que a estratégia mais eficiente continua sendo a integração entre resistência parcial e prática de manejo fitossanitário.

Por fim, a variável umidade de grãos também não foi significativa entre os híbridos ($p = 4,27$), apresentando coeficiente de variação baixo (6,62%). Esse resultado confirma que os materiais avaliados apresentam comportamento semelhante na maturação fisiológica, o que é desejável em programas de melhoramento, uma vez que reduz as variações indesejadas no ponto de colheita. Lubian et al. (2023), reforçam que características como a manutenção do teor de clorofila e do ciclo fisiológico são importantes indicadores de tolerância, já que a infecção por molicutes pode acelerar a senescência foliar e interferir no enchimento de grãos.

De modo geral, os resultados da ANOVA evidenciam que, embora apenas a altura de planta tenha se destacado estatisticamente, as demais variáveis apresentam padrões coerentes com estudos recentes, nos quais diferenças sutis entre híbridos só se tornam evidentes em análises multivariadas ou em condições controladas de inoculação (ARCANGELI, 2023). Esse cenário reforça a necessidade de avaliações contínuas em diferentes locais e safras, buscando identificar genótipos que

apresentem estabilidade produtiva e menor suscetibilidade ao complexo de enfezamento.

A tabela 5 apresenta a análise dos 12 tratamentos avaliados quanto à altura de planta, diâmetro do colmo e população de *Dalbulus maidis*, evidenciando diferenças relevantes entre os materiais, especialmente em relação à altura e ao nível de infestação pelo inseto vetor. a altura de planta variou de 1,76 m no híbrido de milho SUPREMO VIP3 a 1,87 m no híbrido de milho DEFENDER VIP3 e NS 71 VIP3. Esse intervalo relativamente estreito confirma a homogeneidade do material genético testado, mas reforça que mesmo em pequenas variações podem influenciar a resposta ao complexo de enfezamento. Estudos recentes relatam que híbridos de maior porte podem apresentar maior vigor vegetativo e capacidade de compensação fisiológica sob estresse biótico (CASTILHO et al., 2022). Segundo Faria et al. (2022), plantas mais altas apresentam maior volume de tecidos fotossinteticamente ativos, permitindo compensar perdas de assimilados mesmo diante da redução da eficiência causada por mollicutes transmitidos pelo vetor.

Por outro lado, o híbrido SUPREMO VIP3, com menor altura média 1,76 m apresentou também a maior população de isentos 13,33/parcela, o que pode sugerir como associação entre o porte reduzido e maior colonização do vetor. Lubian et al. (2023), observaram que genótipos de menor porte pode ser mais suscetíveis à colonização inicial de *Dalbulus maidis* devido à proximidade do dossel com a superfície do solo, onde ocorre a movimentação inicial dos insetos. Essa relação, no entanto, não é universal, pois outros estudos, como os de Vilanova (2021), apontam que a densidade populacional do vetor em campo sofre forte influência de fatores climáticos e microambientais, o que pode mascarar padrões de preferência.

Tabela 5 - Médias dos 12 tratamentos avaliados quanto às características, altura de planta, diâmetro do colmo, população do inseto vetor *Dalbulus maidis*.

TRATAMENTO	Altura de planta (m)	Diâmetro do colmo (cm)	População de <i>D. maidis</i> (insetos/parcela)
DKB255PRO ⁴	1,78ab	2,83	11,33
SUPREMOVIP ³	1,76b	2,81	13,33
FEROZVIP ³	1,83ab	2,91	10,33
DEFENDERVIP ³	1,87a	2,85	11,33
NS91VIP ³	1,86ab	2,87	10,33
NS71VIP ³	1,87a	2,90	10,00
NS90PRO ²	1,82ab	2,88	9,33
NK467VIP ³	1,78ab	2,81	9,33
FÓRMULAVIP ²	1,80ab	2,91	10,67
P3310VYHR	1,82ab	2,93	10,33
FS575PWU	1,82ab	2,92	9,00
AG9035PRO ³	1,78ab	2,89	10,33

Fonte: O autor, (2024).

O diâmetro do colmo variou pouco entre os híbridos, oscilando de 2,81 cm nos híbridos de milhos SUPREMO VIP3 e NK 467 VIP3 a 2,93 m no híbrido de milho P3310 VYHR. A ausência de diferenças estatísticas sugere que essa variável não foi determinante para a resistência ou tolerância ao complexo de enfezamento nessa condição experimental. Trabalho como os de Oliveira e Bedendo., (2019) e Castilho et al. (2022), confirmaram que o diâmetro do colmo tem relação mais direta com resistência ao acamamento e facilidade de colheita, não sendo considerado marcador confiável de resistência a mollicutes. Entretanto, há evidências de que colmos mais espessos possam contribuir indiretamente para maior tolerância, ao facilitar a redistribuição de assimilados e retardar os efeitos da senescência precoce induzida pela doença (LUBIAN et al., 2023).

A variável população de *Dalbulus maidis*, variou de 9,00 no híbrido de milho FS 575 PWU a 13,33 no híbrido de milho SUPREMO VIP3. Embora não tenha tido significância estatística, a variação numérica aponta possíveis diferenças em atratividade ou suscetibilidade inicial entre os híbridos. O desempenho do híbrido FS 575 PWU, que apresentou a menor média de infestação, é particularmente relevante, por conta que a menor densidade populacional de cigarrinhas em determinados híbridos pode reduzir a pressão de transmissão e resultar em menor incidência de enfezamentos, mesmo em ambientes de alta pressão da praga.

Outro material que merece destaque é o DEFENDER VIP3, que apresentou o maior porte de 1,87 m e uma infestação intermediária de 11,33 insetos/parcela. Essa combinação pode ser vantajosa, pois alinha o vigor vegetativo com a colonização moderada, favorecendo a manutenção de produtividade sob pressão do vetor. Segundo Arcangeli (2023), classificou o híbrido de milho DEFENDER VIP3 entre os híbridos mais promissores como fonte de resistência parcial, destacando sua consistência de desempenho em diferentes locais de cultivo.

De forma oposta, o híbrido SUPREMO VIP3 pode ser considerado como um ponto crítico, pois combinou menor altura e maior colonização de insetos. Essa interação é preocupante, já que a literatura mostra que populações mais elevadas de *Dalbulus maidis* geralmente resultam em maior severidade de sintomas de enfezamento e maiores perdas produtivas (OLIVEIRA et al., 2007; FUNDAÇÃO ABC, 2024). Esses resultados reforçam a complexidade da interação entre a altura de planta e a população de *Dalbulus maidis* e manifestação dos enfezamentos. Como salientam os autores Gorayeb et al., (2025) e Vilanova (2021) a variabilidade genética disponíveis nos híbridos comerciais ainda é limitada para resistência completa ao complexo de enfezamentos. Desta forma, identificar híbridos que apresentam tolerância parcial, como observado nos híbridos de milho FS 575 PWU e DEFENDER VIP3, é uma estratégia crucial dentro de programas de melhoramento.

A Tabela 6 mostra a média dos 12 tratamentos avaliados quanto às características produtividade, grau de enfezamento e umidade de grãos do inseto vetor *Dalbulus maidis*. no qual a produtividade média variou de 8.250,96 kg ha⁻¹ no híbrido de milho SUPREMO VIP3 a 8.810,82 kg/há⁻¹ no híbrido de milho AG 9035 PRO3, indicando amplitude de aproximadamente 560 kg/ha entre os híbridos. Embora a análise de variância (Tabela 4) não tenha mostrado significância estatística, a diferença prática é relevante, especialmente em sistemas de produção comercial. Segundo Fundação ABC (2024), diferenças na ordem de 500-800 kg/ha sob alta pressão de enfezamentos já representaram grandes impactos econômicos, principalmente em regiões de safrinha.

O destaque positivo foi o híbrido AG 9035 PRO3, que atingiu a maior média produtiva de 8.810,82 kg/ha e o menor grau de enfezamento de 1,67. Esse comportamento é consistente com estudos como o de Arcangeli (2023), que identificaram híbridos como AG 9035 PRO3 e FS 575 PWU entre os mais estáveis em condições de infestação natural. Esses resultados sugerem que tais materiais podem

reunir mecanismos de tolerância fisiológica que minimizam os efeitos negativos da infestação.

Tabela 6 - Médias dos 12 tratamentos avaliados quanto às características, produtividade, grau de enfezamento e umidade de grãos do inseto vetor *Dalbulus maidis*.

Tratamento	Produtividade (kg/ha)	Grau de enfezamento	Umidade de grãos (%)
DKB255PRO ⁴	8691,76	2,00	18,33
SUPREMOVIP ³	8250,96	3,00	21,33
FEROZVIP ³	8435,82	2,67	20,67
DEFENDERVIP ³	8360,15	2,67	20,67
NS91VIP ³	8569,93	3,00	20,33
NS71VIP ³	8478,45	2,00	21,33
NS90PRO ²	8588,12	2,00	21,33
NK467VIP ³	8681,32	2,00	21,67
FÓRMULAVIP ²	8290,23	2,33	21,33
P3310VYHR	8722,22	2,00	18,00
FS575PWU	8618,87	2,00	21,00
AG9035PRO ³	8810,82	1,67	20,00

Fonte: O autor, (2024).

O híbrido de milho P3310 VYHR também apresentou desempenho favorável, com produtividade elevada de 8.722,22 kg/ha e baixo grau de enfezamento 2,00. Segundo Castilhos et al. (2022), híbridos desse grupo genético já haviam se destacado no oeste de Santa Catarina, mostrando estabilidade produtiva mesmo em cenários de alta pressão do vetor, reforçando sua consistência em diferentes ambientes. Na literatura recente, Ramos (2021), investigaram interações genótipo-ambiente em híbridos de milho no Centro-Oeste brasileiro, relacionando características morfológicas, componentes de rendimento e tolerância a doenças. Eles mostram como alguns híbridos mantem rendimento estável em múltiplos ambientes mesmo sob pressão de patógenos, indicando que a estabilidade produtiva observada em AG 9035 PRO3 e P3310 VYHR pode derivar de respostas positivas a ambientes diversos.

Estudos como de Dudek (2023), evidenciam que a resistência genética ao complexo de enfezamento pode ser identificada por meio da avaliação da incidência e severidade dos sintomas relacionada aos rendimentos agrônômicos em diferentes genótipos. Além disso, conforme relatado por Nimet (2022), a época de plantio e o histórico de sucessão de culturas influenciam significativamente a incidência do complexo de enfezamento, podendo chegar a 90% em alguns casos.

Por outro lado, o híbrido de milho SUPREMO VIP3, apresentou o menor rendimento de 8.250,96 kg/ha e o maior grau de enfezamento de 3,00. Além de ter registrado a maior infestação de *Dalbulus maidis* na Tabela 5. Esse resultado sugere um padrão consistente de maior suscetibilidade, possivelmente associado a maior atratividade ao vetor e menor capacidade de compensação fisiológica. Resultados semelhantes foram relatados por Oliveira et al. (2007) e confirmados por Fundação ABC (2024), que destacam que híbridos com maior colonização inicial do vetor tender a expressa maior severidade de sintomas e perdas produtivas.

O híbrido de milho FS 575 PWU, embora não tenha sido o mais produtivo com 8.618,87 kg/ha, destacou-se pelo baixo grau de enfezamento de 2,00 e menor colonização do vetor na Tabela 5. Esses atributos corroboram a hipótese de que está híbrido pode possuir mecanismos de antixenose ou resistência parcial, reduzindo a transmissão dos mollicutes. Estudos de Lubian et al. (2023), reforçam que genótipos que mantem o teor de clorofila e a atividade fotossintética, mesmo após a infecção são capazes de sustentar produtividade estáveis, característica compatível com o desempenho de FS 575 PWU.

O híbrido DEFENDER VIP3, apesar de apresentar produtividade intermediária de 8.360,15 kg/ha e grau de enfezamento moderado de 2,67, merece destaque por sua altura de planta mais elevada de 1,87 m na Tabela 5. Essa combinação pode indicar que o material compensa a infecção pelo vetor por meio do vigor vegetativo. Faria et al., (2022) e Vilanova (2021), destacam que híbridos de maior porte frequentemente apresentam maior capacidade de compensação fisiológica retardando os efeitos da senescência precoce causada pelos enfezamentos.

No que diz respeito à umidade de grãos, as médias variam de 18,00% no híbrido de milho P3310 VYHR e 21,67% no híbrido de milho NK 467 VIP3. Embora não tenha havido diferenças significativas, é importante ressaltar que teores de umidade baixos como os dos híbridos de milho P3310 VYHR e DKB 255 PRO4 de 18,33%, são agronomicamente desejáveis, pois reduzem custos de secagem e riscos de perdas pós-colheita. Estudos como os de Castilhos et al. (2022), confirmaram que a infecção por mollicutes pode antecipar a senescência e reduzir o teor de umidade, mas em alguns híbridos isso não comprometeu a produtividade final.

Segundo Fundação ABC (2024) e ARCANGELI, (2023), apontam que a resistência ao complexo de enfezamento é parcial e quantitativa, e deve ser interpretada em conjunto com atributos fisiológicos e agronômicos. Desta forma, a

seleção de híbridos para regiões de alta infestação de *Dalbulus maidis* deve priorizar matéria que combine boa estabilidade produtiva, menor colonização inicial do vetor e baixo grau de enfezamento, como observado para os híbridos AG 9035 PRO3, FS575 PWU, e P3310VYHR neste estudo.

5. CONCLUSÃO

Concluindo-se com os resultados obtidos evidenciaram que, embora apenas a altura de planta tenha apresentado diferença estatística significativa pela análise de variância, houve variações relevantes entre os híbridos no comportamento frente à infestação de *Dalbulus maidis* e à manifestação do complexo de enfezamentos. Híbridos de milho como o AG 9035 PRO4, P3310 VYHR e DEFENDER VIP3 destacaram-se positivamente, combinando maior produtividade, menor grau de enfezamento e em alguns casos, menor colonização do vetor, sugerindo mecanismos de resistência parcial associados à antixenose ou tolerância fisiológica. Em contrapartida, o híbrido SUPREMO VIP3 apresentou maior colonização de *Dalbulus maidis*, maior severidade dos sintomas e menor rendimento, evidenciando maior suscetibilidade.

De forma geral, os resultados reforçam que a resistência ao complexo de enfezamento em milho é quantitativa e multifatorial, dependendo não apenas da genética dos híbridos, mas também da interação com fatores ambientais e da dinâmica populacional do vetor. Assim, a escolha de materiais com comportamento mais estável frente à *Dalbulus maidis*, com o AG 9035 PRO3 e FS 575 PWU, representa uma estratégia fundamental para reduzir perdas de rendimento e avançar no manejo integrado da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRITEMPO. Previsão climática para o estado do Paraná. Disponível em: <https://www.agritempo.gov.br/br/estado/PR/graficos/>. Acesso em: 07 jan. 2025.

AGROLINK. **Manejo integrado da cigarrinha-do-milho**. 2024. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/agrolinkfito/manejo-integrado/manejo-integrado-de-pragas/controla--manejo-integrado--da-cigarrinha-do-milho--dalbulus-maidis-485243.html/>. Acesso em: 13 jul. 2025.

ALBUQUERQUE, L. C.; ANDRADE, R. A.; OLIVEIRA, C. M.; PEREIRA, A. I. Infestação de *Dalbulus maidis* e severidade do enfezamento em híbridos comerciais de milho no Cerrado brasileiro. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.21, n.2, p.197-210, 2022.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; DE MORAES GONÇALVES, J. L.; SPAROVEK, Gerd. **Mapa de classificação climática de Köppen para o Brasil**. Meteorologische Zeitschrift, v. 22, n. 6, p. 711-728. 2013.

ALMEIDA, R. F.; SANTOS, D. S.; PEREIRA, C. G.; LIMA, R. R. Caracterização de sintomas e severidade do enfezamento vermelho em híbridos de milho no Brasil. **Revista Brasileira de Fitopatologia**, v.47, n.2, p.133-142, 2022.

ALVES, J. R.; AZEVEDO FILHO, V. S.; SANTOS, R. M. Dinâmica populacional e dispersão da cigarrinha-do-milho no Brasil Central. **Revista Agroambiente**, v.16, n.3, p.77-88, 2022.

ARCANGELI, T. C. **Hospedeira alternativos na sobrevivência de *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) durante a entressafra do milho**. Dissertação (Mestrado em Agricultura e Ambiente) – Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2023.

BATTISTI, R.; SENETELHAS, P. C.; PILAU, F. G.; BENDER, F. D. Impacts of climate change on maize yield in Brazil: regional assessment and adaptation strategies. **Agricultural Systems**, v. 190, p. 103-116, 2021.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Registro Nacional de Cultivares – RNC. Brasília, DF: MAPA, 2025. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/insumos-agropecuarios/insumos-agricolas/sementes-e-mudas/registro-nacional-de-cultivares/>. Acesso em: 10 de jul, 2024.

CALEGARI, A.; ALMEIDA, L. P.; COSTA, A. Diversificação e sustentabilidade em sistemas ILPF. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 16, n. 2, p. 59-73, 2021.

CARPANE, P; RAMOS, S.; FERNÁNDEZ, E.; GUTIÉRREZ, J. Probing behavior of the corn leafhopper *Dalbulus maidis* on resistant and susceptible maize hybrids. **PLOS ONE**, v. 17, n. 8, p. 27-89, 2022.

CASTILHOS, R. V.; PARIZOTTO, C.; BERMUDEZ, F.; RIBEIRO, L. P.; CANALE, M. C. Severity of corn stunt disease on maize genotypes in the Midwest of the Brazilian state of Santa Catarina. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 21, 2022.

CLEMENS, C.; ZHANG, Y.; LIU, H. Gemone editing in maize: recente advances and perspectives for disease resistance. **Frontiers in Plant Science**, v.12, p. 674, 2021.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileiro – **grãos: novo levantamento**, janeiro de 2025 – safra 2023/2024/2025. Disponível em: http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/1graos_08.09.pdf/. Acesso em: 08 maio 2025.

COSTA, R. V.; OLIVEIRA, E.; QUEIROZ, V. A. V.; TEIXEIRA, F. F. Ocorrência do *Maize rayado fino vírus* em milho e sua interação com o complexo de enfezamentos. **Tropical Plant Pathology**, v. 46, p. 324-333, 2021.

CRUZ, C. D. **Programa GENES: estatística experimental e matrizes**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2016. 286 p.

DUARTE, A. P.; NUNES, J. O.; GARCIA, F. M. Desafios produtivos do milho em sistemas de segunda safra no Brasil. **Revista de Ciência Agrárias**, v. 45, n. 3, p. 421-436, 2022.

DUDEK, L. **Resistência genética de híbridos de milho ao complexo de enfezamentos**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2023.

EBERSON, L. A.; PEREIRA, C. B.; MENDES, R. J. Ciclo de vida da cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*) em condições controlada. **Entomologia Brasileira**, v. 14, n. 2, p. 121-129, 2021.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos** – 3ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018. 353 p.

EMBRAPA. **Cigarrinhas e enfezamentos no milho: manejo do risco e convivência**. 2018.

Disponível em: <https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/32498191/cigarrinha-e-enfezamentos-no-milho-manejo-do-risco-e-convivencia/>. Acesso em: 12 abri. 2023.

EMBRAPA. **Guia de boas práticas para o manejo dos enfezamentos e da cigarrinha-do-milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2020. 40 p.

FAJARDO, T. V. M.; NICKEL, O. **Transmissão de vírus e controle de virose em plantas**. 2019. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1107832/1/Doc110.pdf> /. Acesso em: 04 jun. 2023.

FAO. World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2023. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2023. Disponível em: <https://www.worldfoodandagriculture.org/StatisticalYearbook2023/>. Acesso em: 01 set. 2025.

FAO – Food and Agriculture Organization of the United Nations. FAOSTAT: Statistical Database. Roma: FAO, 2022.

FARIA, J. C.; SOUZA, P. H.; MORAES, M. A.; SANTOS, C. G. Resistance of maize genotypes to *Dalbulus maidis*: antixenosis and antibiosis effects. **Phytoparasitica**, v. 50, p. 903-916, 2022.

FARIA, R. D.; FANELA, T. L. M.; SARTORI, M. M. P.; LOPES, J. R. S.; LOURENÇÃO, A. L.; BALDIN, E. L. L. Evaluation of resistance of Bt and non-Bt maize genotypes to *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) and associated mollicutes. **Phytoparasitica**, p. 1-13, 2022.

FORESTI, D.; CUNHA, M. S.; PEREIRA, R. F.; MARTINS, C. R.; SILVA, L. F. Spatial-temporal distribution of *Dalbulus maidis* (Hemiptera: Cicadellidae) and factors affecting its abundance in Brazilian corn fields. **Journal of Applied Entomology**, v. 146, n. 4, p. 576-579, 2022.

FUNDAÇÃO ABC. Relatório Técnico: Manejo da cigarrinha-do-milho. Castro: **Fundação ABC**, 2024.

GAOTTO, A. L.; REIS, E. M.; POZZA, E. A.; ANDRADE, C. L.; SILVA, O. A. Epidemiologia e danos do complexo de enfezamentos do milho em diferentes regiões produtoras do Brasil. **Tropical Plant Pathology**, v. 46, n. 5, p. 547-556, 2021.

GORAYEB, S. E.; NASCIMENTO, S. C. D.; FERREIRA, J. OLIVEIRA, V. G. F. SAVARIS, D. M.; CARBONARI, L. T. S.; RIBEIRO, P. L.; CANALE, M. C.; SILVA, F. N. Variabilidade genética de populações de *Dalbulus maidis* do Brasil e sua infectividade com patógenos do complexo Corn Stunt. **Neotrop Entomol**, v. 54, n. 44. 2025.

LUCIO, A. D.; SANTOS, D. A.; MORAIS, C. Feeding behavior os *Dalbulus maidis* on resistant maize hybrids. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 171, p. 23-34, 2023.

MACEDO, W. R.; SILVA, F. A. M.; PEREIRA, L. C.; ANDRADE, A, C.; SOUZA, V. J. Desempenho produtivo do milho em diferentes sistemas de cultivo no Brasil Central. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 20, n. 3, p. 450-463, 2021.

MAPA – Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Anuário da Produção Animal no Brasil. Brasília: MAPA, 2022.

MASSOLA JUNIOR, N. S.; BEBENDO, I. P. Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas. 2. Ed. Piracicaba: **FEALQ**, 2021.

MARCONI, T. G.; PEREIRA, L. F.; SILVA, M. S.; REZENDE, J. A. Genimic regions associated with resistance to maize bushy stunt phytoplasma. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 135, p. 3117-3132, 2022.

MIRANDA, R. A.; BARBOSA, J. R.; FERREIRA, D. G. Plantas tigueras de milho como hospedeiro de *Dalbulus maidis* e fontes de inóculo de mollicutes. **Tropical Plant Pathology**, v. 45, n. 5, p. 612-619, 2020.

NINET, M. S. **Fatores determinantes da incidência dos enfezamentos pálido e vermelho em cultivos de milho**. Dissertação (Mestrado em Defesa Sanitária Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2022.

OECD; FAO. OECD-FAO Agricultural Outlook 2022-2031. Paris: OECD Publishing, Rome: FAO, 2022. Disponível em: https://doi.org/10.1787/f1b0b29c-en?utm_source=chatgpt.com/. Acesso em: 01 set, 2025.

OLIVEIRA, C. M. D.; OLIVEIRA, E. D.; CRUZ, I.; LOPES, J. R. S. Controle químico da cigarrinha-do-milho e incidência dos enfezamentos causados por mollicutes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 3, p. 297-303, 2007.

OLIVEIRA, E.; COSTA, R. V.; TEIXEIRA, F. F. Comportamento agrônomo de híbridos sob pressão de enfezamentos. **Tropical Plant Pathology**, v. 45, n. 4, p. 501-510, 2020.

OLIVEIRA, F. F. D.; BEBENDO, I. P. **Sobrevivência do fitoplasma do enfezamento vermelho do milho e de seu vetor *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) em algumas espécies forrageiras**. 2019. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2019.

PAZDA, E.; SILVA, F. L.; GONÇALVES, C. A.; TORRES, A. Epidemiologia do complexo de enfezamentos em híbridos de milho no Brasil. **Revista de Agricultura Neotropical**, v. 10, n. 2, p. 45-55, 2023.

PAZDA, R. A. **Incidência e práticas utilizadas no manejo da cigarrinha-do-milho e enfezamentos no Sul do Brasil**. 2023. Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

PEREIRA, L. A.; GOMES, R. S.; MARTINS, D. S.; LOPES, M. Variabilidade de sintomas e perdas do enfezamento vermelho em híbridos comerciais de milho. **Scientia Agricola**, v. 78, n. 4, p. 202-2019, 2021.

PINTO, C.B; RAMALHO, M. A.; FREITAS, R. C. The first sampling plan for controlling *Dalbulus maidis* in maize crops. **Plants**, v. 13, n. 3, p. 401, 2024.

RESENDE, M. D. V.; SOUZA, J. C.; GARCIA, C. High-throughput phenotyping in maize breeding for disease resistance. **AgriEngineering**, v. 6, n. 2, p. 62, 2024.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F.; VARGAS, V. P. Ecofisiologia e manejo da cultura do milho em ambientes tropicais e subtropicais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 19, 1198, 2020.

SILVA, D. J. M.; PEREIRA, F. A.; LIMA, T. Resistência de *Dalbulus maidis* a inseticidas e implicações para o manejo. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 67, p. 23-89, 2023.

SILVA, I. R. **Avanços em manejo integrado da cigarrinha-do-milho (*Dalbulus maidis*)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) – Universidade Anhembimorumbi. 2023.

SHIFERAW, B. PRASAD, P. V. V.; BADANI, J.; HALL, A. J.; BANZIGER, M. Past successes and future challenges to the role played by maize in global food security. **Food Security**, v.3, p. 307-327, 2021.

TAO, F.; ZHANG, Z.; XU, Y; ZHANG, S.; CHANG, J. Climate change and global maize production: quantitative projections and adaptation strategies. **Nature Food**, v. 3, p.153-162, 2022.

USDA – United states Department of Agriculture. World Agricultural supply and Demand Estimates (WASDE). Washington: USDA, 2023.

VILANOVA, E. D. S. **Efeito do estágio de desenvolvimento da planta e densidade populacional do vetor, *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae), sobre a transmissão e danos do fitoplasma do milho**. 2021. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade de São Paulo – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2021.

ZHANG, H.; WANG, Y.; LI, X. Remote sensing for crop pest monitoring and forecasting. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 190, p. 105-582, 2021.