

LAUIZY DE ANDRADE BEZERRA

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE CULTIVARES COMERCIAIS DE MILHO
(*Zea mays*) AO ATAQUE DE *Sitophilus zeamais* Motschulsky (COLEOPTERA:
CURCULIONIDAE)

SERRA TALHADA
PERNAMBUCO-BRASIL

2022

**B
E
Z
E
R
R
A**

**L
A**

**A
V
A
L
I
A
Ç
Ã
O**

**.
. .
. .
2
0
2
2**

LAUIZY DE ANDRADE BEZERRA

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE CULTIVARES COMERCIAIS DE MILHO
(*Zea mays*) AO ATAQUE DE *Sitophilus zeamais* Motschulsky (COLEOPTERA:
CURCULIONIDAE)

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós- Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Orientador(a): Dr. Carlos Romero Ferreira de Oliveira

Coorientador: Dra. Cláudia Helena Cysneiros Matos de Oliveira

SERRA TALHADA
PERNAMBUCO-BRASIL

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

B574a

Bezerra, Lauizy de Andrade Bezerra

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE CULTIVARES COMERCIAIS DE MILHO (*Zea mays*) AO ATAQUE DE *Sitophilus zeamais* Motschulsky (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE): AVALIAÇÃO DA SUSCEPTIBILIDADE DE CULTIVARES COMERCIAIS DE MILHO A *Sitophilus Zeamais* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE) / Lauizy de Andrade Bezerra Bezerra. - 2022.

45 f. : il.

Orientador: Carlos Romero Ferreira de .

Coorientadora: Claudia Helena Cysneiros Matos de Oliveira.

Inclui referências.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal , Serra Talhada, 2022.

1. Caruncho do milho. 2. Grãos armazenados. 3. Susceptibilidade. 4. Antixenose. 5. Antibiose. I. , Carlos Romero Ferreira de, orient. II. Oliveira, Claudia Helena Cysneiros Matos de, coorient. III. Título

CDD 581.15

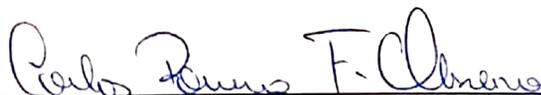
LAUIZY DE ANDRADE BEZERRA

AVALIAÇÃO DA RESISTÊNCIA DE CULTIVARES COMERCIAIS DE MILHO
(*Zea mays*) AO ATAQUE DE *Sitophilus zeamais* Motschulsky (COLEOPTERA:
CURCULIONIDAE)

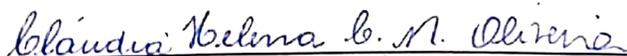
Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, Unidade Acadêmica de Serra Talhada, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, para obtenção do título de Mestre em Produção Vegetal.

Aprovado em 23/02 /2022.

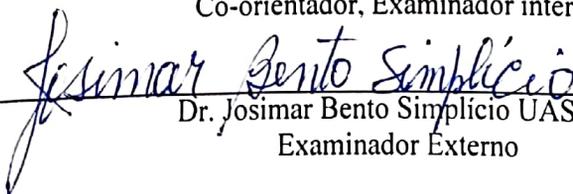
Banca Examinadora



Dr. Carlos Romero Ferreira de Oliveira - UAST/UFRPE
Orientador(a)



Dra. Cláudia Helena Cysneiros Matos de Oliveira - UAST/UFRPE
Co-orientador, Examinador interno



Dr. Josimar Bento Simplicio UAST/UFRPE
Examinador Externo

Aos meus pais Maria Leniura e Luis Alves
que sempre estão comigo e que são
meu porto seguro, a minha base,
e os meus heróis.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me concedido o dom da vida, e assim permitir que eu possa correr atrás dos meus sonhos tendo a certeza de que sou amada por Ele. Agradeço a minha mãezinha Nossa Senhora Aparecida, minha protetora que me cobre com seu manto sagrado, a qual sou tão devota a Ela.

Agradeço aos meus pais, Luis Alves e Maria Leniura, primeiramente por terem me dado a vida, tudo é para vocês, meus maiores exemplos de seres humanos, onde eu busco paz, conforto e carinho nos momentos difíceis e bons. Só nós e Deus sabemos as batalhas que já enfrentamos, e sabemos que muitas delas não foram fáceis, mas sempre, independentemente da situação, temos uns aos outros, no apoio, na fé e na oração, e vencemos e venceremos as que ainda virão. Agradeço por me proporcionarem os melhores momentos que são quando estou com os senhores, fica até difícil encontrar palavras que sejam suficientes para declarar o quando sou grata aos senhores meus heróis. O amor que existe é um amor ágape, e agradeço a Deus por isso, porque tenho certeza que jamais encontraria melhores pais.

Agradeço a minha mãe Valdete Andrade que é muito mais que uma madrinha, a minha madrinha Valcira Andrade e ao meu padrinho Jobson Diego, aos meus tios que são meus segundos pais Valdilene Andrade e Isdel Cândido, estes que sempre me apoiaram, me ampararam nos momentos difíceis, e comemoraram comigo nos momentos de felicidade. Os senhores sabem o quanto são importantes pra mim e sou grata por cada ensinamento.

Agradeço ao meu tio Francisco Bezerra, Tio Celso Lima, Tia Maria Alves, minha Vó Adeliz Andrade, Tia Maria Alves (*In memoriam*) que perdi durante este período de luta mais que foram e são extremamente importantes pra mim, e que sei que onde estiverem, estão felizes por mais essa conquista na minha vida.

Agradeço a minha família Andrade e Bezerra que são fundamentais para minha vida, cada um sabe o quanto é especial e importante para mim, foi com vocês que eu aprendi o significado de força e união, cada um de forma especial contribuem com o meu crescimento.

Agradeço aos meus amigos-irmãos, Francineia Lima e Allan Lima, e a minha pequena Marina Lima, que foram essenciais para essa caminhada dar certo, que me ajudaram de todas as formas, sou grata. Ao meu primo José Jailson que também foi peça fundamental para que tudo isso se realizasse.

Agradeço ao meu amigo Joel Andrade, um grande amigo, que me apoiou e que me ajudou nessa caminhada árdua, e também me ajudou na vida pessoal, e a tornar-me uma pessoa melhor. Obrigada por todo carinho, dedicação e atenção que você sempre teve comigo.

Ao meu amigo irmão Ariel Sharon que me fez muitas vezes sorrir quando não estava bem, e que também já puxou muito minha orelha quando era necessário. Agradeço a ti por ser tão paciente comigo e por estar presente em minha vida e fazer meus dias melhores. Obrigada por sua dedicação e toda ajuda nos experimentos, na vida acadêmica, na vida pessoal, você sabe que te amo muito.

Agradeço a Natalia Pereira, Carlos Natan Angelim, Bianca Porfirio, Pedro Erian, Astrogilda Batista, Geovana Sandes, Jessica Alves, Pedro Herminio, Brenna Karelly, Juscivânia Cordeiro, Aline Lima, Nathan Lucena, Elania Freire, Fred Louredo, Yara Araújo. Lembrem-se sempre de que são muito especiais para mim, seja por uma palavra de incentivo, uma ajuda no experimento, ajuda na vida pessoal, vocês me fizeram conseguir concluir mais uma etapa, e que cada um, de forma diferente e especial, me fez acreditar no poder da amizade.

Agradecer de forma especial a Priscila Santos, Cinara Felix e Patryck Érmerson por toda força na montagem e condução dos experimentos, pelas horas dedicadas a me ajudar, por me aguentarem aperreando vocês, pela ajuda nas altas horas da noite, por toda ajuda na estatística desse projeto, pelas risadas compartilhadas, conversas de apoio e incentivo, e pelos “choques de realidade” quando viam que era necessário. Vocês são extremamente incríveis, gratidão de todo meu coração.

Agradeço ao pesquisador Dr. José Nildo Tabosa do IPA(PE) que foi extremamente compreensivo e generoso, colaborando com a doação das sementes utilizadas nos experimentos, pela contribuição com materiais de estudos e dicas profissionais que levarei para toda vida. À professora Monalisa Diniz que cedeu material para execução de testes nos experimentos, por todas as dicas e ensinamentos desde a graduação até essa fase do mestrado, minha eterna gratidão.

Agradeço a Deus pelos mestres que colocou no meu caminho durante essa jornada. Quero agradecer a banca avaliadora por todas as contribuições de forma precisa e profissional para que este trabalho ficasse o melhor possível, meus sinceros agradecimentos.

Quero agradecer aos meus orientadores professores doutores Carlos Romero Oliveira e Cláudia Helena Oliveira que foram e são mestres no transmitir do saber de forma admirável e

orientadores extremamente pacientes e bondosos, que tiveram toda atenção comigo. Mesmo em alguns momentos de teimosa os senhores souberam driblar isso, e me ajudaram demais, aprendi muito durante esta longa jornada, gratidão pelos seus ensinamentos, gratidão por todo conhecimento repassado.

Quero agradecer a Universidade Federal Rural de Pernambuco- Unidade Acadêmica de Serra Talhada, por proporcionarem a mim e a todos jovens a realização de sonho do ensino superior, ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal-UFRPE pela disponibilidade do curso de mestrado, este que permite que crescamos profissionalmente e pessoalmente, e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES-MEC), pela concessão da bolsa acadêmica que assim permite que consigamos nos tornar pesquisadores e concluir etapas de nossas vidas.

Quero agradecer também a mim, que mesmo em meio a tribulações não desisti, que corri atrás de realizar meus objetivos, que fiquei firme na “ventania” e mantive a fé sempre viva em meu coração, gratidão a mim, por tentar ser uma pessoa melhor todos os dias, e por acreditar que sonhos se tornam reais.

E por fim a todos que direta ou indiretamente me ajudaram nessa etapa da minha vida. A vocês meus sinceros agradecimentos.

Hoje, neste tempo que é seu, o futuro está sendo plantado. As escolhas que você procura, os amigos que você cultiva, as leituras que você faz, os valores que você abraça, os amores que você ama, tudo será determinante para a colheita futura.

Padre Fábio de Melo

Resumo Geral

O coleóptero *Sitophilus zeamais* (Curculionidae) é uma das pragas mais importantes de cereais armazenados no mundo, podendo infestar os grãos no campo e no armazenamento. O controle desta praga é feito usualmente com inseticidas sintéticos, os quais apresentam alto custo e são utilizados, muitas vezes, de forma inadequada e recorrente, ocasionando o desenvolvimento de populações de insetos resistentes aos produtos utilizados. Além disso, deixam resíduos nos alimentos e no meio ambiente, gerando um risco tanto para a saúde humana como para o agroecossistema. Nesse sentido, o uso de variedades resistentes destaca-se como uma das formas mais eficazes de combater pragas no armazenamento, pois tornam os grãos mais resistentes ao ataque e estabelecimento dos insetos. Diante disso, o objetivo deste trabalho foi avaliar a susceptibilidade/resistência de cultivares de milho comerciais (BRS GORUTUBA-EMBRAPA, SÃO JOSÉ-IPA, CMS 36-IPA, AG 1051 AGROCERES, AL BANDEIRANTE-CATI E FERROZ VIP-SYNGENTA) a *S. zeamais*, através de testes com e sem chance de escolha. Nos testes sem chance de escolha foi avaliada a emergência diária, a taxa instantânea de crescimento (r_i) de *S. zeamais*, e a perda de massa dos grãos. Foram utilizadas 10 arenas individuais constituídas por potes plásticos (100mL) contendo 20g de milho de uma das cultivares e 20 insetos adultos não sexados, com idade de até 48h. Para a avaliação da emergência, os insetos ficaram confinados em contato com os grãos por sete dias para efetuarem a postura. Após este período, os insetos foram retirados e os grãos foram novamente armazenados por um período de 30 dias, procedendo-se então a contagem do número de insetos emergidos em cada variedade e a perda de massa decorrente do consumo dos insetos. No teste de avaliação da taxa de crescimento populacional de *S. zeamais* foram utilizados os mesmos procedimentos de montagem das arenas, entretanto os insetos permaneceram armazenados nos potes em contato com os grãos durante 37 dias. Após este período, avaliou-se o número de insetos vivos em cada cultivar. No teste com chance de escolha foi avaliada a preferência de *S. zeamais* pelas diferentes cultivares de milho. Foram utilizadas arenas compostas por um pote plástico redondo (3L) contendo seis frascos menores (50 mL), inseridos num disco de isopor, distantes equitativamente entre si. Nos frascos menores foram distribuídas 20g de apenas uma das cultivares de milho, sendo liberados no centro da arena 100 insetos adultos de *S. zeamais*, não sexados, com idade de até 48h, de maneira que pudessem escolher entre os tratamentos. As arenas foram cobertas por organza e, após 48h, foi contabilizado o número de insetos em cada cultivar. Posteriormente, os frascos menores foram cobertos individualmente e armazenados por mais 30 dias. Após esse período foi contabilizada a emergência diária e total dos insetos até

não ocorrer o surgimento de novos insetos, e a perda de massa dos grãos decorrente do consumo dos insetos. Todos os experimentos foram realizados no delineamento inteiramente casualizado, em câmaras climáticas do tipo B.O.D., a 27 ± 2 °C, 24 h de escotofase e $70\pm 5\%$ de UR. Observou-se no teste sem chance de escolha que houve efeito significativo das cultivares testadas sobre a emergência de indivíduos de *S. zeamais*. Observou-se baixa emergência de insetos principalmente nas cultivares BRS GORUTUBA, CMS 36 e SÃO JOSÉ. Após o quarto dia de avaliação não surgiram novos insetos, à exceção da cultivar SÃO JOSÉ em que ainda houve emergência no quinto dia de avaliação. Para a perda de massa dos grãos, observou-se os menores valores para as cultivares AL BANDEIRANTE e AG-1051 AGROCERES, em ambos os testes (sem e com chance de escolha), mas de maneira geral as perdas foram baixas, variando de 0,5% a 2%. Em relação ao teste de preferência, foi observado que BRS GORUTUBA e SÃO JOSÉ apresentaram maior atração para a alimentação e/ou oviposição inicial dos insetos que as demais cultivares avaliadas. Por outro lado, foram observados valores positivos de *ri* apenas nas cultivares BRS GORUTUBA e CMS-36, indicando que houve crescimento populacional de *S. zeamais* nessas cultivares. Conclui-se que as cultivares BRS GORUTUBA e SÃO JOSÉ foram mais susceptíveis ao ataque de *S. zeamais* enquanto AL BANDEIRANTE e AG-1051 AGROCERES apresentaram-se mais resistentes, sendo observado, de maneira geral, que os mecanismos envolvidos foram antixenose e antibiose.

Palavras-chave: Gorgulho do milho, grãos armazenados, susceptibilidade, antixenose, antibiose.

General Abstract

The beetle *Sitophilus zeamais* (Curculionidae) is one of the most important pests of stored cereals in the world, being able to infest grains in the field and in storage. The control of this pest is usually done with synthetic insecticides, which are expensive and are often used inappropriately and recurrently, causing the development of insect populations resistant to the products used. Besides this, they leave residues in food and the environment, generating a risk for both human health and the agro-ecosystem. In this sense, the use of resistant varieties stands out as one of the most effective ways to combat pests in storage, because they make the grains more resistant to attack and establishment of insects. Therefore, the aim of this work was to evaluate the susceptibility/resistance of commercial maize cultivars (BRS GORUTUBA-EMBRAPA, SÃO JOSÉ-IPA, CMS 36-IPA, AG 1051 AGROCERES, AL BANDEIRANTE-CATI AND FERROZ VIP-SYNGENTA) to *S. zeamais*, through tests with and without choice. In the no-choice tests, the daily emergence, the instantaneous growth rate (ri) of *S. zeamais*, and the grain mass loss were evaluated. Ten individual arenas were used, consisting of plastic jars (100mL) containing 20g of maize of one of the cultivars and 20 unsexed adult insects, aged up to 48h. To evaluate the emergence, the insects were confined in contact with the grains for seven days to lay eggs. After this period, the insects were removed and the grains were stored again for a period of 30 days, being proceeded the count of the number of emerged insects in each cultivar and the mass loss due to the insects consumption. In the test to evaluate the population growth rate of *S. zeamais*, the same procedures of assembly of the arenas were used, however the insects remained stored in the jars in contact with the grains during 37 days. After this period, the number of live insects in each cultivars was evaluated. In the free-choice test, the preference of *S. zeamais* for different maize cultivars was evaluated. Arenas composed by a round plastic jars (3L) containing six smaller flasks (50 mL), inserted in a Styrofoam disc, equally spaced. In the smaller jars, 20g of only one of the maize cultivars were distributed, being released in the centre of the arena 100 adult insects of *S. zeamais*, unsexed, aged up to 48 hours, so that they could choose among the treatments. The arenas were covered with organza and, after 48h, the number of insects in each cultivar was counted. Subsequently, the smaller flasks were covered individually and stored for another 30 days. After this period the daily and total emergence of insects was counted until no new insects appeared, and the loss of grain mass due to insect consumption. All experiments were carried out in a completely randomized design, in B.O.D. climatic chambers, at 27 ± 2 °C, 24 h of scotophase and $70\pm 5\%$ RH. The no-choice test showed that there was a significant effect of the tested cultivars on the emergence

of *S. zeamais*. Low insect emergence was observed, mainly in the BRS GORUTUBA, CMS 36 and SÃO JOSÉ cultivars. After the fourth day of evaluation no new insects appeared, except for the SÃO JOSÉ cultivar in which there still emergence on the fifth day of evaluation. For grain mass loss, the lowest values were observed for the cultivars AL BANDEIRANTE and AG-1051 AGROCERES, in both tests (free and no-choice), but in general the losses were low, ranging from 0.5% to 2%. Regarding the preference test, it was observed that BRS GORUTUBA and SÃO JOSÉ showed greater attraction for initial insect feeding and/or oviposition than the other cultivars evaluated. On the other hand, positive values of *ri* were observed only in the cultivars BRS GORUTUBA and CMS-36, indicating that there was a population growth of *S. zeamais* in these cultivars. It was concluded that the cultivars BRS GORUTUBA and SÃO JOSÉ were more susceptible to the attack by *S. zeamais* while AL BANDEIRANTE and AG-1051 AGROCERES were more resistant, being observed that the mechanisms involved were antixenosis and antibiosis.

Key-words: Maize weevil, stored grains, susceptibility, antixenosis, antibiosis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Aspecto geral das cultivares de milho utilizadas nos experimentos demonstrando a variação de cores entre elas	26
Figura 2: Arenas utilizadas no teste sem chance de escolha, para a avaliação da emergência de <i>S. zeamais</i> em cultivares de milho	27
Figura 3: Arenas utilizadas no teste sem chance de escolha, para a avaliação da taxa instantânea de crescimento populacional (<i>ri</i>) de <i>S. zeamais</i> em cultivares de milho	29
Figura 4: Arenas utilizadas no teste com chance de escolha, para a avaliação da preferência de <i>S. zeamais</i> por cultivares de milho	30
Figura 5: Emergência diária de <i>S. zeamais</i> em seis cultivares de milho, em teste sem chance de escolha ($27 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR: 70%; Fotofase: 12h)	31
Figura 6: Emergência diária de <i>S. zeamais</i> em seis cultivares de milho, em teste com chance de escolha ($27 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR: 70%; Fotofase: 12h)	32
Figura 7: Preferência alimentar (número de insetos) de <i>Sitophilus zeamais</i> em seis cultivares de milho, em teste com chance de escolha	34
Figura 8: Perda de massa de seis cultivares de milho infestados por <i>Sitophilus zeamais</i> em teste sem chance de escolha ($27 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR: 70%, Fotofase: 12h)	36
Figura 9: Perda de massa de seis cultivares de milho infestados por <i>Sitophilus zeamais</i> em teste com chance de escolha ($27 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR: 70%, Fotofase: 12h)	37
Figura 10: Taxa instantânea de crescimento populacional (<i>ri</i>) de <i>Sitophilus zeamais</i> em seis cultivares de milho ($27 \pm 2^{\circ}\text{C}$; UR: 70%; Fotofase: 12h)	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Características de cultivares comerciais de milho utilizadas nos experimentos com <i>S. zeamais</i> (Coleoptera)	25
--	-----------

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	18
1. INTRODUÇÃO	21
2. MATERIAL E MÉTODOS	24
2.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA	24
2.2 OBTENÇÃO DAS CULTIVARES	24
2.3 CRIAÇÃO DA POPULAÇÃO DE INSETOS	26
2.4 TESTE SEM CHANCE DE ESCOLHA	27
2.4.1 Emergência dos insetos	27
2.4.2 Taxa Instantânea de Crescimento Populacional (<i>ri</i>)	28
2.5 TESTE COM CHANCE DE ESCOLHA	29
2.6 PERDA DE MASSA DAS SEMENTES	30
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
3.1 EMERGÊNCIA DOS INSETOS	31
3.2 PREFERENCIA ALIMENTAR DOS INSETOS	33
3.3 PERDA DE MASSA DOS GRÃOS INFESTADOS POR <i>SitophilusZeamais</i>	35
3.4 TAXA INSTANTÂNEA DE CRESCIMENTO POPULACIONAL (<i>RI</i>)	38
4. CONCLUSÕES	39
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	40

APRESENTAÇÃO

O milho é um dos principais cereais mais consumidos no mundo. No Brasil representa o segundo grão mais produzido, ficando atrás apenas da soja, e representa uma das principais fontes de calorias tanto para a alimentação humana quanto para a alimentação animal. É uma cultura de aproveitamento quase completo pois, além do milho em grão e seus derivados, diversos produtos e subprodutos são fabricados a partir de diversas partes da planta. Além disso, a cultura é de destaque na estrutura da cadeia do agronegócio, cuja produtividade é essencial para o avanço quantitativo e qualitativo do consumo de alimentos no país e no mundo.

Um dos fatores limitantes à cadeia produtiva do milho ainda é o ataque de insetos-praga, que podem ocasionar perdas à cultura desde o campo até o armazenamento. O aparecimento de pragas de grãos armazenados ocupa posição importante devido à redução na qualidade dos cereais. Isso ocorre porque os insetos atacam os embriões dos grãos, reduzindo o valor nutricional do endosperma, a taxa de germinação, peso e valor comercial de sementes e grãos, tornando-os suscetíveis ao ataque de microorganismos.

Para cereais armazenados, o coleóptero *Sitophilus zeamais* (Motschulsky, 1885) ganha destaque por ser a principal praga em nível mundial, sendo considerada a mais destrutiva, além de apresentar grande potencial abiótico e infestação cruzada, podendo infestar os grãos no campo e no armazenamento. Tanto os adultos quanto as larvas ocasionam danos, os quais consomem todo o grão, restando muitas vezes apenas a camada externa da semente (pericarpo).

A principal forma de manejo desses insetos é através do uso de inseticidas sintéticos, os quais são utilizados muitas vezes de forma contínua e abusiva, e cuja variabilidade de produtos registrados é reduzida. Esses fatores favorecem a resistência de insetos-praga aos produtos utilizados, já que há poucas possibilidades de rotatividade dos princípios ativos neles presentes. Nesse sentido há uma demanda por métodos alternativos ao controle químico e que possam se inserir nos programas de manejo de pragas.

O controle de qualidade de sementes deve ser cada vez mais eficiente, em razão da competitividade e exigência do mercado. Além disso, as pessoas estão cada vez buscando alimentos mais saudáveis e livres de resquícios de defensivos agrícolas, tornando-se assim um ponto chave para os pesquisadores uma vez que o controle do gorgulho do milho é efetivado principalmente pela aplicação de fumigantes, e outros inseticidas químicos sintéticos.

Com isso, a busca de plantas resistentes e meios alternativos ao combate desse inseto tem sido alvo de diversas pesquisas, que buscam selecionar materiais que apresentam características deletérias aos insetos. Neste sentido, características morfológicas, químicas ou físicas das plantas podem ser cruciais e expressar a resistência das mesmas. Assim, dentro das categorias de resistência das plantas, a antibiose e a antixenose podem afetar o desenvolvimento do inseto, alterar seu comportamento alimentar ou reprodutivo, ocasionar mortalidade ou repelência, dentre outros, sendo uma tática de controle importante no manejo integrado de pragas.

Diante da importância do inseto-praga *S. zeamais*, a busca de cultivares tolerantes/resistentes ao ataque de pragas favorece a produção da cultura do milho, viabilizando economicamente o armazenamento, distribuição e comercialização posterior. Desse modo, o presente estudo tem por objetivo avaliar o grau de resistência de seis cultivares comerciais de milho armazenado (BRS GORUTUBA-EMBRAPA, SÃO JOSÉ-IPA, CMS 36-IPA, AG 1051-AGROCERES, AL BANDEIRANTE-CATI e FERROZ VIP-SYNGENTA) ao ataque do coleóptero *Sitophilus zeamais*.

CAPÍTULO 1- AVALIAÇÃO DA SUSCEPTIBILIDADE DE CULTIVARES COMERCIAIS DE MILHO A *Sitophilus Zeamais* (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)

Lauizy A. Bezerra^a, Carlos R. F. de Oliveira^a, Cláudia H. C. Matos^a

^aPrograma de Pós-graduação em Produção Vegetal, Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada. Rua Gregório Ferraz Nogueira, S/N, Bairro José Tomé de Souza Ramos, CEP 56909-535, Serra Talhada – PE, Brasil.

Resumo- O coleóptero *Sitophilus zeamais* (Curculionidae) é uma das principais pragas de cereais armazenados e é responsável por perdas qualitativas e quantitativas significativas. Dentre os métodos utilizados para o controle desta praga, o uso de variedades resistentes é uma das formas mais eficazes de combatê-las no armazenamento. Foi avaliada a resistência de seis cultivares de milho comerciais (BRS GORUTUBA-EMBRAPA, SÃO JOSÉ-IPA, CMS 36-IPA, AG 1051-AGROCERES, AL BANDEIRANTE-CATI E FERROZ VIP-SYNGENTA) ao ataque de *S. zeamais*. Em laboratório foram realizados testes com chance de escolha e sem chance de escolha determinando-se a emergência de insetos adultos, a perda de massa decorrente do consumo dos grãos, a taxa instantânea de crescimento (*ri*) e a preferência dos insetos pelas diferentes cultivares de milho. Observou-se uma baixa emergência de insetos no teste sem chance de escolha, com destaque para as cultivares BRS GORUTUBA, CMS-36 e SÃO JOSÉ. Em ambos os testes, as menores perdas de massa ocorreram nas cultivares AL BANDEIRANTE e AG-1051-AGROCERES. As populações de *S. zeamais* apresentaram *ri* positiva nas cultivares BRS GORUTUBA e CMS-36, indicando que são mais favoráveis ao desenvolvimento deste inseto. Em relação ao teste com chance de escolha houve preferência para oviposição nas cultivares SÃO JOSÉ E BRS GORUTUBA, ratificando a sua susceptibilidade a esta praga. De forma geral, as cultivares AG1051-AGROCERES, AL BANDEIRANTE e FERROZ VIP mostraram-se as mais resistentes enquanto BRS GORUTUBA, SÃO JOSE e CMS 36 foram as mais susceptíveis ao ataque de *S. zeamais*.

Palavras-chave: Gorgulho do milho, grãos armazenados, susceptibilidade, antixenose, antibiose

Summary- The beetle *Sitophilus zeamais* (Curculionidae) is one of the main pests of stored cereals and is responsible for significant qualitative and quantitative losses. Among the methods used to control this pest, the use of resistant varieties is one of the most effective ways to combat them in storage. The resistance of six commercial maize cultivars (BRS GORUTUBA-EMBRAPA, SÃO JOSÉ-IPA, CMS 36-IPA, AG 1051-AGROCERES, AL BANDEIRANTE-CATI and FERROZ VIP-SYNGENTA) to *S. zeamais* attack was evaluated. In the laboratory, free-choice and no-choice tests were carried out, determining the emergence of adult insects, the mass loss resulting from the consumption of grains, the instantaneous growth rate (*ri*) and the insects' preference for the different maize cultivars. A low emergence of insects was observed in the no-choice test, with emphasis on the cultivars BRS GORUTUBA, CMS-36 and SÃO JOSÉ. In both tests, the lowest mass losses occurred in the cultivars AL BANDEIRANTE and AG-1051-AGROCERES. The populations of *S. zeamais* showed positive *ri* in the cultivars BRS GORUTUBA and CMS-36, indicating that they are more favorable to the development of this insect. Regarding the free-choice test, there was a preference for oviposition in the SÃO JOSÉ AND BRS GORUTUBA cultivars, confirming their susceptibility to this pest. In general, the cultivars AG1051-AGROCERES, AL BANDEIRANTE and FERROZ VIP were the most resistant while BRS GORUTUBA, SÃO JOSE and CMS 36 were the most susceptible to the *S. zeamais* attack.

Key-words: Maize weevil, stored grains, susceptibility, antixenosis, antibiosis.

1. Introdução

Do ponto de vista econômico e social, a cultura do milho (*Zea mays* L.) é considerada uma das mais importantes do mundo, e dela pode-se aproveitar quase em sua totalidade as partes da planta (RAMAZAN et al., 2022) para diversos fins, podendo ser incluída na alimentação humana e animal, na produção de papelão, adesivos e fitas, energia, etanol, entre outros (AYYAR et al., 2019; SUGANYA et al., 2020). Além disso, é o terceiro grão mais comestível (IMADE & BABALOLA, 2021) e o Brasil ocupa lugar de destaque no cenário mundial, situando-se em terceiro lugar no ranking de produtores mundiais, ficando atrás dos EUA e China (Atlas Big, 2021).

Segundo dados da CONAB (2022), estima-se que a produção de milho no Brasil para a safra 2021/2022 tenha um crescimento de 3,6% em relação à anterior e ocupe uma área de

aproximadamente 72 milhões de hectares no país. Com esse destaque no cenário estratégico mundial como um dos fundamentais segmentos a serem explorados a fim de se alcançar a sustentabilidade almejada para as condições futuras, a cultura do milho pode ser afetada por ataque de pragas e doenças, diminuindo seu valor de *commodity* (CRUZ et al., 2011; DANSO et al., 2018). Apesar dos avanços, as perdas na colheita, na pós-colheita e principalmente no armazenamento de grãos devido aos fatores bióticos e abióticos torna-se uma grande preocupação e um grande desafio em todo o mundo (FAO, 2019).

As maiores perdas dos grãos armazenados são ocasionadas pelo ataque de insetos. Conhecido popularmente como gorgulho do milho, *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae), é a principal praga pós-colheita de milho em regiões tropicais (PAES et al., 2012). Entre as características que a tornam uma praga bastante prejudicial à cultura do milho, estão o alto potencial biótico, a capacidade de sobreviver em grandes profundidades sob a massa dos grãos e a infestação cruzada, ou seja, sua capacidade de infestar os grãos tanto no campo quanto nos armazéns (GALLO et al., 2002; LORINI, 2008; NORBERG et al., 2013).

O coleóptero *S. zeamais* ocasiona maiores perdas durante o armazenamento e o seu ataque pode ocasionar a perda do peso, do valor nutricional do grão, da capacidade de germinação das sementes e propiciar a contaminação por ácaros e fungos, o que ocasiona a desvalorização comercial dos cereais. Com base em sua biologia e hábitos alimentares, o gorgulho do milho é considerado uma praga primária interna, possuindo o ciclo de vida no interior do grão, por ser capaz de atacar grãos inteiros saudáveis para completar seu ciclo de vida dentro do grão (PIMENTEL et al., 2009; THRONE & WEAVER., 2013; SULEIMAN et al., 2016; NWOSU, 2016).

Atualmente o método de controle de insetos de grãos armazenados é baseado principalmente na fumigação com fosfina, brometo de metila ou fosforeto de alumínio, e inseticidas de contato, como organofosforados ou piretróides (PIMENTEL et al., 2009). O uso generalizado de defensivos agrícolas torna-se assunto preocupante, uma vez que com a utilização indiscriminada e incorreta dos inseticidas sintéticos pode ocasionar a resistência em populações de insetos ao princípio-ativo do produto, ressurgimento de pragas-alvo, contaminação do ambiente, resíduos nos alimentos, produtos e subprodutos, problemas de saúde a longo prazo ao aplicador e intoxicação do mesmo, entre outros fatores que são preocupantes (GALLO et al., 2002; RIBEIRO et al., 2013; AN et al., 2015).

Como alternativa ao uso de defensivos agrícolas, tem-se a utilização de cultivares resistentes, que se caracterizam por apresentarem modificações genéticas em sua composição que lhe permitem não sofrer tantos danos quando atacadas por fitopatógenos ou pragas, afim de evitar a saída de controle do nível de dano econômico, onde alguns pesquisadores sugerem que a resistência do milho está correlacionada com características físico-químicas e bioquímicas, cor, forma, tamanho, dureza, proteína, umidade, açúcares e fenóis (OSIPITAN & ODEBIYI., 2007; TONGJURA et al., 2010; ADEDIRE et al., 2011, NWOSU et al., 2016).

Desse modo, o uso dessas culturas resistentes se torna economicamente e ambientalmente vantajoso para toda a cadeia de produção. A resistência dessas cultivares se dá a partir de estudos da evolução genética das espécies (VIANA, 2014; NAUEN et al., 2019; TEETES, 2021). As plantas resistentes são capazes de transmitir as características de resistência à sua progênie devido a modificação genética de suas características morfológicas, físicas ou químicas, podendo alterar o estabelecimento do inseto na planta, desfavorecendo sua alimentação e desenvolvimento (SMITH, 2005).

Existem três categorias de resistência: antixenose (não-preferência) se caracteriza quando um genótipo é menos utilizado ou preferido que outro em igualdade de condições, e atua de forma deletéria no comportamento do inseto, sendo que a influência deste material vegetal pode promover mudanças comportamentais, ocasionando diferenças na oviposição e alimentação, por exemplo (SMITH, 2005; BASTOS et al., 2015); antibiose, que pode ser expressa por alterações no ciclo biológico do inseto, afetando negativamente a sua alimentação, ocorre por fatores presentes no alimento em que estão consumindo, e sua identificação se dá a partir do aumento da mortalidade ou redução da natalidade ou, ainda, pela redução do peso dos insetos emergidos e perda de massa dos grãos (CANNEPELE et al., 2003, SMITH, 2005); e a tolerância, que se caracteriza pela capacidade da planta em suportar alguns danos sem apresentar perdas significativas, não afetando diretamente o comportamento ou biologia do inseto (PAINTER, 1951).

Quando presente algum fator de resistência na planta pode se expressar através das características morfológicas, como alteração na parede celular devido a deposição de macromoléculas, que podem afetar a penetração do aparelho bucal do inseto (SCHOONHOVEN et al., 2005; BOIÇA JUNIOR et al., 2015). As características químicas envolvendo o metabolismo primário ou secundário das plantas, alteram por exemplo a fotossíntese, na presença de componentes essenciais que se tornam antioxidantes e prejudiciais para os insetos (ENGEL & POGGIANI, 1991; HOWITT & POGSON, 2006). Além disso, a

utilização de marcadores moleculares traz grandes avanços na resistência das plantas a artrópodes, e um marcador de destaque para a cultura do milho é o da família do gene *mir* (maize insect resistance) (JIANG et al., 1995).

Independentemente da cultura, o efeito de cultivares resistentes/tolerantes no comportamento e biologia dos insetos-praga é importante para o desenvolvimento de estratégias eficientes dentro dos métodos de controle alternativos, procurando-se monitorar e manejar populações crioulas e comerciais que se sobressaiam na qualidade de resistência ao ataque dos insetos (VIANA, 2014; NAUEN et al., 2019; TEETES, 2021).

Assim, a busca pelo desenvolvimento de cultivares tolerantes/resistentes ao ataque de pragas favorece a produção da cultura do milho, viabilizando economicamente o armazenamento, distribuição e comercialização posterior. Desse modo, o presente estudo tem por objetivo avaliar a resistência de seis cultivares comerciais de milho armazenado ao ataque do coleóptero *S. zeamais*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

O trabalho foi conduzido na Universidade Federal Rural de Pernambuco/Unidade Acadêmica de Serra Talhada (UFRPE/UAST), no município de Serra Talhada – PE (7° 59' 7'' S e 38° 17' 34'' O). O clima da região, segundo a classificação de *Köppen*, é do tipo BSh (OLIVEIRA et al., 2006). Todos os experimentos foram executados no Laboratório do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal (PGPV).

2.2. OBTENÇÃO DAS CULTIVARES

As sementes das cultivares de milho (*Zea mays*) utilizadas nos experimentos foram obtidas junto ao Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA/Recife-PE) ou adquiridas comercialmente, as quais estão caracterizadas na tabela 1 e na figura 1.

Tabela 1 – Características das cultivares comerciais de milho utilizadas nos experimentos com *S. zeamais* (Coleoptera).

CULTIVAR/ORIGEM	TIPO DE GRÃO	COR DO GRÃO	CICLO	TEMPO MÉDIO (dias)
BRS Gorutuba- EMBRAPA**	Duro	Amarelo alaranjada	Superprecoce	120
São José-IPA**	Dentado composto	Amarelo	Superprecoce	120
CMS 36- IPA**	Semi-dentado	Amarelo alaranjada	Superprecoce	110
AG 1051-AGROCERES**	Dentado	Amarelo	Semiprecoce	151-157
AL Bandeirante- CATI**	Semiduro	Amarelo alaranjada	Normal	130-140
Feroz Vip- Syngenta**	Duro	Amarelo alaranjada	Precoce	120-130

****Fonte: Informações fornecidas pelas empresas do produto comercializado.**

Os tipos de grãos foram classificados tomando como base CÔRREA (2001) e VIEIRA NETO et al. (2006) em que:

- a) **Grãos Duros:** são definidos duros por apresentarem redução na proporção do endosperma amiláceo, sendo partes mais duras ou cristalinas, envolvendo por completo o amido, além de que são grãos mais densos no arranjo dos grãos de amido com proteína.
- b) **Grãos Dentados:** são classificados por terem o amido arranjados de forma lateral nos grãos, com isso formando um cilindro envolvendo parte do embrião, apresentando também uma depressão “dente” na parte superior do grão, o que resulta em uma secagem mais rápida e de amido mais mole.
- c) **Grãos semiduros e semidentados:** são identificados por apresentarem características semelhantes aos anteriores, sendo que a classificação está correlacionada com a vitreosidade, que é uma relação de endosperma vítreo e endosperma total do grão; o grão semidentado apresenta maior quantidade de endosperma farináceo enquanto o grão semiduro apresenta, na textura do grão, quantidades maiores de endosperma vítreo.

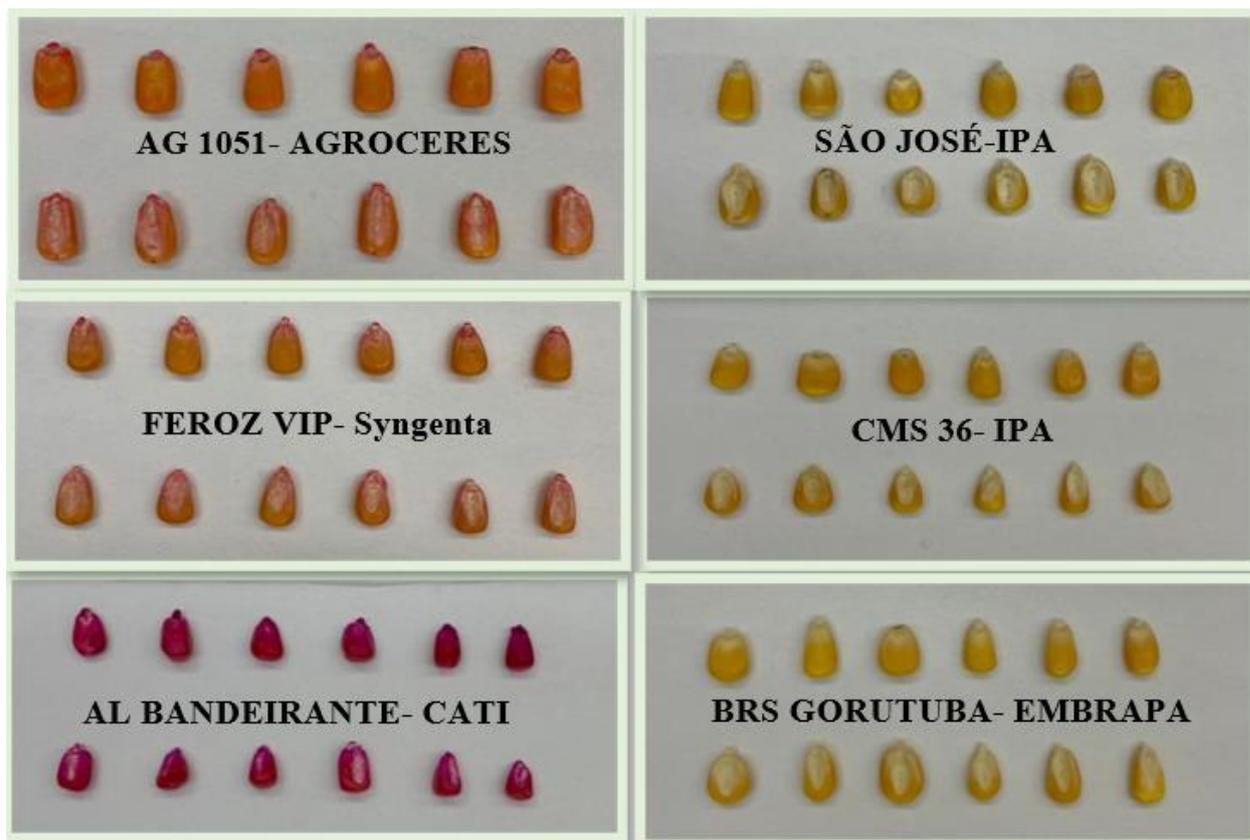


Figura 1: Aspecto geral das cultivares de milho utilizadas nos experimentos demonstrando a variação de cores entre elas.

2.3 CRIAÇÃO DA POPULAÇÃO DE INSETOS

Para obtenção dos insetos necessários aos propósitos deste trabalho, foram estabelecidas criações contínuas de *Sitophilus zeamais*, em condições de laboratório. Os insetos foram acondicionados em potes plásticos de 0,5 L, fechados com tampa plástica perfurada e revestida internamente com tecido fino para permitir as trocas gasosas. As criações foram mantidas em câmaras climáticas tipo B.O.D., a 27 ± 2 °C, 24 h de escotofase e $70\pm 5\%$ de UR, sendo utilizado como substrato alimentar grãos de milho obtidos na feira popular da cidade de Serra Talhada – PE.

2.4 TESTE SEM CHANCE DE ESCOLHA

2.4.1 Emergência dos insetos

Foram utilizadas arenas compostas por frascos plásticos transparentes (100mL), fechados na parte superior com tampa contendo abertura vedada com tecido do tipo organza, para permitir as trocas gasosas (Figura 2). Em cada frasco foram colocadas 20 g de grãos de apenas uma das cultivares de milho estudados, de acordo com os tratamentos (Tabela 1), sendo em seguida liberados 20 insetos adultos de *S. zeamais*, não sexados, com idade de até 48 h. Os insetos ficaram confinados em contato com os grãos por sete dias, para efetuarem a postura. Após este período os insetos foram retirados e os grãos novamente armazenados para posterior análise da emergência.

Decorridos 30 dias de armazenamento, foi avaliada a emergência diária de *S. zeamais* em cada tratamento até não ocorrer nova emergência de insetos. Em seguida, os grãos foram pesados para verificar a perda de massa decorrente do consumo das larvas (COSTA & BOIÇA Jr., 2004; MARSARO Jr. et al., 2008; MELO et al., 2012; CASTRO et al., 2013). Também foi analisada a emergência total baseada na emergência diária dos insetos. O experimento foi montado em 10 repetições, utilizando-se delineamento inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.



Figura 2: Arenas utilizadas no teste sem chance de escolha, para a avaliação da emergência de *S. zeamais* em cultivares de milho.

2.4.2 Taxa Instantânea de Crescimento Populacional (r_i)

Foram utilizadas arenas compostas por frascos plásticos transparentes (100mL), fechados na parte superior com tampa contendo abertura vedada com tecido do tipo organza, para permitir as trocas gasosas. Em cada frasco foram colocadas 20 g de grãos de apenas uma das cultivares de milho estudados, sendo em seguida liberados 20 insetos adultos de *S. zeamais*, não sexados, com idade de até 48 h (Figura 3).

Decorridos os 37 dias de armazenamento foi calculada a taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) dos insetos, por meio da equação proposta por Walthall & Stark (1997), a qual é em função do número total de insetos obtidos ao final do armazenamento e o número inicial de insetos, sendo:

$$r_i = \frac{\left[\ln \left(\frac{N_f}{N_0} \right) \right]}{\Delta T}$$

Onde:

ln = Logarítmo neperiano;

N_f = Número final de insetos;

N_0 = Número inicial de insetos;

ΔT = Variação de tempo (número de dias em que o bioensaio foi executado).

Um valor positivo de r_i significa que a população está em crescimento, $r_i = 0$ indica que a população está estável, enquanto um valor negativo de r_i quer dizer que a população está em declínio e caminhando para a extinção.

O experimento foi montado em 10 repetições, utilizando-se delineamento inteiramente casualizado. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.



Figura 3: Arenas utilizadas no teste sem chance de escolha, para a avaliação da taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) de *S. zeamais* em cultivares de milho.

2.5 TESTE COM CHANCE DE ESCOLHA

Para a condução do experimento de preferência para oviposição foram utilizadas arenas compostas por potes plásticos redondos (capacidade de 3,5L) contendo seis frascos menores (50 mL), distantes equitativamente entre si, inseridos num disco de isopor. Nos frascos menores foram distribuídas 20g de apenas uma das cultivares de milho (Tabela 1) e, no centro da arena, foram liberados 100 insetos adultos de *S. zeamais*, não sexados, com idade de até 48h, de maneira que pudessem escolher entre os tratamentos (Figura 4).

Após 48h, as arenas individuais foram cobertas por tecido tipo organza, para que os insetos presentes em cada tratamento pudessem ovipositar. As arenas foram armazenadas em câmaras climáticas do tipo B.O.D. ($27 \pm 2^\circ\text{C}$; UR: 70%; Fotofase: 12h), sendo então contabilizado o número de insetos em cada genótipo de milho (Adaptado de BALDIN., 2001).

Decorridos 30 dias de armazenamento, foi avaliada a emergência de novos insetos diariamente, até não ocorrer nova emergência de insetos. Ao final do período, os grãos foram pesados para verificar a perda decorrente do consumo das larvas (COSTA, BOIÇA Jr., 2004; MARSARO Jr. et al., 2008; MELO et al., 2012; CASTRO et al., 2013). Os dados obtidos também foram utilizados para o cálculo da emergência total de insetos em cada cultivar de milho. O experimento foi realizado no delineamento inteiramente casualizado, em cinco repetições, sendo os dados submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

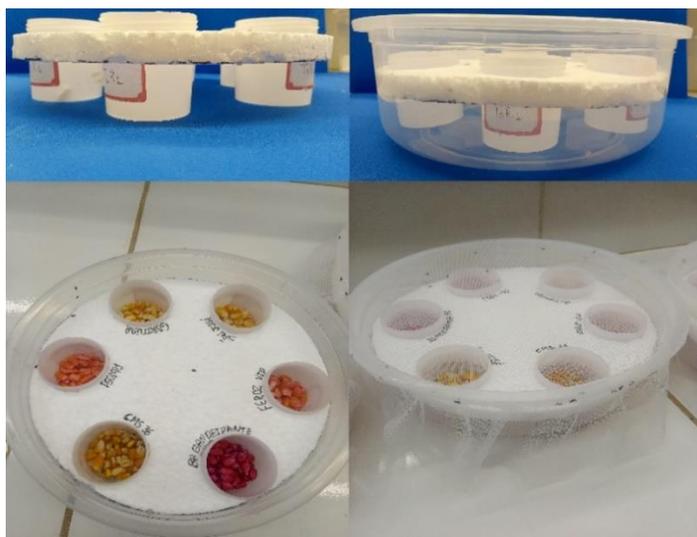


Figura 4: Arenas utilizadas no teste com chance de escolha, para a avaliação da preferência de *S. zeamais* por cultivares de milho.

2.6 PERDA DE MASSA DAS SEMENTES

A massa seca de grãos consumida pelos insetos em cada cultivar de milho foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Marcondes et al. (2013), através da equação:

$$PM = \frac{Mi - Mf}{Mi} * 100$$

Em que:

PM = Perda de massa (%)
Mi = Massa inicial (gramas)
Mf = Massa final (gramas)

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Emergência dos insetos

A emergência diária de *S. zeamais* submetidos ao teste sem chance de escolha apresentou diferença significativa nas diferentes cultivares de milho ($F= 26,96$; $P< 0,0001$). Observou-se que ocorreu emergência de insetos, mesmo que em valores baixos, nas sementes SÃO JOSÉ, CMS 36 e BRS GORUTUBA. Por outro lado, não houve insetos emergidos nas sementes de FERROZ VIP, AL BANDEIRANTE, AG 1051 (Figura 5). Estes resultados indicam que estas cultivares se mostraram menos susceptíveis ao ataque deste inseto em comparação com os outros materiais analisados. Assim, ficou constatado que essas sementes impediram a oviposição, ou seja, foram deterrentes, ou não favoreceram o desenvolvimento das larvas, implicando na interrupção do ciclo biológico de *S. zeamais*.

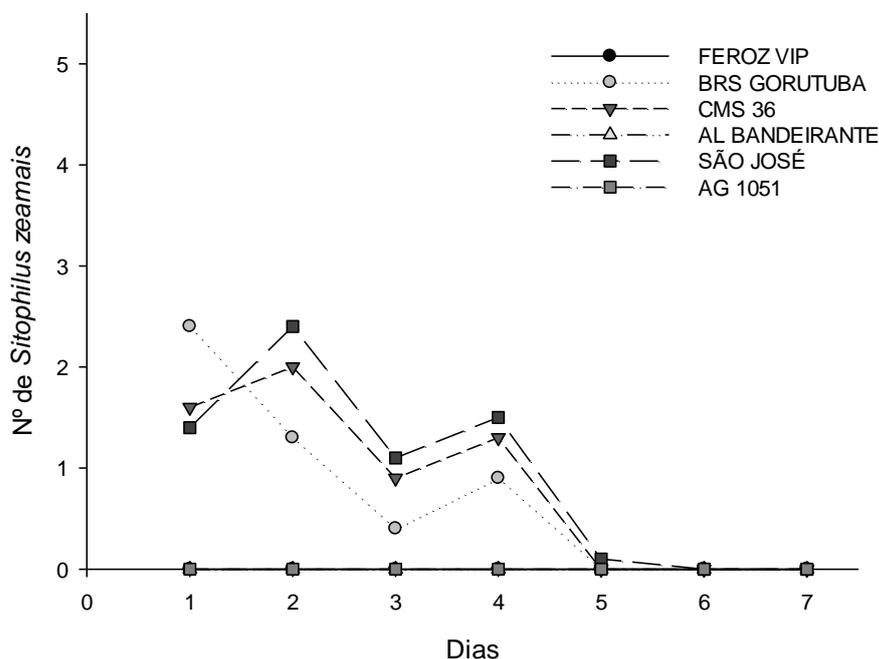


Figura 5: Emergência diária de *S. zeamais* em seis cultivares de milho, em teste sem chance de escolha ($27 \pm 2^\circ\text{C}$; UR: 70%; Fotofase: 12h).

Em relação à emergência diária, no teste com chance de escolha, observou-se o surgimento de insetos em todas as cultivares de milho (Figura 6), tendo sido observadas diferenças significativas ($F= 5,42$; $P< 0,0001$). Houve maior emergência no primeiro dia de avaliação e ausência de novos insetos já no terceiro dia. A emergência de novos *S. zeamais* foi

significativamente maior nas sementes de BRS GORUTUBA e SÃO JOSÉ, enquanto não há uma discriminação clara entre as demais cultivares, as quais proporcionaram números semelhantes de insetos recém emergidos (Figura 6).

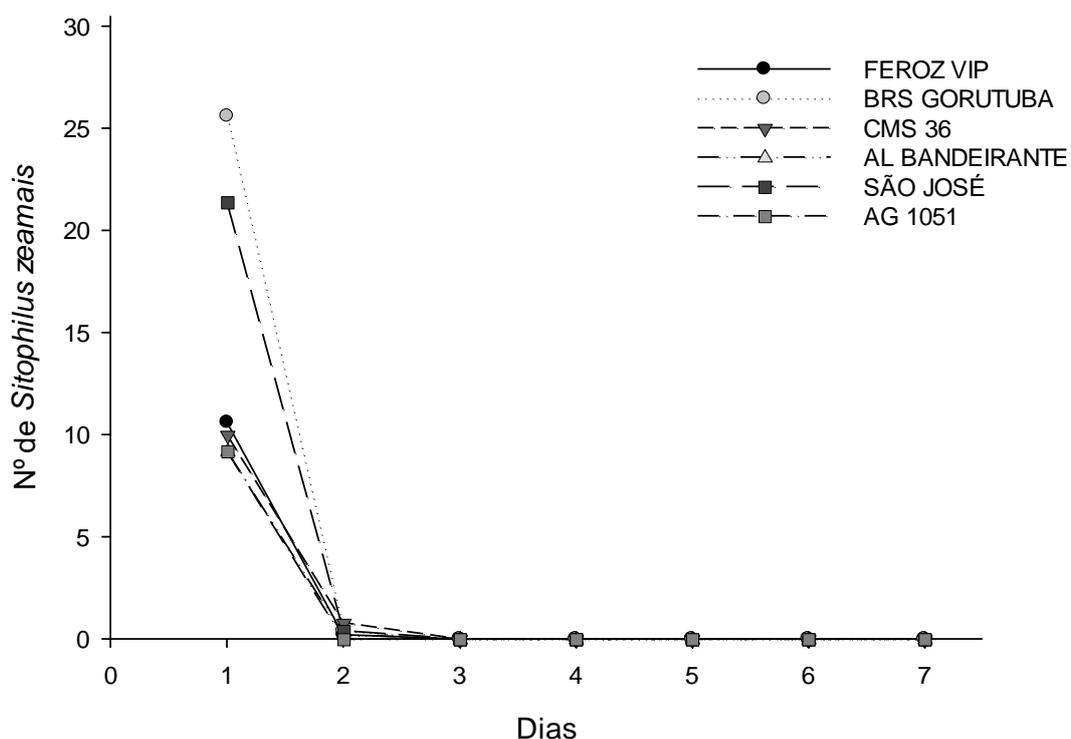


Figura 6. Emergência diária de *S. zeamais* em seis cultivares de milho, em teste com chance de escolha ($27 \pm 2^\circ\text{C}$; UR: 70%; Fotofase: 12h).

A resistência de milho a *S. zeamais* foi documentada em diversas pesquisas e, geralmente, está ligada a diversos fatores da planta (químicos, físicos ou biológicos) ou do inseto (OSIPITAN & ODEBIYI., 2007; VENDRAMIM & GUZZO, 2009; TONGJURA et al., 2010; ADEDIRE et al., 2011; NWOSU et al., 2016). Assim, quando se avalia a resistência por meio de parâmetros relacionados ao inseto, considera-se diferenças no consumo, na oviposição, no ciclo biológico e na fecundidade, por exemplo.

As causas que governam a resistência de milho a *S. zeamais* não foram completamente elucidadas, segundo NWOSU (2016), mas características químicas (ácidos fenólicos e inibidores de proteinases), físicas e morfológicas (cor, dureza, formato e tamanho) condicionam a resistência por antixenose. Esse tipo de resistência (antixenose) se caracteriza quando um genótipo é menos utilizado ou preferido para alimentação ou oviposição que outros em

igualdade de condições, e atua de forma deletéria no comportamento do inseto (BASTOS et al., 2015) o que pode justificar a ocorrência de ausência de emergência de insetos nas variedades FERROZ VIP e AG 1051 neste presente trabalho.

Neste sentido, CLASSEN et al. (1990) observaram que o número de ovos postos por fêmeas de *S. zeamais* foi negativamente correlacionado com o teor de proteínas dos grãos, enquanto ARNASON et al. (1993) verificaram que o teor de lipídios teve correlação negativa com a suscetibilidade dos genótipos. Também foi observado que o teor de compostos fenólicos e inibidores de amilase se correlacionaram negativamente com a progênie (SERRATOS et al., 1993) e com a suscetibilidade ao inseto (MARSARO JUNIOR et al., 2005).

A ausência de novos insetos nos genótipos FERROZ VIP, AL BANDEIRANTE e AG 1051, no teste sem chance de escolha, pode estar relacionado à resistência destas cultivares de milho a *S. zeamais*, seja pela natureza de suas composições químicas ou pelas características de seus grãos. Este comportamento também pode indicar uma resistência por antibiose, a qual inibe a reprodução do inseto, culminando num menor surgimento de insetos novos. De fato, com base nos conceitos de resistência (LARA, 1991; PINTO et al., 2020), dependendo da cultivar avaliada claramente ocorreu efeito deletério na biologia de *S. zeamais*, acarretando uma emergência baixa no teste com chance de escolha e ausência de insetos no teste sem chance de escolha.

Vale salientar que as cultivares de milho avaliadas no presente estudo influenciaram os processos biológicos do inseto, dentre outros aspectos. De fato, MARSARO JUNIOR et al. (2008) observaram que os híbridos de milho mais resistentes ocasionaram uma menor emergência de adultos de *S. zeamais*, menor perda de massa seca dos grãos e ciclo biológico mais longo. Neste sentido, FRASÃO et al. (2018) e CARNEIRO (2019) analisaram a infestação de *S. zeamais* em cultivares de milho (BRS Caatingueiro, BRS Gortuba, BRS Sertanejo, BRS Asa Branca, BR 106 e Asteca, Colorado, Palha roxa, Oaxacan, Maisena, Caiano, Rajado e 8 Carreira), e verificaram possível presença de mecanismos de antibiose que causam efeitos sobre a biologia do inseto, afetando seu potencial reprodutivo, morte larval e redução do tamanho e do peso dos insetos adultos que emergem e conseguem se reproduzir.

3.4 Preferência alimentar dos insetos

Os dados obtidos para a preferência alimentar dos insetos, no teste com chance de escolha, apresentaram distribuição normal pelo teste de Shapiro Wilk. Além disso, houve diferença significativa na preferência de adultos de *S. zeamais* pelas diferentes cultivares de

milho ($F= 9,68$; $P< 0,0001$). Neste sentido, as cultivares BRS GORUTUBA e SÃO JOSÉ diferiram das demais cultivares, indicando que apresentaram uma atração maior para a alimentação e/ou oviposição inicial dos insetos (Figura 7).

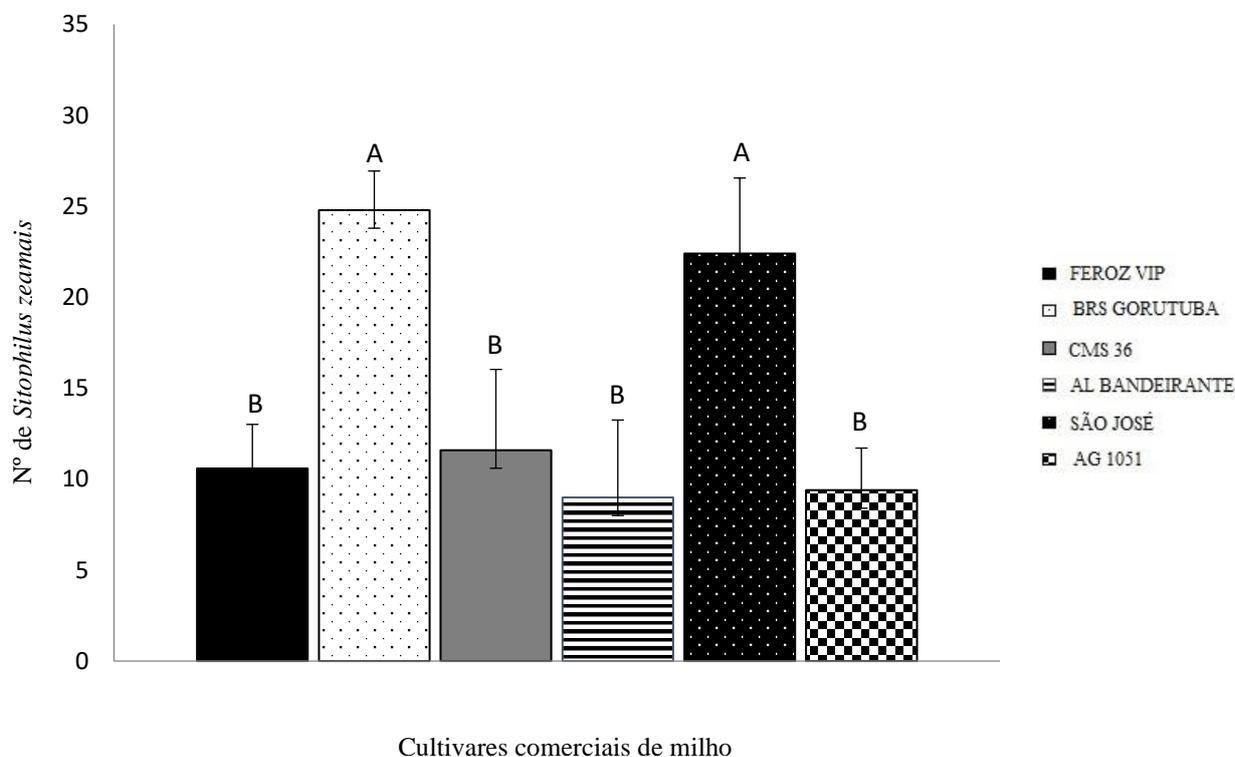


Figura 7. Preferência alimentar (número de insetos) de *Sitophilus zeamais* em seis cultivares de milho, em teste com chance de escolha

Foi observada antixenose (não preferência) de *S. zeamais* por algumas das cultivares de milho usadas no teste com chance de escolha. A antixenose (não preferência) é uma das três categorias de resistência das plantas ao ataque de insetos. Assim, nesta categoria, um determinado material vegetal pode ser escolhido ou não pelo inseto em relação aos demais, e a influência deste material vegetal pode promover mudanças comportamentais, ocasionando diferenças na oviposição e alimentação, por exemplo (SMITH, 2005; BASTOS et al., 2015). TOSCANO et al. (1999) verificaram que ao testar *S. zeamais* em 30 genótipos de milho, o genótipo mais atrativo apresentou média de 24,7% insetos atraídos, corroborando com os valores encontrados nesse estudo para as variedades mais atrativas (BRS GORUTUBA e SÃO JOSÉ). Neste sentido, estas cultivares podem apresentar substâncias que as tornam atrativas a *S. zeamais*.

As causas que determinam a resistência de milho a *S. zeamais* não foram completamente elucidadas, segundo NWOSU (2016), mas características químicas (ácidos fenólicos e inibidores de proteinases), físicas e morfológicas (cor, dureza, formato e tamanho) condicionam a resistência por antixenose. Esse tipo de resistência (antixenose) se caracteriza quando um genótipo é menos utilizado ou preferido, para oviposição ou alimentação, por exemplo, que outro em igualdade de condições, e atua de forma deletéria no comportamento do inseto (BASTOS et al., 2015).

De fato, alguns estudos indicam que a preferência está correlacionada com substâncias presentes ou liberadas pelos grãos, que modificam odor ou sabor, gerando uma maior atratividade aos insetos (BOIÇA JUNIOR et al., 1997), e que variedades mais duras e com coloração mais escura também influenciam a preferência alimentar do inseto (TIPPING et al., 1988; THRONE & EUBANKS, 2002). Por outro lado, segundo MIRANDA et al. (1995), estas não são características que de forma isolada garantem que uma variedade seja mais ou menos atrativa ao inseto.

Vale salientar que as cultivares mais atrativas a *S. zeamais*, no presente estudo, foram BRS GORUTUBA e SÃO JOSÉ, as quais apresentam ciclo superprecoce, grãos do tipo duro e dentado composto, e coloração amarelo alaranjada e amarelo, respectivamente (Tabela 1). Verifica-se, então, que principalmente a dureza e a cor do grão nesse caso não seriam justificativas para a preferência dos insetos, uma vez que as outras cultivares utilizadas apresentam características semelhantes, indo ao aposto do que TIPPING et al. (1988) indicaram em seus estudos.

3.2 Perda de massa dos grãos infestados por *Sitophilus zeamais*

Pela análise dos valores de perda de massa de sementes ocasionada pelos insetos, no teste sem chance de escolha, é possível observar que houve diferenças entre as cultivares de milho ($F= 4,59$; $P< 0,0001$). Os menores valores de consumo foram observados nas variedades AG-1051 e AL-BANDEIRANTE, já que todas apresentaram até 1% de perda de massa (Figura 8). Esta variável pode estar positivamente relacionada com o número total de insetos emergidos (Figura 5). De fato, as maiores perdas de massa observadas nas demais cultivares não atingiram 4%, mas vale salientar que as cultivares CMS 36, BRS GORUTUBA e SÃO JOSÉ, apresentaram valores relativamente mais altos de emergência.

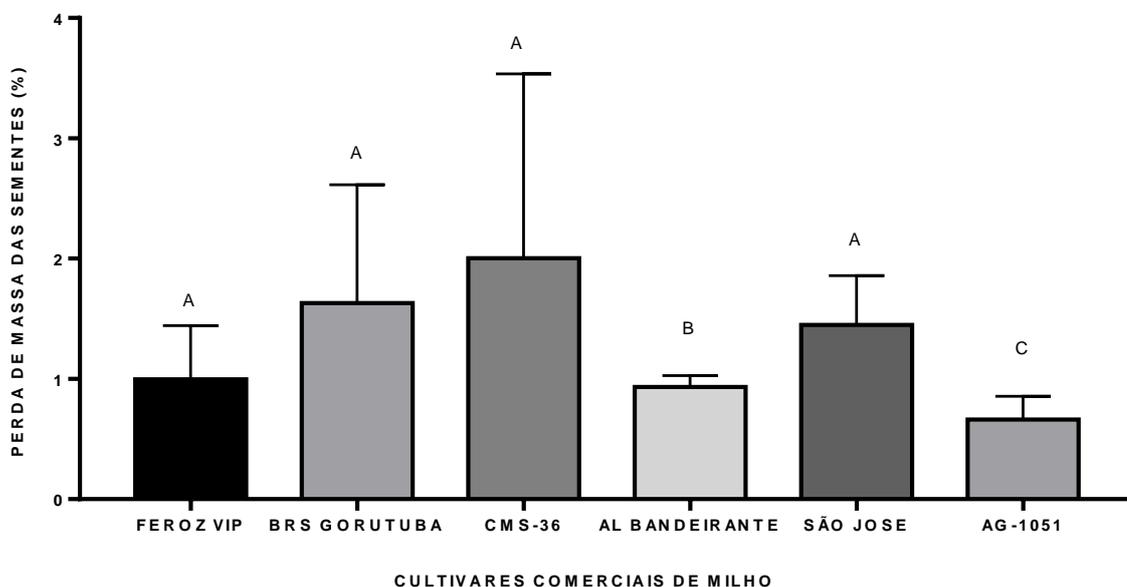


Figura 8. Perda de massa de seis cultivares de milho infestados por *Sitophilus zeamais* em teste sem chance de escolha ($27 \pm 2^\circ\text{C}$; UR: 70%; Fotofase: 12h).

Em relação ao teste com chance de escolha também foram observadas diferenças significativas ($F= 5,24$; $P < 0,0001$) para a perda de massa de sementes de milho (Figura 9). Observou-se o mesmo comportamento que ocorreu no teste sem chance de escolha, já que as cultivares AG 1051 e AL BANDEIRANTE também foram as que tiveram menores valores de perda de massa, mesmo tendo ocorrido valores baixos para todas as cultivares. É importante observar que esses dados podem estar correlacionados com a emergência dos insetos (Figura 6) e a preferência alimentar (Figura 9), tendo em vista que as cultivares BRS GORUTUBA e SÃO JOSÉ se destacaram em relação as demais.

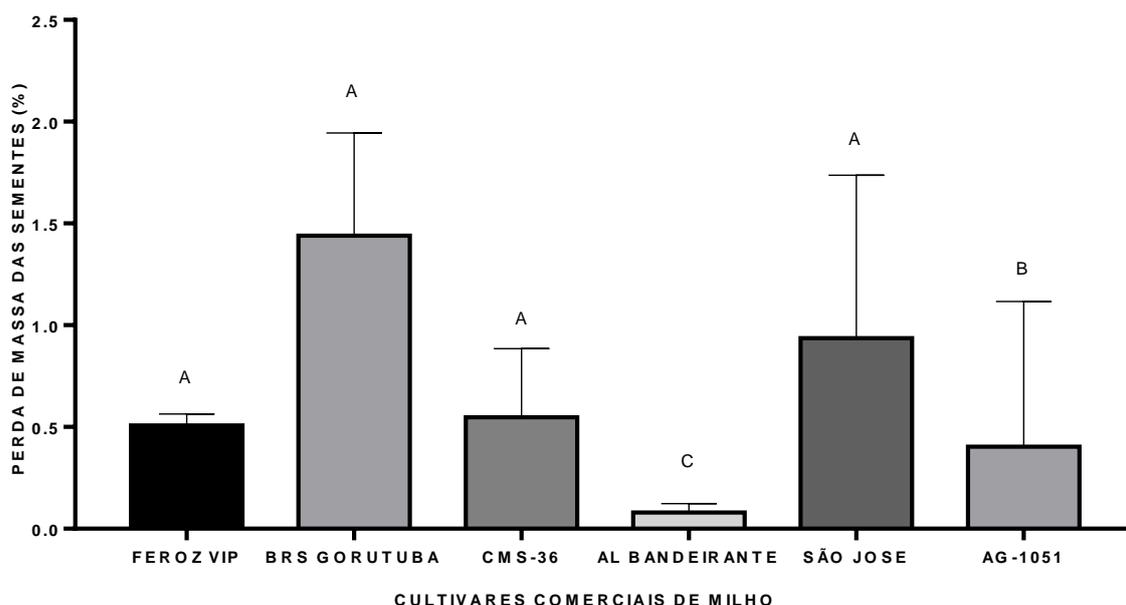


Figura 9. Perda de massa de seis cultivares de milho infestados por *Sitophilus zeamais* em teste com chance de escolha ($27 \pm 2^\circ\text{C}$; UR: 70%; Fotofase: 12h).

As cultivares FERROZ VIP, AL BANDEIRANTE e AG 1051 apresentaram perda de massa inferior a 0,5% indicando uma possível resistência desses materiais ao ataque do *S. zeamais*. Essa variação apresentada na perda de massa de grãos atacados por *S. zeamais* pode ser explicada, pelo menos em parte, pelo mecanismo de defesa das plantas denominado antibiose, que é uma das categorias de resistência e que pode ser expressa por alterações no ciclo biológico do inseto.

A antibiose está correlacionada com a influência dos caracteres químicos, físicos e/ou morfológicos das cultivares que poderão alterar negativamente os parâmetros biológicos do inseto, onde podem ocasionar elevadas taxas de mortalidade ou redução da natalidade, diminuição de peso ou tamanho dos insetos, redução da fecundidade, além de alterações no ciclo de vida (PAINTER, 1951; PANDA & KHUSH, 1995; CANNEPELE et al., 2003; SMITH 2005).

A perda de massa também é um dos parâmetros utilizados para medir uma possível resistência das variedades a insetos, uma vez que o ataque está correlacionado diretamente a atividade alimentar e aos danos que estes ocasionam (LORINI, 2015). O coleóptero *S. zeamais* tem o seu ciclo de vida dentro do grão, consumindo o grão de dentro para fora, sendo que através dessas infestações as perfurações ficam aparentes, aumentando a perda de massa, a

qualidade e inviabilizando a comercialização do produto, indicando que quanto maior a infestação maiores serão os danos aos grãos (GALLO et al., 2002; NWOSU 2018).

Similarmente ao que foi constatado neste estudo, GUZZO et al. (2002) também verificaram diferenças de consumo de *S. zeamais* entre diferentes genótipos de milho, onde associaram a perda de grãos ao número de adultos emergidos. Ao estudarem a correlação entre o número de insetos emergidos e a perda de peso dos grãos, CANEPPELE et al. (2003) observaram que relação positiva entre esses, já que maiores perdas de peso das sementes de milho infestadas por *S. zeamais* ocorreram nas variedades que tiveram maior emergência, corroborando com os dados obtidos no presente trabalho. Já NUNES & RIZENTAL (2015) e FRAZÃO et al. (2018) verificaram, ao submeter variedades de milho a *S. zeamais*, que o consumo desses grãos reduziu a sobrevivência dos insetos. Deve-se salientar que *S. zeamais* tem seu ciclo biológico afetado quando não encontra alimento preferencial ou quando há a presença de inibidores alimentares que podem afetar sua progênie (ACHEAMPONG et al., 2019; CARNEIRO, 2019). Desta forma, algumas das cultivares avaliadas no presente estudo apresentaram efeitos deletérios sobre *S. zeamais*, o que implicou em menor perda de massa dos grãos.

3.4 Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i)

As cultivares de milho utilizadas influenciaram significativamente a taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) de *S. zeamais* ($F=6,0373$; $P = 0,0002$). Observou-se que as populações deste inseto apresentaram crescimento nas cultivares BRS GORUTUBA e CMS-36, ou seja, houve aumento dessas populações ($r_i = 0,001$ e $r_i = 0,0003$, respectivamente) (Figura 8). Por outro lado, FERROZ VIP, AL BANDEIRANTE, SÃO JOSE e AG 1051 se mantiveram estáveis, não ocorrendo, portanto, crescimento populacional ($r_i=0$). Esses resultados ratificam a susceptibilidade das cultivares BRS GORUTUBA e CMS 36 ao coleóptero *S. zeamais*, indicando que são mais favoráveis ao desenvolvimento deste inseto.

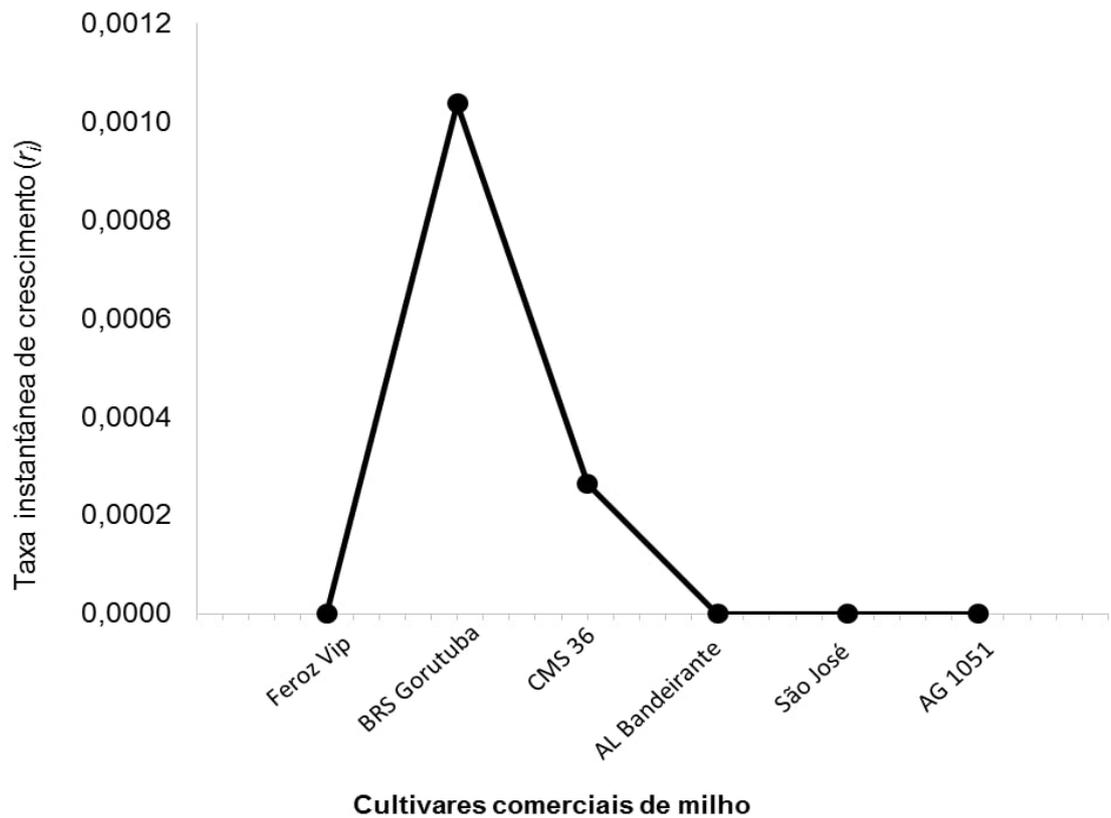


Figura 10. Taxa instantânea de crescimento populacional (r_i) de *Sitophilus zeamais* em seis cultivares de milho ($27 \pm 2^\circ\text{C}$; UR: 70%; Fotofase: 12h).

Sabe-se que características como período médio de desenvolvimento e porcentagem de emergência de adultos são importantes para determinar a resistência, e que genótipos que apresentam atraso ou menores taxas de emergência podem apresentar antibiose (AMUSA et al., 2018; LOPES et al., 2018). A taxa instantânea de crescimento é utilizada como forma de medida direta sendo vantajosa devido ao maior número de respostas em um determinado parâmetro que incorpora o resultado de sobrevivência e fecundidade dos insetos diante do ataque aos grãos (STARK & BANKS, 2003).

4. CONCLUSÕES

- ✓ Houve preferência de adultos de *Sitophilus zeamais* pelas cultivares SÃO JOSÉ e BRS GORUTUBA - indicando susceptibilidade destes materiais a este coleóptero - e

resistência do tipo antixenose para as cultivares CMS 36, AL BANDEIRANTE, FERROZ VIP e AG 1051.

- ✓ Os resultados de perda de massa dos grãos demonstraram que as cultivares FERROZ VIP, BRS GORUTUBA, CMS 36 e SÃO JOSÉ foram suscetíveis a *S. zeamais*. Isto é reforçado pelas taxas instantâneas de crescimento (r_i) deste inseto nessas cultivares, à exceção da cultivar SÃO JOSÉ.
- ✓ As menores perdas de massa dos grãos e r_i observadas nas cultivares AL BANDEIRANTE e AG 1051 indicaram resistência a *S. zeamais* do tipo antibiose.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEDIRE, C.O.; AKINKUROLERE, R.O.; AJAYI, O.O. Susceptibility of some maize cultivars in Nigeria to infestation and damage by maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Motsch.) (Coleoptera: Curculionidae). Nigerian Journal of Entomology, v 28. p. 55-63. 2011.

ACHEAMPONG, A.; AYERTEY, J.N.; EZIAH, V.Y.; IFIE, B.E. Susceptibility of selected maize seed genotypes to *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). Journal of Stored Products Research, v. 81, p. 62-68, 2019.

AMUSA, O.D.; OGUNKANMI, L.A.; ADETUMBI, J.A.; AKINYOSOYE, S.T.; OGUNDIPE, O.T. Genetics of bruchid (*Callosobruchus maculatus* Fab.) resistance in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Journal of Stored Product Research, v. 75, p.18-20, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2017.11.004>.

AN, X.H.; JI, X.F.; JIANG, J.H.; WANG, Y.H.; WU, C.X.; ZHAO, X.P. Potential dermal exposure and risk assessment for applicators of chlorothalonil and chlorpyrifos in cucumber greenhouses in China. Human and Ecological Risk Assessment, v.21, n.4, p 972-985, 2015.

ARNASON, J.T.; LAMBERT, J.; GALE, J.; MIHM, A.M.; BJARNASON, D.; JEWELLA, J.A.; SERRATOS, C.J.; FREGEAU-REID, D.L., PIETRZAK, D. Is “quality protein” maize more susceptible than normal cultivars to attack by the maize weevil *Sitophilus zeamais*? Postharvest Biology and Technology, v. 2, n. 4, p. 349-358, 1993.

ATLAS BIG. Produção mundial de milho por país. Disponível em: <https://www.atlasbig.com/pt-br/paises-por-producao-de-milho>. Acesso em: 03 de novembro de 2021.

AYYAR, S.; APPAVOO, S.; BASKER, M.; PANDIYARAJAN, P.; KAVIMANI, R. Effect of Zinc and microbial inoculation on soil enzyme activities for maize (*Zea mays* L.) in black soil. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, v.8, n.8, p. 1804-1814, 2019. DOI:10.20546/ijcmas.2019.808.213

BALDIN, E. L. L. Efeitos do tempo e da temperatura de armazenamento de grãos de feijoeiro *Phaseolus vulgaris* L. na manifestação da resistência ao caruncho *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831) (Coleoptera: Bruchidae). Universidade de São Paulo. 125p. 2001. Tese de Doutorado.

BASTOS, C.S.; RIBEIRO, A.V.; SUINAGA, F.A.; BRITO, S.M.; OLIVEIRA, A.A.S.; BARBOSA, T.M.; TEICHAMANN, Y.S.K. Resistência de plantas a insetos: contextualização e inserção no MIP. *Avanços tecnológicos aplicados à pesquisa na produção vegetal*. Viçosa: UFV, p. 31, 2015.

BOIÇA JÚNIOR, A.L.; LARA, F.M.; GUIDI, F.P. Resistência de genótipos de milho ao ataque de *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). *Anais da Sociedade Entomológica*, v. 26, n. 3, p. 481- 485,1997.

BOIÇA JÚNIOR, A.L.; COSTA, E.N.; SOUZA, B.H.S.; RIBEIRO, Z.A.; CARBONELL, S.A.M. Antixenosis and tolerance to *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae) in common bean cultivars. *Florida Entomologist*, v. 98, n. 2, p. 464-472, 2015.

CANEPELLE, M.A.B.; CANEPPELE, C.; LÁZZARI, F.A.; LÁZZARI, S.M.N. Correlation between the infestation level of *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera, Curculionidae) and the quality factors of stored corn, *Zea mays* L. (Poaceae). *Revista Brasileira de Entomologia*, v.47, p.625-630, 2003.

CASTRO, M.D J.P.D.; BALDIN, E.L.L.; CRUZ, P.L.; SOUZA, C.M.D.; SILVA, P.H.S.D. Characterization of cowpea genotype resistance to *Callosobruchus maculatus*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.48, n.9, p.1201-1209, 2013.

CARNEIRO, Z.D.F. Resistência de variedades de milho crioulo ao gorgulho-do milho *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) (Master thesis. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2019. 73p. Dissertação de Mestrado.

CLASSEN, D.; ARNASON, J.T.; SERRATOS, J.A.; LAMBERT, J.D.H.; NOZZOLILLO, C.; PHILOGENE, B.J.R. Correlation of phenolic acid content of maize to resistance to *Sitophilus zeamais*, the maize weevil, in CIMMYT'S collections. *Journal of Chemical Ecology*, v. 16, p. 301-315, 1990.

COSTA, N.P.; BOIÇA JÚNIOR, A.L. Efeito de genótipos de caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., sobre o desenvolvimento de *Callosobruchus maculatus* (Fabricius) (Coleoptera: Bruchidae). *Neotropical Entomology*, v.33, p. 77-83, 2004.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Perspectivas para a Agropecuária. Volume 7 – Safra GRÃOS 2021/22. Acompanhamento de safra. 2021.

CORRÊA, C.E.S. Silagem de milho ou cana-de-açúcar e o efeito da textura do grão de milho no desempenho de vacas holandesas. Universidade Federal de Lavras, p.102. 2001.

CRUZ, J.C.; MAGALHAES, P.C.; PEREIRA-FILHO, I.A.; MOREIRA, J.A.A. Milho: O produtor pergunta, a Embrapa responde. Área de Informação da Sede-Col Criar Plantar ABC 500P/500R Saber (INFOTECA-E), EMBRAPA, p.338, 2011.

DANSO, J.K.; OSEKRE, E.A.; OPIT, G.P.; MANU, N.; ARMSTRONG, P.; CAMPBELL, J.F.; MBATA, G.; McNEILL, S.G. Post-harvest insect infestation and mycotoxin levels in maize markets in the Middle Belt of Ghana. *Journal of Stored Products Research*, v.77, p. 9-15, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2018.02.004>. 2018.

ENGEL, V.L.; POGGIANI, F. Estudo da concentração de clorofila nas folhas e no espectro de absorção de luz em função do sombreamento em mudas de quatro espécies florestais nativas. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v. 3, n. 1, p. 39-45, 1991.

FAO. What Are the World's Most Important Staple Foods? *FAO Production Year Book for 2019*. 2019.

FIESP. Safra mundial de milho. Portal Fiesp. Disponível em: <https://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicacoes/safra-mundial-de-milho-2/>. 2018.

FRAZÃO, C.A.; SILVA, P.R.R.; ALMEIDA, W.A.; PONTUAL, E.V.; CRUZ, G.S.; NAPOLEÃO, T.H.; FRANÇA, S.M. Resistance of maize cultivars to *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Plant Parasitology*, v.85, 2018. DOI: 10.1590/1808-1657000552017.

GALLO, D.; NAKANO, O.; NETO, S.S.; CARVALHO, R.P.L.; BAPTISTA, G.C.; FILHO, E.B.; PARRA, J.R.P.; ZUCHI, R. A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J. D.; MARCHINI, L.C.; SPOTTI, J.R.; OMOTO, C. *Entomologia Agrícola*, p. 920.2002.

GUZZO, E.C.; ALVES, L.F.A.; ZANIN, A.; VENDRAMIN, J.D. Identificação de materiais de milho resistentes ao ataque de gorgulho *Sitophilus zeamais* (Motschulsky 1855) (coleoptera: curculionidae). *Arquivo do Instituto Biológico*, v. 69, n. 2, p. 69-73, 2002.

HOWITT, C. A.; POGSON, B. J. Carotenoid accumulation and function in seeds and non-green tissues. *Plant, Cell and Environment*, v. 29, n. 3, p. 435-445, 2006.

IMADE, E.E.; BABALOLA, O.O. Biotechnological utilization: the role of *Zea mays* rhizospheric bacteria in ecosystem sustainability. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2021. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-021-11351-6>.

JIANG, B.; SIREGAR, U.; WILLEFORD, K.O.; LUTHE, D.S.; WILLIAMS, W.P. Association of a 33-kilodalton cysteine proteinase found in corn callus with the inhibition of fall armyworm larvae growth. *Plant Physiology*, v. 108, n. 4, p. 1631-1640, 1995.

LARA, F. M. Princípios de resistência de plantas a insetos. Ícone Editora, p. 388, 1991.

LIMA JUNIOR, R.S.; ANTONINO, A.C.D.; LIRA, C.A.B.O.; SOUZA, E.S.; SILVA, I.F. Balanço de energia e evapotranspiração de feijão caupi sob condições de sequeiro. *Revista Ciência Agronômica*, v.42, p. 65-74, 2011.

LOPES, L.M.; SOUSA, A.H.; SANTOS, V.B.; SILVA, G.N.; ABREU, A.O. Development rates of *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Chrysomelidae) in landrace cowpea varieties occurring in southwestern Amazonia. *Journal of Stored Products Research*, v. 76, p. 111- 115. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2018.01.008>. 2018.

LORINI, I. Manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados. Embrapa Trigo. p. 72, 2008.

LORINI, I. Perdas anuais em grãos armazenados chegam a 10% da produção nacional. Revista Visão Agrícola, v. 13, p. 127-129. 2015.

MARTINI, A.T.; SCHLOSSER, J.F.; BARBIERI, J.P.; BERTOLLO, G.M.; NEGRI, G.M.; BERTINATTO, R. Aspectos relevantes da inspeção de pulverizadores agrícolas: impactos na precisão das pulverizações de agrotóxicos. Acta Iguazu, v. 6, n. 4, p. 72-82, DOI: 10.48075/actaiguaz. v6i4.16479. 2017.

MARCONDES E.; RIBEIRO, M. A.; STANGERLIN, D. M.; SOUZA, A. P.; MELO, R. R. de; GATTO, D.A. Resistência natural da madeira de duas espécies amazônicas em ensaios de deterioração de campo. Revista Scientia Plena, v. 9, p. 1-9, 2013.

MARSARO JÚNIOR, A.L.; LAZZARI, S.M.N.; KADOZAWA, P.; HIROOKA, E.Y.; GERAGE, A.C. Avaliação da suscetibilidade de híbridos de milho ao ataque de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) no grão armazenado. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 26, p.173-178, 2005.

MARSARO JÚNIOR, A.L.; VILARINHO, A.L; PAIVA, W.R.S.C; BARRETO, H.C.S. Resistência de híbridos de milho ao ataque de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: curculionidae) em condições de armazenamento. Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais, v. 6, p. 45-50, 2008.

MELO, A.F. de; FONTES, L.S.; BARBOSA, D.R.S.; ARAÚJO, A.A.R.; SOUZA, E.P.S.; SOARES, L.L.L.; SILVA, P.R.R. Resistência de genótipos de feijão-caupi ao ataque de *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae). Revista Arquivos do Instituto Biológico, 79, 425-429, 2012.

MIRANDA, M.M.M.; ARAÚJO, J.M.; PIKANÇO, M.; FALEIRO, F.G.; MACHADO, A.T. Detecção de não-preferência à *Sitophilus zeamais* Mots. em espigas e grãos de 49 populações de milho. Revista Brasileira de Armazenamento, v. 20, p. 21-25, 1995.

MIRANDA, R.A. Uma história de sucesso da civilização: A Granja, v. 74, n. 829, p. 24-27, 2018.

NAUEN, R.; SLATER, R.; SPARKS, T.C.; ELBERT, A.; MCCAFFERY, A. IRAC: Insecticide Resistance and Mode-of-action classification of insecticides. Modern Crop Protection Compounds. v.3, p. 995-1012, 2019.

NORNBERG, S.D.; NAVA, D.E.; GRUTZMACHER, A.D.; BENTO, J.M.S.; OZELAMEHUBNER, A.L.; HUBNER, L.K. Flutuação populacional e distribuição de *Sitophilus zeamais* em pomares de pessegueiro e macieira. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 48, p. 358-364, 2013.

NUNES, M.P.; RIZENTAL, M. Preferência alimentar de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) em variedades de milho transgênico. Connecti on Line - Revista Eletrônica do Univag, n. 12, p. 84-89, 2015.

NWOSU, L.C. Chemical bases for maize grain resistance to infestation and damage by the maize weevil, *Sitophilus zeamais* Motschulsky. Journal of Stored Products Research, v. 69, p. 41-50, 2016.

NWOSU, L.C. Impacto da idade nas atividades biológicas de adultos de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) em milho armazenado: implicações para a segurança alimentar e manejo de pragas. Journal of Economic Entomology, v. 111, p. 2454-2460, 2018.

OLIVEIRA, M.B.L.; SANTOS, A.J.B.; MANZI, A.O.; ALVALÁ, R.C.S.; CORREIA, M.F.; MOURA, M.S.B. Trocas de energia e fluxos de carbono entre a vegetação de Caatinga e atmosfera no Nordeste Brasileiro. Revista Brasileira de Meteorologia. v.21, p. 278-386, 2006.

OSIPITAN, A.A.; ODEBIYI, J.A. Laboratory evaluation of twenty maize (*Zea mays* L.) varieties for resistance to the larger grain borer, *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera: Bostrichidae) in Ibadan, Oyo State, Nigerian Journal of Entomology, v.24, p. 54-67, 2007.

PAES, J.L.; FARONI, L.R.D.A.; DHINGRA, O.D.; CECON, P.R.; SILVA, T.A. Insecticidal fumigant action of mustard essential oil against *Sitophilus zeamais* in maize grains. Crop Protection, v.34, p. 56-58, 2012.

- PAINTER, R. H. Insect Resistance in Crop Plants. University of Kansas Press., p. 520, 1951.
- PANDA, N.; KHUSH, G.S. Host plant resistance to insects. 448p, 1995.
- PIMENTEL, M.A.G.; FARONI, L. R.D.A.; GUEDES, R.N.C.; SOUSA, A.H.; TÓTOLA, M.R. Phosphine resistance in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). Journal of Stored Products Research, v. 45, p. 71-74, 2009.
- PINTO, J.R.L.; BOICA, A.L.; FERNANDES, O.A. Biology, Ecology, and Management of *Rednecked Peanutworm* (Lepidoptera: Gelechiidae). Journal Of Integrated Pest Management, v. 11, 15 p., 2020. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/195494>>.
- RAMAZAN, S.; NAZIR, I.; YOUSUF, W.; JOHN, R.; ALLAKHVERDIEV, S. Environmental stress tolerance in maize (*Zea mays*): role of polyamine metabolism. Functional Plant Biology. 2022. DOI: 10.1071/fp21324.
- RIBEIRO, R.C.; LEMOS, W.P.; CASTRO, A.A.; PODEROSO, J.C.M.; SERRÃO, J.E.; ZANUNCIO, J.C. *Trichospilus diatraeae* (Hymenoptera: Eulophidae): a potential biological control agent of lepidopteran pests of oil palm in the Brazilian Amazon. Florida Entomologist, v.96, p. 676-678, 2013.
- SCHOONHOVEN, L.M.; VAN LOON, J.J.A.; DICKE, M. Insect-plant biology. Oxford University Press, p. 421, 2005.
- SERRATOS, J.A.; BLANCO-LABRA, A.; MIHM, J.A.; PIETRZAK, L.; ARNASON, J.T. Generation means analysis of phenolic compounds in maize grain and susceptibility to maize weevil *Sitophilus zeamais* infestation. Canadian Journal of Botany, v. 71, p. 1176-1181, 1993.
- SMITH, C.M. Plant resistance to arthropods: molecular and conventional approaches. Dordrech: Springer, p. 423, 2005.
- STARK, J.D.; BANKS., J.E. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. Annual Review of Entomology, p. 505-519, 2003.
- SUGANYA, A.; SARAVANAN, A.; MANIVANNAN, N. Role of Zinc Nutrition for Increasing Zinc Availability, Uptake, Yield, and Quality of Maize (*Zea Mays* L.) grains: An Overview. Communications in Soil Science and Plant Analysis, v. 51, p. 2001-2020, 2020.

SULEIMAN, R.; ROSENTRATER, K.A.; CHOVE, B. Periodic physical disturbance: an alternative method for controlling *Sitophilus zeamais* (maize weevil) infestation. *Insects*, v.7, n.5, p. 51, 2016. <https://doi.org/10.3390/insects7040051>

TEETES, G.L. Plant resistance to insects: a fundamental component of IPM. University of Minnesota. Driven to Discover. 2021.

TEFERA, T.; DEMISSIE, G.; MUGO, S.; BEYENE, Y. Yield and agronomic performance of maize hybrids resistant to the maize weevil *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). *Crop Protection*, v. 46, p. 94-99, 2013.

THRONE, J.E.; WAEVER, D.K. Impact of temperature and relative humidity on life history parameters of adult *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Journal of Stored Products Research*, v. 55, p. 128-133, 2013.

THRONE, J.E.; EUBANKS, M.W. Resistance of tripsacorn to *Sitophilus zeamais* and *Oryzaephilus surinamensis*. *Journal of Stored Products Research*, v. 38, p. 239-245, 2002.

TIPPING, P.W.; RODRIGUEZ, J.G.; PONELEIT, C.G.; LEGG, D.E. Feeding activity of the maize weevil (Coleoptera: Curculionidae) on two dent corn lines and some of their mutants. *Journal of Economic Entomology*, v. 81, p. 830-833, 1988.

TONGJURA, J.D.C.; AMUGA, G.A.; MAFUYAI, H.B. Laboratory assessment of the susceptibility of some varieties of *Zea mays* infested with *Sitophilus zeamais*, Motsch. (Coleoptera: Curculionidae) in Jos, Plateau State, Nigeria. *Science World Journal*, 5: 55- 57, 2010.

TOSCANO, L.C.; BOIÇA JUNIOR, A.L.; LARA, F.M.; WAQUIL, J.M. Resistência e mecanismos envolvidos em genótipos de milho em relação ao ataque do gorgulho, *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). *Anais da Sociedade Entomológica*, v. 28, p. 141-147, 1999.

VIANA, D.L. Efeitos de cultivares de algodoeiro que expressam as proteínas Cry1Ac e Cry1F nos parâmetros biológicos de *Chrysodeixis includens* (Walker, 1857) (Lepidoptera: Noctuidae).) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2014. 42p. Dissertação (Mestrado em Entomologia Agrícola).

VIEIRA NETO, J. Milho duro e dentado na forma de grãos secos e silagem de grãos úmidos para leitões dos 7 aos 15 kg. UFLA. 44pg. 2006.

WALTHALL, W.K.; STARK, J.D. A comparison of acute mortality and population growth rate as endpoints of toxicological effect. *Revista Ecotoxicology Environmental Safety*, v.37, 45-52, 1997.