



## **Resistência de genótipos de milho a densidades de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). Resistance of corn genotypes to densities of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae).**

[Diaine Cortese](#)<sup>1</sup>, [Gilberto Santos Andrade](#)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Doutoranda no Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, Dourados, Mato Grosso do Sul, Brasil. E-mail: [biocortese@gmail.com](mailto:biocortese@gmail.com)

<sup>2</sup> Docente do Curso de Agronomia, Departamento de Ciências Agrárias, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Pato Branco, Paraná, Brasil. E-mail: [gilbertoutfpr@gmail.com](mailto:gilbertoutfpr@gmail.com)

### **Resumo**

*Sitophilus zeamais* é uma das principais pragas de milho armazenado. O objetivo do presente trabalho foi identificar a resistência de genótipos milho ao ataque de diferentes densidades de *S. zeamais*. Foram usados 15, 20, 25, 30 e 35 insetos adultos para a infestação em amostras de quatro genótipos de milho: Nutricional Embrapa, Milho Roxo, 8 Carreiras e Palha Roxa. Foram avaliados: o número de insetos emergidos, perda de massa de grãos, peso de inseto, longevidade e razão sexual. Milho Roxo e 8 Carreiras foram os mais resistentes, pois apresentaram o menor número de insetos emergidos e a menor perda de massa de grãos.

**Palavras-chave:** Grãos armazenados. Resistência de plantas. Gorgulho do milho. Antibiose.

### **Abstract**

*Sitophilus zeamais* is one of the main pests of stored corn. The objective of the present work was to identify the resistance of corn genotypes to the attack of different densities of *S. zeamais*. 15, 20, 25, 30 and 35 adult insects were used for infestation in samples of four maize genotypes: Nutricional Embrapa, Milho Roxo, 8 Carreiras and Palha Roxa. The number of emerged insects, grain mass loss, insect weight, longevity and sex ratio were evaluated. Maize Roxo and 8 Rows were the most resistant, as they had the lowest number of emerged insects and the lowest grain mass loss.

**Keywords:** Stored grains. Plant resistance. Corn weevil. Antibiosis.

## Introdução

*Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1885 (Coleoptera: Curculionidae), é uma das principais praga do milho armazenado no Brasil, podendo ocorrer em outras culturas de cereais como arroz, trigo e sorgo entre outros (SULEIMAN et al., 2019). Esses insetos alimentam-se de grãos armazenados, reduzindo o seu valor comercial, o que ocasiona assim prejuízos econômicos. *S. zeamais* tem como características biológicas, infestação cruzada e alto potencial biótico, o que torna difícil o controle dessa praga em armazéns (LORINI et al., 2015).

O uso de inseticidas químicos sintéticos tem sido o principal método de controle, entretanto, o uso destes produtos tem selecionado populações resistentes (BADJI et al., 2020; HADDI et al., 2015; MELO JUNIOR et al., 2018). Como alternativa para minimizar esse problema, trabalhos tem buscado por novos métodos de controle, incluindo o uso de variedades resistentes a praga. Essas variedades podem afetar a biologia do inseto, como na perda de peso, menor longevidade, menor oviposição, ciclo de vida, entre outros fatores relacionados com a biologia do inseto (FRAZÃO et al., 2018; KASOZI et al., 2021; NGOM et al., 2021).

A resistência de plantas a insetos pode ocorrer por três mecanismos: i) antixenose, também conhecida como não-preferência; ii) antibiose que causa efeitos adversos na biologia do inseto; iii) tolerância, em que a planta suporta o ataque do inseto, sem grandes perdas. Esses mecanismos podem ainda atuar de maneira sinérgica ou aditiva (BASTOS et al., 2015). Vários fatores condicionam a resistência de grãos de milho ao *S. zeamais*, como a dureza dos grãos, compostos fenólicos, enzimas inibidoras, teor de proteína e amido, coloração entre outros (NHAMUCHO et al., 2017; VI et al., 2017; KHAKATA et al., 2018).

A seleção de genótipos de milho resistentes contribui muito para a agricultura e meio ambiente pois reduz a pressão por inseticidas químicos sintéticos, não onera os custos de produção, não oferece riscos à saúde humana e animal, reduz perdas quantitativas e qualitativas, não causa poluição ao meio ambiente e, além disso, é compatível com outras estratégias de controle (HIRUY, GETU, 2018).

Diante do exposto, o presente trabalho teve com objetivo de avaliar a resistência de quatro genótipos de milho a diferentes densidades de *Sitophilus zeamais* em condições de armazenamento.

## Material e métodos

O experimento foi conduzido em câmaras climatizadas do tipo BOD nas condições de  $(27 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $75 \pm 5\%$  UR) e 24 horas de escotofase, simulando um ambiente de armazenamento (MARSARO JÚNIOR et al., 2007).

Quatro genótipos de milho foram utilizados: a variedade comercial melhorada Nutricional Embrapa e os milhos crioulos: Milho Roxo, Palha Roxa e 8 Carreiras (Figura 1). Os grãos foram condicionados em freezer com  $-10 \text{ }^\circ\text{C}$  por quatro dias para eliminar possíveis infestações. Após isso, foram secos em temperatura ambiente até atingir uma umidade de 13,5%.

Cinquenta gramas de milho de cada material foram pesados e mantidos em potes de plásticos transparentes de 250 mL. Insetos oriundos da criação massal em laboratório em uma variedade convencional, não sexados com idade entre 7 e 14 dias foram usados para infestar os materiais nas densidades de 15, 20, 25, 30 e 35, sendo mantidos nos grãos por dez dias para a cópula e oviposição (MARSARO JÚNIOR et al., 2007).



Figura 1 – Genótipos de milho: A Milho Roxo, B Nutricional Embrapa, C Palha Roxa, D 8 Carreiras.  
Fotos: Diaine Cortese.

Os grãos foram observados diariamente durante trinta dias para a contagem do número de insetos emergidos por dia e o total de insetos (TO), até que não houvesse emergência de insetos. Os insetos foram contabilizados, retirados e mantidos em frascos plásticos. As variáveis avaliadas foram, a perda de massa de grãos (PMG), em que, o peso inicial dos grãos foi subtraído pelo peso final. A razão sexual (RS) foi determinada pelo número de fêmeas dividido pelo número total de insetos (DEVI et al., 2017; HONG et al., 2018).

O peso total dos insetos (PI) para cada genótipo e densidade foi determinado com balança de precisão modelo AY220, marca Marte. Essa variável não atendeu ao teste de Lilliefors, sendo realizado uma transformação de dados pela raiz ( $x + k$ ) para atingir a normalidade.

Para a longevidade (LO) de *S. zeamais* foi separado cinco insetos recém emergidos de cada genótipo e densidade, os quais foram isolados em tubos de 25 x 200 mm e 70 mL de volume, sem alimentação, em sala climatizada com 28 °C sem a presença de luz, onde eram observados diariamente (RASHID et al., 2021).

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições para cada genótipo para as variáveis: Perda de massa de grãos, longevidade, total de insetos, peso de adultos e razão sexual. Para o número de insetos emergidos (dias) foram utilizadas cinco repetições. Foram realizados os testes Lilliefors, e Bartlett para averiguar a normalidade e distribuição dos dados, após isso os resultados foram submetidos a análise de variância (ANOVA) ( $p \leq 0,05$ ) e respectivamente a análise de regressão com o Software estatístico Genes (CRUZ, 2013).

## Resultados

Os genótipos Nutricional Embrapa, Palha Roxa e 8 Carreiras apresentaram um crescimento linear no número total de insetos emergidos, porém no Milho Roxo teve um crescimento exponencial em que, acima de 25 insetos, decorreu um aumento considerável no número total de insetos emergidos (Figura 2).

A maior média para número total de insetos emergidos, foi para Nutricional Embrapa, com médias de 38,00 e 68,75 insetos emergidos na menor e maior densidade de insetos, isso sugere uma maior suscetibilidade desse genótipo para o desenvolvimento de *S. zeamais*. Os genótipos 8 Carreiras e Milho Roxo tiveram menor número de insetos emergidos. Milho Roxo com médias de 8,50 insetos para a densidade 15 e 29,25 para a densidade 35.

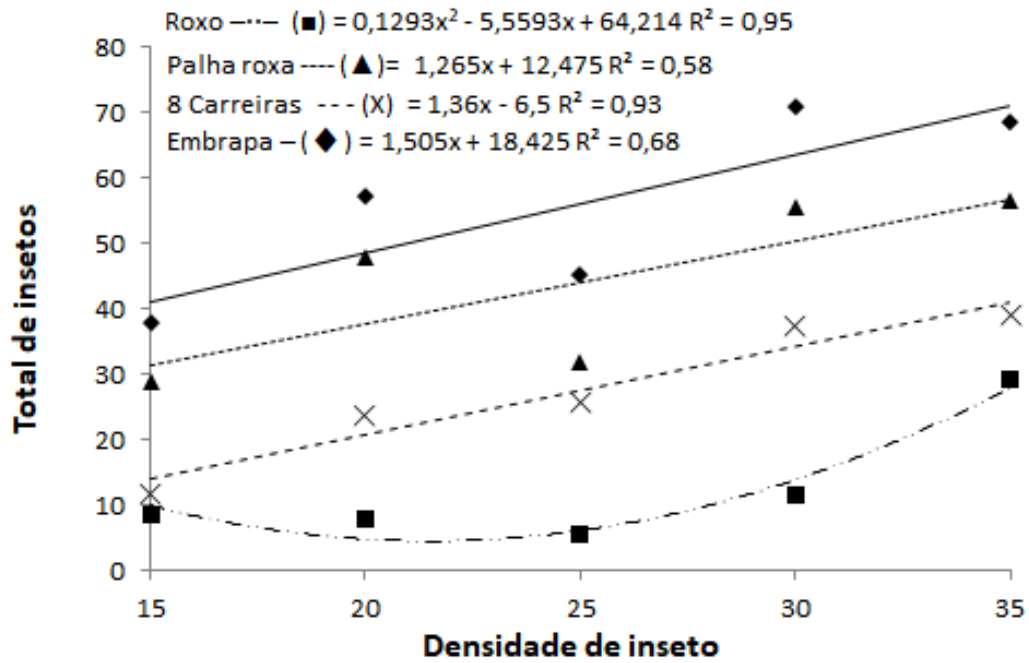


Figura 2 – Total de *Sitophilus zeamais* emergidos nos quatro genótipos de milho (Nutricional Embrapa, Milho Roxo, Palha Roxa, 8 Carreiras) com cinco densidades de insetos 15, 20, 25, 30 e 35, em um experimento conduzido no delineamento inteiramente casualizado. Pato Branco, PR, 2019.

Para todos os genótipos a perda de massa de grãos foi linear e crescente, em que, a perda de massa dos grãos aumenta em virtude do número de insetos durante a infestação (Figura 3).

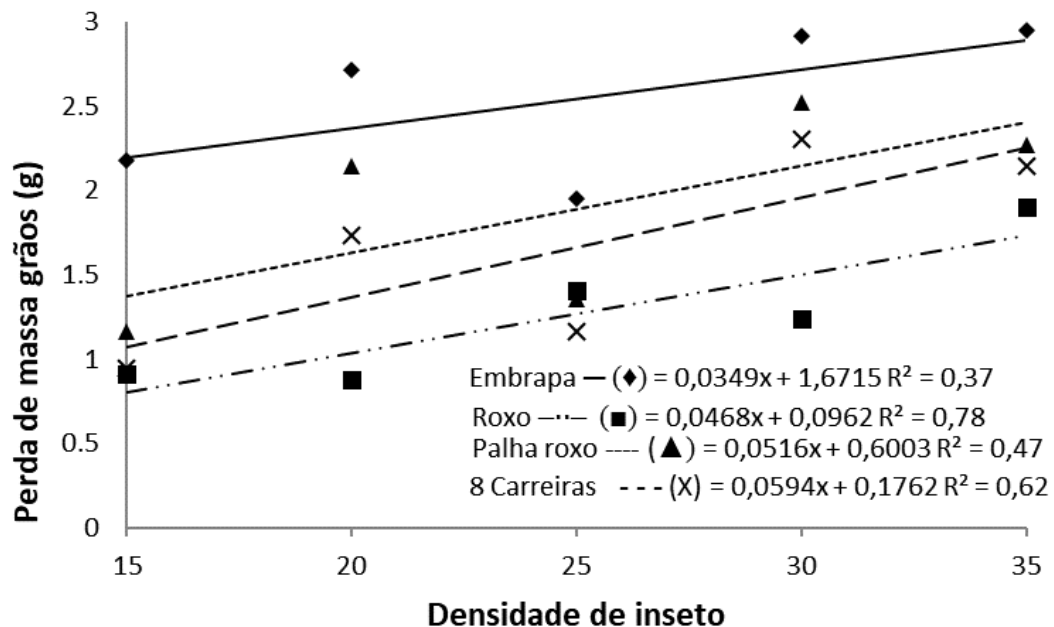


Figura 3 – Perda de massa de grãos nos quatro genótipos de milho (Nutricional Embrapa, Milho Roxo, Palha Roxa, 8 Carreiras) e cinco densidades de *Sitophilus zeamais* 15, 20, 25, 30 e 35, em um experimento conduzido no delineamento inteiramente casualizado. Pato Branco, PR, 2019.

A maior perda de massa de grãos foi observada no genótipo Nutricional Embrapa, com média variando entre 2,18 g para densidade 15 e 2,95 g para a densidade de 35 insetos. Milho Roxo teve a menor perda de peso dos grãos, foram 0,94 g para a densidade 15 chegando a 2,14 g para 35 insetos. Milho Roxo, mesmo na maior densidade de insetos, as perdas de massa de grãos não alcançaram as perdas observadas para o genótipo Nutricional Embrapa com somente 15 insetos, o que evidencia uma resistência desse genótipo.

O peso dos insetos variou nos diferentes genótipos de milhos. Milho Roxo teve o maior peso de insetos, no qual, em densidades de 15 e 20 insetos o peso foi menor de 0,12 g e 0,13 g, entretendo, ao aumentar a densidade de insetos para 25 ocorreu um aumento no peso dos insetos (Figura 4).

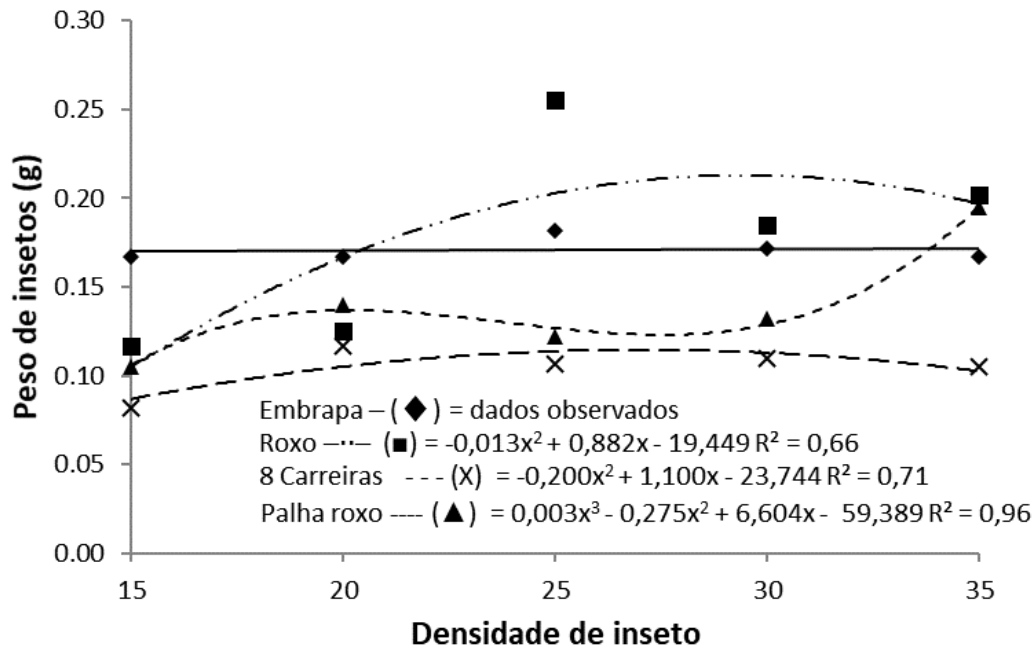


Figura 4 – Peso total *Sitophilus zeamais* emergidos nos quatro genótipos de milho (Nutricional Embrapa, Milho Roxo, Palha Roxa, 8 Carreiras) e cinco densidades de insetos 15, 20, 25, 30 e 35, em um experimento conduzido no delineamento inteiramente casualizado. Pato Branco, PR, 2019.

Palha Roxa foi observado o segundo menor peso de insetos. Em baixas densidades, o peso dos insetos permaneceu relativamente constante e apresentou tendência de aumento, chegando ao maior peso na densidade 35. Insetos que se desenvolveram no genótipo 8 Carreiras apresentaram menor peso de insetos. No entanto, não houve influência das densidades de insetos (Figura 4).

Para o milho Nutricional Embrapa não houve equação ajustada, o que significa que, independentemente da densidade de insetos, não ocorreu diferença entre os pesos dos insetos, porém, nos dados observados nota-se que foi o segundo com maior peso de insetos, isso pode estar relacionado com o número de insetos emergidos nesse genótipo (Figura 4).

A longevidade dos insetos foi maior no Milho Roxo. Neste genótipo, a maior longevidade foi observada nas densidades 15 e 20, sendo que, neste último, os insetos chegaram a completar 17 dias de vida. Para as densidades maiores ocorreu uma queda da longevidade, como na densidade 35, chegando a sete dias de longevidade (Figura 5).

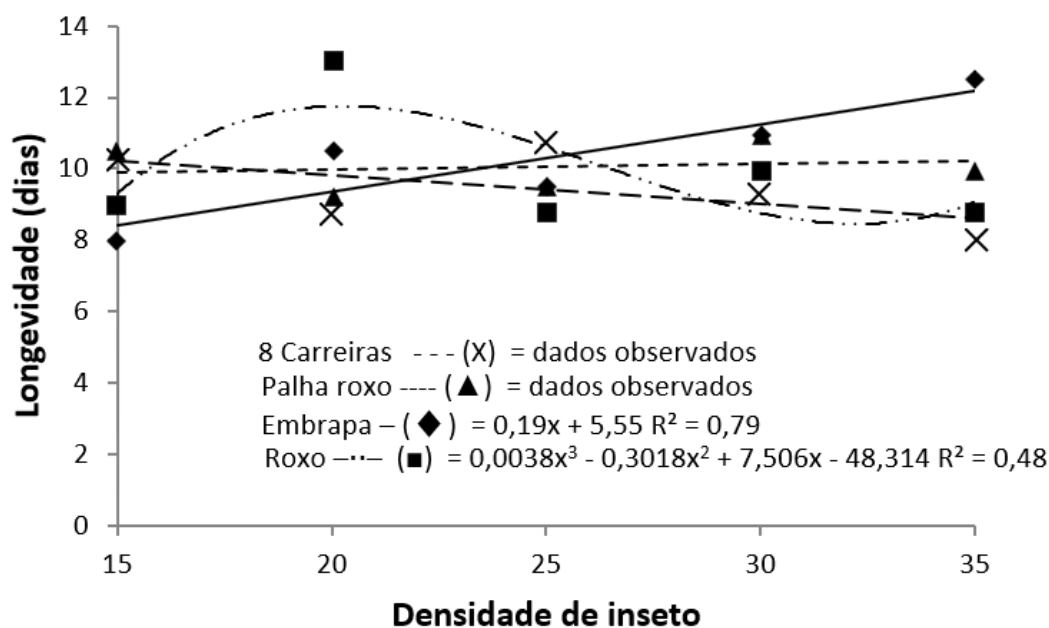


Figura 5 – Longevidade de *Sitophilus zeamais* nos quatro genótipos de milho (Nutricional Embrapa, Milho Roxo, Palha Roxa, 8 Carreiras) e cinco densidades de insetos 15, 20, 25, 30 e 35, em um experimento conduzido no delineamento inteiramente casualizado. Pato Branco, PR, 2019.

Para Nutricional Embrapa a longevidade foi baixa em densidades de 15 e 20 insetos e teve uma variação muito pequena com o aumento das densidades de insetos (Figura 5). Para os genótipos Palha Roxa e 8 Carreiras não se ajustou nenhuma equação, isso significa que a longevidade de insetos nesses genótipos não variou com o aumento das densidades de insetos (Figura 5).

Milho Roxo teve maior média para razão sexual, com uma média de 0,78 que não diferiu estatisticamente do genótipo Nutricional Embrapa com média de 0,77, Palha Roxa e 8 Carreiras obtiveram menores médias para razão sexual, em que não diferiram um do outro (Tabela 1).

Tabela 1 – Comparação de médias para a variável razão sexual em um experimento conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro genótipos de milho (Milho Roxo, Nutricional Embrapa, Palha Roxa, 8 Carreiras) em quatro repetições. Pato Branco, PR, 2019.

Genótipos de milho	Médias
Milho Roxo	0,78 a
Nutricional Embrapa	0,77 a
Palha Roxa	0,70 b
8 Carreiras	0,70 b

\*Dados não seguidos por mesma letra, na coluna, diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey, em nível de 5% de probabilidade de erro.

A razão sexual teve um pequeno aumento em virtude das densidades de insetos (Figura 6).

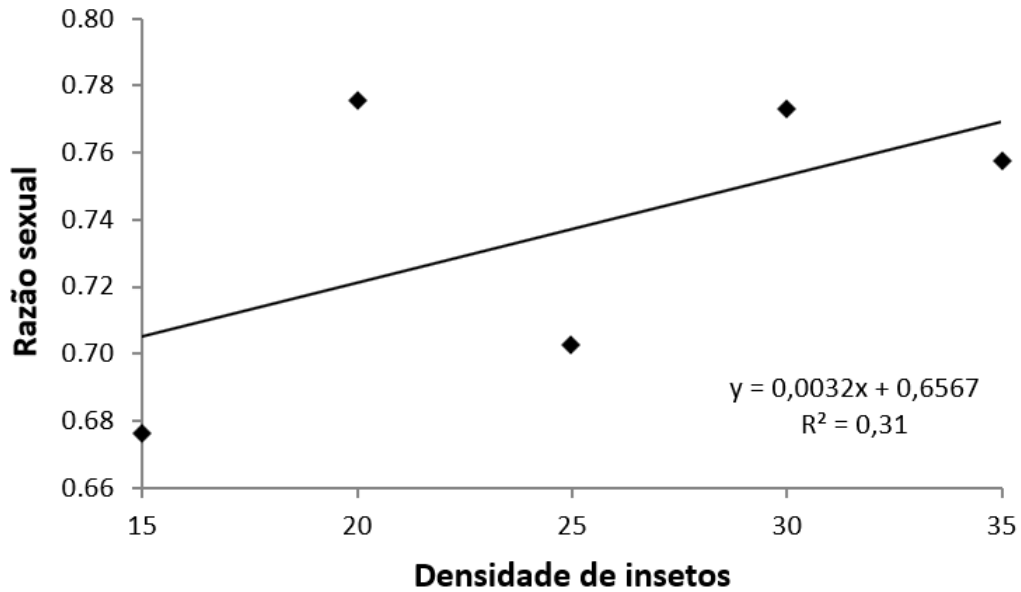


Figura 6 – Razão sexual para *Sitophilus zeamais* cinco densidades de insetos 15, 20, 25, 30 e 35, em um experimento conduzido no delineamento inteiramente casualizado. Pato Branco, PR, 2019.

A emergência de insetos para o genótipo Nutricional Embrapa teve início aos 29 dias após a infestação, ou seja, os primeiros insetos, ao emergirem, tiveram um ciclo biológico de 29 dias de duração (Figura 7).

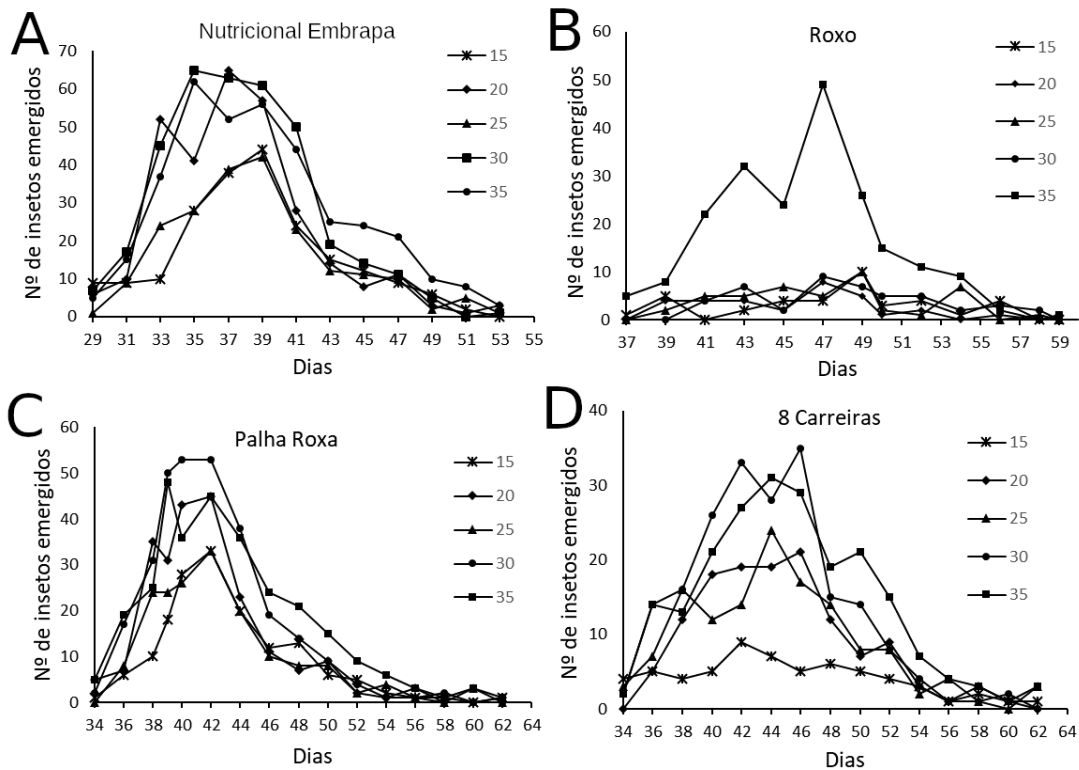


Figura 7 – Total de *Sitophilus zeamais* emergidos por dia em quatro genótipos de milho (Nutricional Embrapa, Milho Roxo, Palha Roxa, 8 Carreiras) em cinco densidades de infestação (15, 20, 25, 30, 35), em um experimento com delineamento inteiramente casualizado, com cinco repetições. Pato Branco, PR, 2019.

O tempo de duração da emergência de insetos nesse genótipo foi de 26 dias. O maior número de insetos emergidos para todas as densidades nesse genótipo ocorreu entre os 35 a 39 dias. O início da emergência dos primeiros insetos para Palha Roxa foi aos 34 dias, essa emergência perdurou a longo de 32 dias. O maior pico de emergência de insetos foram aos 40 a 42 dias e aos 44 dias decaiu a emergência.

A densidade de 25 insetos teve um comportamento semelhante a densidade 15 na emergência de insetos por dia para todos os genótipos. A partir da densidade de 25 insetos em 50 gramas de milho, inicia uma competição intraespecífica, por alimento, oviposição nos grãos equilibrando a população.

A genótipo 8 Carreiras por ter se mostrado um material resistente ao ataque de *S. zeamais* iniciou aos 34 dias sua emergência, ao que se pode observar esse genótipo não teve um pico de dias determinado na emergência dos insetos, assim ocorrendo sua maior emergência até os 48 dias. Esse período de emergência ocorreu por 30 dias.

Em todos os genótipos e densidades ocorreu uma tendência semelhante de emergência de *S. zeamais*, entretanto, o genótipo Milho Roxo apresentou baixa emergência diária de insetos para as densidades 15, 20, 25 e 30, ocorrendo um pico de emergência de insetos na densidade 35. Ao que tudo aponta o genótipo milho Roxo apresenta resistência a *S. zeamais*, pois a emergência dos insetos iniciou aos 37 dias após a infestação (Figura 7).

## Discussão

Os genótipos Nutricional Embrapa e Palha Roxa foram suscetíveis ao ataque de *S. zeamais*, pois apresentaram o maior número de insetos emergidos e a maior perda de massa de grãos. Essa maior perda de massa dos grãos, pode ser explicada pelo número de insetos que emergidos nesses genótipos, o que sugere uma menor resistência dos grãos ao ataque de *S. zeamais* (NHAMUCHO et al., 2017; RASHID et al., 2021).

A ausência de alguns fatores relacionados ao nível de resistência ao pericarpo, a natureza física e química da película dos grãos, a presença de aleloquímicos, substâncias fenólicas, amido e proteína, podem ter influenciado numa maior suscetibilidade desses genótipos (RASHID et al., 2021; SSERUMAGA et al., 2021; FRAZÃO et al., 2018; NHAMUCHO et al., 2017; VI et al., 2017). Além disso, se proteínas, amido e minerais permitem que insetos possam ter um maior sucesso no ataque de milho, compostos como fibra bruta, ácido fenólico, inibidores de tripsina e de amilase, podem conferir resistência a *S. zeamais* (NWOSU, 2015).

Devido à grande quantidade de insetos emergidos no genótipo Nutricional Embrapa ocorreu um aumento considerável na umidade e temperatura dos grãos, isso acontece pela alta taxa respiratória dos insetos e o aceleração do metabolismo, o que levou a proliferação de fungos (PINTO et al., 2002). Isso mostra que, neste genótipo, além das possíveis perdas decorrentes do dano direto da praga, poderia haver danos indiretos com fungos, o que provoca reduções significativas da qualidade e possível aumento no custo operacional de manutenção destes grãos armazenados.

Os genótipos de milho 8 Carreiras e Milho Roxo foram resistentes ao ataque de *S. zeamais*. Um dos fatores que confere resistência ao genótipo 8 Carreiras é a presença de inibidores da enzima amilase já confirmado em estudos realizados por Carneiro (2019). As enzimas  $\alpha$ -amilases pertencem a uma família das endoamilases que catalisam a hidrólise de ligações glicosídicas  $\alpha$ -1,4 de carboidratos como a do amido e glicogênio, deste modo são enzimas muito importantes para o



desenvolvimento e sobrevivência de *S. zeamais* entre outros insetos, a presença de inibidores dessa enzima em grãos de milho afetam diretamente na alimentação dos insetos e conseqüentemente na sobrevivência de tal (MARSARO JÚNIOR et al., 2005; MARSARO JÚNIOR et al., 2006). Herrmann et al. (2009) em seu trabalho também encontrou um menor número de insetos emergidos para o genótipo 8 Carreiras.

A baixa emergência de insetos em Milho roxo pode ser explicada pela morte larval, resultado da resistência por antibiose (NHAMUCHO et al., 2017; NGOM et al., 2021). Outros trabalhos mostraram que a resistência de milho a *S. zeamais* pode ser explicada pelo número de insetos emergidos, em que, genótipos mais resistentes apresentaram menor número de insetos emergidos, ao contrário para genótipos suscetíveis com um maior número de insetos emergidos (MARSARO JÚNIOR et al., 2008; DEMISSIE et al., 2015; NHAMUCHO et al., 2017).

Estudos de Padilha et al. (2013) avaliaram com livre escolha a preferência de *S. zeamais* por variedades de milho crioulas e verificaram que dentre os nove tratamentos testados dois se mostraram resistentes foram menos atrativos para o inseto praga, no qual, apresentaram um menor número de insetos emergidos. Isso mostra que a não-preferência pode ser uma resposta para o menor número de insetos emergidos no genótipo Milho Roxo. Entretanto esse tipo de resistência só pode ser confirmado quando acontece livre escolha dos grãos para o inseto se alimentar.

As densidades de insetos usadas possibilitaram ver que à medida que se aumenta o número inicial de insetos durante uma infestação de milho por *S. zeamais* há um aumento gradativo na população final de insetos e conseqüentemente uma maior perda de massa de grãos. Em um estudo realizado por Caneppele et al. (2003), constataram que há um aumento na perda de peso nos grãos de milho, quando aumenta o tempo e o número de *S. zeamais* em contato com a massa de grãos durante a infestação.

Em trigo armazenado com diferentes densidades *S. zeamais* também constataram que o crescimento populacional aumenta em virtude da quantidade inicial de insetos (SILVA et al., 2003). Todavia o genótipo Milho Roxo se mostra de forma diferente, pois o número de insetos emergidos aumenta somente com uma população acima de 25 insetos, mostrando assim que materiais altamente resistentes podem suportar um maior número de insetos durante uma possível infestação da praga nos grãos.

Segundo Demissie et al. (2015) a perda de massa de grãos está relacionada com o número de insetos emergidos, porém, não está relacionada com outros fatores de suscetibilidade, isso corresponde aos resultados deste trabalho, pois a longevidade foi maior em Milho Roxo, entretanto esse genótipo teve um menor número de insetos emergidos e uma menor perda de massa de grãos, mostrando-se resistente ao desenvolvimento do *S. zeamais*.

Antunes et al. (2011) ao avaliarem danos físicos e químicos causados por insetos de *S. zeamais* em grãos de milho concluíram que quanto maior o tempo de armazenamento maior são as perdas da massa dos grãos e maior é o número da população final, porém verificaram que ao passar dos 120 dias de armazenagem a sobrevivência e a mortalidade dos insetos aumenta. Então a emergência dos genótipos é de um crescimento exponencial, em que nas densidades de 30 e 35 insetos a população chegará em sua capacidade suporte em um menor período de tempo, ocasionando, uma menor longevidade e sobrevivência aos insetos.

O maior peso de insetos para Milho Roxo pode ser resposta do menor número de insetos emergidos, isso pode ter favorecido as larvas em que se desenvolveram uma menor competição e assim emergindo adultos mais pesados, pois a massa corporal de adultos na emergência é afetada pela concorrência por alimento (NWSOU et al., 2015).

O menor peso de insetos foi encontrado para 8 Carreiras. Outros trabalhos encontraram resultados semelhantes para *S. zeamais* no genótipo 8 Carreiras, em que, um dos fatores que tenha influenciado o menor de peso dos insetos, foi a presença de inibidores de amilase, pois implica diretamente na absorção de amido (HERRMANN et al., 2009; CARNEIRO 2019). Isso mostra que o conteúdo nutricional e a presença de compostos desfavoráveis nos grãos podem afetar o desenvolvimento dos insetos.

O menor peso dos insetos nessa genótipo pode também estar relacionada com a quantidade de insetos emergidos, pois em um estudo que testaram a resistência de 30 genótipos de milho a *Sitophilus zeamais* encontraram diferenças no peso dos insetos adultos, sendo que o menor número de insetos emergidos coincidem com o menor peso dos insetos (TOSCANO et al., 1999).

Muitos trabalhos que testaram resistência de milho a *S. zeamais* e que avaliaram o peso de insetos como uma variável para a determinação de genótipos resistentes ou suscetíveis não encontraram diferenças entre o peso dos insetos (MARSARO JÚNIOR et al., 2005; MARSARO JÚNIOR et al., 2007; MIKAMI et al., 2012). Isso demonstra que os genótipos testados nesse trabalho apresentam uma variabilidade genética ampla, com diferentes níveis de resistência, que pode ser determinado por fatores físicos e químicos.

A longevidade maior em Milho Roxo nas densidades de 15, 20 e 25 insetos, pode ser correlacionada com o maior peso dos insetos e o menor número de insetos emergidos nesse genótipo, pois insetos menos pesados, que em sua fase larval se desenvolveram em condições de competição por alimento, tendem a terem menos reservas na ausência de alimento, o que afeta sua sobrevivência em condições adversas (GUEDES et al., 2010).

Apesar da suscetibilidade de Nutricional Embrapa estar relacionado com o número de insetos emergidos, isso não possibilitou uma maior longevidade para os insetos, talvez devido a competição por alimento. Durante a contagem de adultos havia larvas fora dos grãos o que indica uma super oviposição.

A razão sexual pode ter contribuído para a variação da longevidade em Nutricional Embrapa e Milho Roxo, pois nesses dois genótipos o valor da razão sexual foi maior onde apresentou mais fêmeas do que machos, isso significa que as chances de mais fêmeas ter sido usadas no teste de longevidade foi maior. As fêmeas tem uma maior longevidade do que machos nas espécies de *S. oryzae* e *S. zeamais* (DEVI et al., 2017).

Pouco são os estudos que testaram a longevidade como uma variável avaliativa para a reposta de resistência de genótipos de milho a *S. zeamais*. Alguns dos trabalhos como o de Toscano et al. (1999) testou 30 genótipos de milho ao ataque de *S. zeamais* onde não obtiveram diferenças estatísticas entre esses genótipos para a longevidade.

No trabalho de Danho e Haubruge (2003) estudando o comportamento de postura e estratégia reprodutiva de *Sitophilus zeamais*, em que casais virgens de *S. zeamais* foram colocadas em placas de *Petri* contendo 8, 16 e 32 grãos de milho não obtiveram diferenças para razão sexual, mostrando assim que a quantidade de recurso alimentar não interfere no número de machos e fêmeas emergidos. Isso demonstra que apesar dos insetos das densidades menores apresentarem uma maior disponibilidade de grãos para a oviposição, não altera a proporção sexual dos mesmos.

Toscano et al. (1999) em seu estudo também avaliou a razão sexual, porém não encontraram diferenças estatísticas, entretanto no presente trabalho foi encontrado um maior número de fêmeas do que machos, nos diferentes genótipos e densidades. Essa resposta não corresponder a resistência desses genótipos, pois as maiores médias para a razão sexual foram as do Milho Roxo e Nutricional Embrapa que se mostrou um genótipo suscetível ao ataque de *S. zeamais*.

Nos estudos de Rodríguez-Cobos e Iannacone, (2012), testando resistência de cultivares milho amarelo duro a *Sitophilus zeamais*, mostrou que a razão sexual de 50% do total de adultos de *S. zeamais* emergidas nas 8 cultivares, indicou uma porcentagem de machos para fêmeas de aproximadamente 1:1, no entanto, em algumas cultivares observaram média de 0,57 e 0,88 para razão sexual, mostrando assim que pode ocorrer um maior número de fêmeas em relação a machos.

O ciclo biológico de *S. zeamais* é demarcado pela emergência do inseto adulto ao sair do grão e esse menor período para a emergência dos insetos está ligado intimamente pela suscetibilidade do genótipo como observado em Nutricional Embrapa (DEMISSIE et al., 2015). Herrmann et al. (2009) encontrou para o ciclo biológico de 8 Carreiras uma média de 62,5 dias, o que mostra um longo período de tempo para os insetos completar o seu desenvolvimento até a fase adulta, sendo essa uma resposta de resistência.

Milho Roxo apresentou o maior período para a emergência dos insetos com 37 dias após a infestação, revelando assim um prolongamento no ciclo biológico (NHAMUCHO et al., 2017), sugerindo um efeito respectivo da composição química do material avaliado (NHAMUCHO et al., 2017; VI et al., 2017).

Estudar e observar a emergência diária de *S. zeamais* nos diferentes genótipos, possibilita compreendermos o comportamento populacional do inseto praga em um ambiente favorável, que nesse caso ocorre durante o armazenamento dos grãos em armazéns, e como a resistência dos grãos pode afetar nessa dinâmica populacional. Através disso é possível determinar o momento de maior importância para o monitoramento e controle da praga.

A resistência de Milho Roxo pode ser afetada negativamente pela quantidade de insetos durante a infestação, visto que, na densidade 35 insetos ocorreu o maior número de insetos emergidos, uma maior perda de massa dos grãos, e uma menor longevidade, embora ainda tenha aumentado o número de insetos emergidos e a perda de massa de grãos nessa densidade, seu desempenho é superior aos demais genótipos, mostrando assim que apresenta grande potencial na resistência contra *S. zeamais*.

Outra possível resposta para o menor número de insetos emergidos por dia, seja pela dureza do tegumento dos grãos, pois é um milho classificado como semi-duro. A dureza dos grãos acaba sendo uma barreira física, levando os insetos a não preferência pela alimentação, pois durante a infestação dos grãos nesse genótipo, foi observado alguns insetos mortos e sem danos nos grãos nas densidades de 15, 20 e 25, e com o aumentar das densidades de 30 e 35 insetos essa barreira física dos grãos não suportou a pressão dos insetos, causando-o maiores danos.

Em muitos trabalhos que testaram a resistência de genótipos de milho a *S. zeamais*, observaram que genótipos resistentes apresentavam uma maior dureza nos grãos, isso levou a uma não-preferência alimentar, e como resposta um menor número de insetos emergidos e menor perda de massa, resultados esses também encontrados para o genótipo milho Roxo (SULEIMAN et al., 2019; THRONE; EUBANKS, 2015; MWOLOLO et al., 2013; MIKAMI et al., 2012).

Mwololo et al. (2013) em seu estudo onde testou a resistência de 295 genótipos de milho a *Sitophilus zeamais*, constatou que os níveis de dureza dos grãos foram altos na maioria dos milhos resistentes, comparados com genótipos suscetíveis, portanto pode ser usado como um importante traço indicativo de resistência.

A dureza do grão está relacionada com extensões e ligações com o ácido diferúlico na parede celular do pericarpo dos grãos de milho e foi relatado que a ligação cruzada fornece um mecanismo bioquímico do controle das propriedades mecânicas da parede celular. É bem provável que esse

mecanismo contribua para a resistência a *S. zeamais* através da fortificação da parede celular do pericarpo (MWOLOLO et al., 2013).

Mikami et al. (2012) relata a importância da seleção de populações locais *landraces* para a resistência de *Sitophilus zeamais* para o uso em programas de melhoramento, entretanto é importante levar em consideração quais os possíveis fatores que conferem resistência nesses materiais. Portanto a identificação de genótipos resistentes pode oferecer benefícios a agricultura, pois portam genes relacionados a resistência, que podem ser transferidos para cultivares comerciais, contribuindo assim no controle de *S. zeamais*, reduzindo prejuízos econômicos.

## Conclusões

Os genótipos Milho Roxo e 8 Carreiras mostraram-se resistentes ao *Sitophilus zeamais* e podem ser indicadas para novos estudos sobre a composição bioquímica e uma melhor compreensão dos mecanismos de resistência, a fim de, serem usados no melhoramento genético de cultivares no controle do inseto praga.

## Conflitos de interesse

Não houve conflito de interesses dos autores.

## Contribuição dos autores

Diaine Cortese - ideia original, leitura e interpretação das obras e escrita; Gilberto Santos Andrade - orientação, escrita, correções e revisão do texto.

## Referências bibliográficas

ANTUNES, L. E. G.; VIEBRANTZ, P. C.; GOTTARDI, R.; DIONELLO, R. G. Características físico-químicas de grãos de milho atacados por *Sitophilus zeamais* durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 15, n. 6, p. 615-620, 2011. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000600012>

BADJI, A.; KWEMOI, D. B.; MACHIDA, L.; OKII, D.; MWILA, N.; AGBAHOUNGBA, S.; KUMI, F.; IBANDA, A.; BARARYENYA, A.; SOLEMANEGY, M.; ODONG, T.; WASSWA, P.; OTIM, M.; ASEA, G.; OCHWO-SSEMAKULA, M.; TALWANA, H.; KYAMANYWA, S.; RUBAIHAYO, P. Genetic basis of maize resistance to multiple insect pests: integrated genome-wide comparative mapping and candidate gene prioritization. **Genes**, v. 11, n. 6, p. 689, 2020. <https://doi.org/10.3390/genes11060689>

BASTOS, C. S. et al. Resistência de plantas a insetos: contextualização e inserção no MIP. In: VISOTTO et al. (Eds). **Avanços Tecnológicos Aplicados à Pesquisa na Produção Vegetal**. Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, p. 31-72, 2015. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2701.5129>

CANEPPELE, 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, n. 4, p. 625-630, 2003. <https://doi.org/10.1590/S0085-56262003000400015>

- CARNEIRO, Z. de F. **Resistência de variedades de milho crioulo ao gorgulho-do-milho *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae)**. 71p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, PR, 2019. <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4103>
- CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v35i3.21251>
- DANHO, M.; HAUBRUGE, É. Comportement de ponte et stratégie reproductive de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Phytoprotection**, v. 84, n. 2, p. 59-67, 2003. <https://doi.org/10.7202/007808ar>
- DEMISSIE, G.; TILAHUM, B.; DIDA, M.; TEKLEWOLD, A.; WEGARY, D. Evaluation of quality protein maize inbred lines for resistance to maize weevil *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) and other important agronomic traits. **Euphytica**, v. 205, n. 1, p. 137-150, 2015. <https://doi.org/10.1007/s10681-015-1412-5>
- DEVI, S. R.; THOMAS, A.; REBIJITH, K. B.; RAMAMURTHY, V. V. Biology, morphology and molecular characterization of *Sitophilus oryzae* and *S. zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, v. 73, p. 135-141, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2017.08.004>
- FRAZÃO, C. A. V.; SILVA, P. R. R.; ALMEIDA, W. A. de; PONTUAL, E. V.; CRUZ, G. dos S.; NAPOLEÃO, T. H.; FRANÇA, S. M. de. Resistance of maize cultivars to *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 85, p. 1-8, 2018. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000552017>
- GUEDES, N. M. P.; GUEDES, R. N. C.; CAMPBELL, J. F.; THRONE, J. E. Contest behaviour of maize weevil larvae when competing within seeds. **Animal Behaviour**, v. 79, n. 2, p. 281-289, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2009.10.022>
- HADDI, K.; MENDONÇA, L. P.; SANTOS, M. F. dos; GUEDES, R. N. C.; OLIVEIRA, E. E.; Metabolic and behavioral mechanisms of indoxacarb resistance in *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 108, n. 1, p. 362-369, 2015. <https://doi.org/10.1093/jee/tou049>
- HERRMANN, D da R.; CARVALHO, M. J. de; ZACHOW, K.; SCHOLZ, F.; RABBERS, D.; TSUTSUMI, C. Y.; ZONIN, W. Avaliação da resistência de cultivares de milho ao ataque de *Sitophilus* sp. no grão armazenado. **Cadernos de Agroecologia**, v. 4, n. 1, p. 4290-4293, 2009. <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/cad/article/view/5173>
- HIRUY, B.; GETU, E. Screening of some Maize Varieties for Resistance against the Maize weevils, *Sitophilus zeamais* (Motsch.). **International Journal of Entomology and Nematology**, v. 4, n. 1, p. 77-84, 2018. [https://www.researchgate.net/publication/323399715\\_Screening\\_of\\_some\\_Maize\\_Varieties\\_for\\_Resistance\\_against\\_the\\_Maize\\_weevils\\_Sitophilus\\_zeamais\\_Motsch](https://www.researchgate.net/publication/323399715_Screening_of_some_Maize_Varieties_for_Resistance_against_the_Maize_weevils_Sitophilus_zeamais_Motsch)
- HONG, K.; LEE, W.; PARK, Y.; YANG, J. First confirmation of the distribution of rice weevil, *Sitophilus oryzae*, in south Korea. **Journal of Asia-Pacific Biodiversity**, v. 11, n. 1, p. 69-75, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.japb.2017.12.005>
- KASOZI, L. C.; DERERA, J.; TONGOONA, P.; GASURA, E. Seed generation effect on quality of genetic information from maize (*Zea mays* L.) diallel cross for maize weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) resistance. **Euphytica**, v. 217, n. 6, p. 1-17, 2021. <https://doi.org/10.1007/s10681-021-02852-6>
- KHAKATA, S.; MBUTE, F. N.; CHEMINING'WA, G. N.; MWIMALI, M.; KARANJA, J.; HARVEY, J.; MWOLOLO, J. K. Post-harvest evaluation of selected inbred lines to maize weevil *Sitophilus zeamais* resistance. **Journal of Plant Breeding and Crop Science**, v. 10, n. 5, p.105-114, 2018. <https://doi.org/10.5897/JPBCS2017.0646>

- LORINI, I.; KRZYŻANOWSKI, F. C.; FRANÇA-NETO, J. B.; HENNING, A. A. V.; HENNING, F. A. **Manejo Integrado de Pragas de Grãos e Sementes Armazenadas**. Embrapa Soja, 2015, 84p.
- MARSARO JÚNIOR, A. L.; LAZZARI, S. M. N.; FIGUEIRA, E. L. Z.; HIROOKA, E. Y. Inibidores de amilase em híbridos de milho como fator de resistência a *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Revista Neotropical Entomology**, v. 34, n. 3, p. 443-450, 2005. <https://doi.org/10.1590/S1519-566X2005000300013>
- MARSARO JÚNIOR, A. L.; LAZZARI, S. M. N.; PINTO JÚNIOR, A. R. Inibidores de enzimas digestivas de insetos-praga. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 4, n. 1, p. 57-61, 2006. <https://doi.org/10.7213/cienciaanimal.v4i1.9279>
- MARSARO JÚNIOR, A. L.; LAZZARI, S. M. N.; SOUZA, J. L. de; LAZZARI, F. A.; CÂNDIDO, L. M. B. Influência de diferentes sistemas de adubação na composição nutricional do milho *Zea mays* L. (Poaceae) e seus efeitos no ataque de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) no produto armazenado. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 28, n. 1, p. 51-64, 2007. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2007v28n1p51>
- MARSARO JÚNIOR, A. L.; VILARINHO, A. A.; 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 Ciência Animal**, v. 6, n. 1, p. 45-50, 2008. <https://doi.org/10.7213/cienciaanimal.v6i1.10334>
- MELO JÚNIOR, J. L. de A.; SILVA, J. A. da; SANTORO, K. R.; BADJI, C. A. Insecticide resistance of corn weevil populations from semi-arid regions. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 3, p. 430-434, 2018. <https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.03.pne863>
- MIKAMI, A. Y.; CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; VENTURA, M. U. Resistance of maize landraces to the maize weevil *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**, v. 41, n. 5, p. 404-408, 2012. <https://doi.org/10.1007/s13744-012-0054-8>
- MWOLOLO, J. K.; MUGO, S. N.; TEFERA, T.; MUNYIRI, S. W. Evaluation of traits of resistance to postharvest insect pests in tropical maize. **International Journal of Agriculture and Crop Sciences**, v. 6, n. 13, p. 926-933, 2013.
- NGOM, D.; FAUCONNIER, M. L.; MALUMBA, P.; THIAW, C.; BRÉVAULT, T.; SEMBÈNE, M. Morphophysical and biochemical traits involved in maize grain varietal susceptibility to the maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera, Curculionidae). **Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement**, v. 25, n. 1, p. 45-56, 2021. <https://doi.org/10.25518/1780-4507.18876>
- NHAMUCHO, E.; MUGO, S.; GOHOLE, L.; TEFERA, T.; KINYUA, M.; MULINA, E. Resistance of selected mozambican local and improved maize genotypes to maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Motschulsky). **Journal of Stored Products Research**, v. 73, p. 115-124, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2017.07.003>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2016.06.001>
- NWOSU, L. C.; ADEDIRE, C. O.; OGUNWOLU, E. O. Screening for new sources of resistance to *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) infestation in stored maize genotypes. **Journal of Crop Protection**, v. 4, n. 3, p. 277-290, 2015. <https://doi.org/20.1001.1.22519041.2015.4.3.13.9>
- PADILHA, A. C.; BOFF, M. I. C.; BOFF, P.; FRANCO, C. R.; ZANATTA, J. C.; WILLE, P. E.; MIQUELLUTI, D. L. 13770 - Agrobiodiversidade: avaliação da preferência do gorgulho do milho (*Sitophilus zeamais* Moth.) a grãos de populações crioulas e de variedade de polinização aberta de milho. **Cadernos de Agroecologia**, v. 8, n. 2, p. 1-5, 2013. <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/cad/article/view/13770>

PINTO, U. M.; FARONI, L. R. D.; ALVES, W. M.; SILVA, A. A. L. Influência da densidade populacional de *Sitophilus zeamais* (Motsch.) sobre a qualidade do trigo destinado à panificação. **Acta Scientiarum**, v. 24, n. 5, p. 1407-1412, 2002. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v24i0.2390>

RASHID, M. M.; DIN, R.; NAEEM, M.; KHAN, M. A.; ASHFAQ, M. Relative resistance of maize varieties against maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Motschulsky), (Coleoptera: Curculionidae). **Pakistan Journal of Agricultural Sciences**, v. 58, n. 4, p. 1169-1176, 2021. [https://www.researchgate.net/publication/355022004\\_RELATIVE\\_RESISTANCE\\_OF\\_MAIZE\\_VARIETIES\\_AGAINST\\_MAIZE\\_WEEVIL\\_Sitophilus\\_zeamais\\_MOTSCHULSKY\\_COLEOPTERA\\_CURCULIONIDAE](https://www.researchgate.net/publication/355022004_RELATIVE_RESISTANCE_OF_MAIZE_VARIETIES_AGAINST_MAIZE_WEEVIL_Sitophilus_zeamais_MOTSCHULSKY_COLEOPTERA_CURCULIONIDAE)

RODRÍGUEZ-COBOS, A. C.; IANNACONE, J. Resistencia de granos de variedades de maíz amarillo duro a *Sitophilus zeamais* Mostchulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) en el Perú. **Revista Peruana Entomología**, v. 47, n. 1-2, p. 1-6, 2012. <https://revperuentomol.com.pe/index.php/rev-peru-entomol/article/view/232>

SILVA, A. A. L da; FARONI, L. R. D'A.; GUEDES, R. N. C.; MARTINS, J. H.; PIMENTEL, M. A. G. Modelagem das perdas causadas por *Sitophilus zeamais* e *Rhyzopertha dominica* em trigo armazenado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 7, n. 2, p. 292-296, 2003. <https://doi.org/10.1590/S1415-43662003000200018>

SSERUMAGA, J. P.; MAKUMBI, D.; OIKEH, S. O.; OTIM, M.; MACHIDA, L.; ANANI, B. Y.; NHAMUCHO, E.; BEYENE, Y.; MUGO, S. Evaluation of early-generation tropical maize testcrosses for grain-yield potential and weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky) resistance. **Crop Protection**, v. 139, p. 105384, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2020.105384>

SULEIMAN, M.; SANI, I.; YUSUF, A. M.; ABDULLAHI, B. K. Entomocidal activity of some plant extracts against *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). **African Journal of Agricultural Research**, v. 14, n. 34, p. 1862-1869, 2019. <https://doi.org/10.5897/AJAR2019.14271>

THRONE, J. E.; EUBANKS, M. W. Resistance of tripsacorn-introgressed maize lines to *Sitophilus zeamais*. **Journal of Stored Products Research**, v. 64, p. 62-64, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jspr.2015.08.006>

TOSCANO, L. C.; BOIÇA JR, 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 do Brasil**, v. 28, n. 1, p. 141-146, 1999. <https://doi.org/10.1590/S0301-80591999000100015>

VI, T. X. T.; LE, H. D.; NGUYEN, V. T. T.; LE, V. S.; CHU, H. M. Expression of the *zmdef1* gene and  $\alpha$ -amylase inhibitory activity of recombinant defensin against maize weevils. **Turkish Journal of Biology**, v. 41, n. 1, p. 98-104, 2017. <https://doi.org/10.3906/biy-1512-64>

Recebido em 15 de agosto de 2022

Retornado para ajustes em 9 de novembro de 2022

Recebido com ajustes em 11 de novembro de 2022

Aceito em 15 de novembro de 2022