

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

DIAINE CORTESE

RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE MILHO A DENSIDADES DE
Sitophilus zeamais (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO
2020

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

DIAINE CORTESE

**RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE MILHO A DENSIDADES DE
Sitophilus zeamais (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2020

DIAINE CORTESE

**RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE MILHO A DENSIDADES DE
Sitophilus zeamais (COLEOPTERA: CURCULIONIDAE)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Santos Andrade

Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Igor de Azevedo Pereira

PATO BRANCO

2020

C828r

Cortese, Diaine.

Resistência de genótipos de milho a densidades de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) / Diaine Cortese -- 2020.
62 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Gilberto Santos Andrade

Coorientador: Prof. Dr. Alexandre Igor de Azevedo Pereira

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, PR, 2020.

Inclui bibliografia.

1. Grãos - Armazenamento. 2. Pragas. 3. Antocianinas. 4. Milho - variedades. I. Andrade, Gilberto Santos, orient. II. Pereira, Alexandre Igor de Azevedo, coorient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDD (22. ed.) 630

Ficha Catalográfica elaborada por
Suelem Belmudes Cardoso CRB9/1630
Biblioteca da UTFPR Campus Pato Branco



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Pato Branco
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação n.º 196

RESISTÊNCIA DE GENÓTIPOS DE MILHO A DENSIDADES DE *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae)

Por

DIAINE CORTESE

Dissertação apresentada às treze horas e cinquenta minutos do dia quatorze de fevereiro de dois mil e vinte, como requisito parcial para obtenção do título de MESTRA EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Proteção de Plantas, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção Vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos membros abaixo designados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

Dr. Leandro Pin Dalvi
UFES/Alegre

Dr. Jorge Jamhour
UTFPR/Pato Branco

Dr. Gilberto Santos Andrade
UTFPR/Pato Branco
Orientador

Dr. Alcir José Modolo
Coordenador do PPGAG

Dedico esse trabalho aos meus pais Sara Basquerotti Cortese e Jorge Cortese e todos aqueles que me apoiaram para a realização desse sonho.

AGRADECIMENTOS

Ao final da conclusão do meu mestrado, deixo aqui os meus sinceros agradecimentos a Universidade Tecnológica Federal do Paraná- Câmpus de Pato Branco e também a CAPES pela fornecimento de bolsa.

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus por me abençoar na realização desse sonho.

Agradeço imensamente aos meus pais por ter me dado forças nos momentos difíceis e me mantido confitante para a realização desse sonho. Agradeço ao meu irmão pelo apoio, amizade e companheirismo, durante essa fase.

Agradeço ao meu orientador Professor Dr. Gilberto Santos Andrade, pela paciência, amizade, confiança e pela oportunidade de aprender com uma pessoa que tem um imenso conhecimento científico, mas que também é uma pessoa muito humilde e de bom coração.

Ao Professor Dr. Jorge Jamhour pelas palavras amigas e de consolo em momentos difíceis e a ajuda essencial e indispensável para melhorar esse trabalho.

Ao coorientador desse trabalho Dr. Alexandre Igor de Azevedo Pereira.

Agradeço aos meus amigos e colegas Vinícius, Vitor, Carmona, Lucas que me ajudaram durante a realização dos experimentos.

Agradeço a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização desse trabalho e também na construção do meu conhecimento, mas que não foram citados aqui.

Muito Obrigado!

RESUMO

CORTESE, Diaine. Resistência de genótipos de milho a densidades de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2020.

Sitophilus zeamais é a principal praga de grãos de milho armazenado, ocasionando anualmente milhões de perdas econômicas. Como é de difícil controle, uma alternativa que vem sendo estudada é a resistência de plantas, essa afeta o comportamento e biologia do inseto, podendo levar à morte. O objetivo deste trabalho foi identificar a resistência de genótipos milho a densidades de *S. zeamais*. Densidades de 15, 20, 25, 30 e 35 insetos adultos foram usados para a infestação em amostras de quatro variedades de milho: Nutricional Embrapa, Milho Roxo, 8 Carreiras e Palha Roxa, por dez dias para cópula e oviposição e foram retirados, após trinta dias. Foram realizadas as seguintes avaliações: número de insetos emergidos, perda de massa de grãos, peso de inseto, longevidade e razão sexual. As variedades Milho Roxo e 8 Carreiras se mostraram resistentes ao ataque de *S. zeamais*, pois apresentaram o menor número de insetos emergidos e a menor perda de massa de grãos. Milho Roxo ainda apresentou um alongamento no desenvolvimento larval. As variedades Nutricional Embrapa e Palha Roxa se mostram suscetíveis. O menor peso de insetos foi encontrado para 8 Carreiras, resultado esse que possa ter ocorrido pela ação de inibidores de amilase presente nos grãos. A longevidade foi observada somente para Milho Roxo e Nutricional Embrapa. Milho Roxo teve maiores médias para a longevidade na densidade de 15 e 20 insetos decaindo a partir de 25 insetos, sugerindo assim que a longevidade é afetada pelo número de insetos durante a infestação. A razão sexual não teve interação entre as densidades de insetos e as variedades de milho, porém em fatores isolados ao aumentar as densidades aumentou-se a razão sexual. As variedades que tiveram maior razão sexual foi Milho Roxo e Nutricional Embrapa, mostrando assim que a razão sexual não é afetada pela resistência. As variedades Milho Roxo e 8 Carreiras apresentam resistência por antibiose, sendo assim podem ser usadas para futuros estudos para o melhoramento genético e obtenção de novas cultivares eficientes no controle de *S. zeamais*.

Palavras-chave: Grãos - Armazenamento. Pragas. Milho - Variedades.

ABSTRACT

CORTESE, Diaine. Resistance of maize genotypes to *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) densities. 65 f. Dissertation (Masters in Agronomy) - Graduate Program in Agronomy (Concentration Area: Crop), Federal University of Technology - Paraná (UTFPR). Pato Branco, 2019.

Sitophilus zeamais is the main pest of stored corn grains, causing millions of economic losses annually. As it is difficult to control, an alternative that has been studied is the resistance of plants, which affects the behavior and biology of the insect, which can lead to death. The objective of this work was to identify the resistance of varieties of Creole corn to densities of *S. zeamais*. Densities of 15, 20, 25, 30 and 35 adult insects were used for infestation in samples of four varieties of corn: Nutricional Embrapa, Milho Roxo, 8 Carreiras and Palha Roxa, for ten days for copulation and oviposition and were removed after thirty days. The following evaluations were carried out: number of emerged insects, loss of grain weight, insect weight, longevity and sex ratio. The corn varieties Milho Roxo and 8 Carreiras were resistant to the attack of *S. zeamais*, as they presented the least number of emerged insects and the smallest loss of grain mass. Purple corn still showed an elongation in larval development. The Nutricional Embrapa varieties and Palha Roxa are susceptible. The lowest insect weight was found for 8 Carreiras, a result that may have occurred due to the action of amylase inhibitors present in the grains. Longevity was observed only for Milho Roxo and Nutricional Embrapa corn. Milho Roxo Corn had higher averages for longevity in the density of 15 and 20 insects, decreasing from 25 insects, thus suggesting that longevity is affected by the number of insects during infestation. The sex ratio had no interaction between insect densities and maize varieties, but in isolated factors, increasing densities increased sex ratio. The varieties that had the highest sex ratio were Milho Roxo corn and Embrapa Nutricional, thus showing that the sex ratio is not affected by resistance. The corn varieties Milho Roxo and 8 Carreiras show resistance by antibiosis, so they can be used for future studies for genetic improvement and obtaining new efficient cultivars in the control of *S. zeamais*.

Keywords: Grain - Storage. Pests. Corn - Varieties.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 – Variedades de milho A, Milho Roxo, B Nutricional Embrapa, C Palha Roxa, D 8 Carreiras. Fotos Daiane Cortese..... 31
- Figura 2 – Rostro de *Sitophilus zeamais*. A, Fêmea, B, Macho. Fotos Daiane Cortese.....32
- Figura 3 – Total de *Sitophilus zeamais* emergidos nas quatro variedades 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..... 35
- Figura 4 – Perda de massa de grãos nas quatro variedades 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..... 37
- Figura 4 –Peso total *Sitophilus zeamais* emergidos nas quatro variedades 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..... 39
- Figura 6 – Longevidade de *Sitophilus zeamais* nas quatro variedades 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..... 41
- Figura 7 – 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..... 43
- Figura 8 – Total de *Sitophilus zeamais* emergidos por dia em quatro variedades 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.....44

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Graus de liberdade (GL) e quadrados médios da análise de variância para as variáveis: razão sexual (RS), perda de massa dos grãos (PMG), peso de insetos (PI), longevidade (LO) e total de insetos (TI), de um experimento bifatorial com quatro variedades de milho (VM), (Nutricional Embrapa, Milho Roxo, Palha Roxa e 8 Carreiras) e cinco densidades de *Sitophilus zeamais* (DI), conduzido em um delineamento inteiramente casualizado. Pato Branco, 2019..... 34
- Tabela 2 – Comparação de médias para a variável razão sexual em um experimento conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro variedades de milho (Milho Roxo, Nutricional Embrapa, Palha Roxa, 8 Carreiras) em quatro repetições. Pato Branco, 2019. 43

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

Assessor
Embrapa
FAO

Associação de Estudos, Orientação e Assistência Rural
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

LO	Longevidade
MIP	Manejo integrado de Pragas
PMG	Perda de massa de grãos
PI	Peso de insetos
RS	Razão sexual
R1	Embonecamento
R6	Maturidade
TI	Total de insetos emergidos
V1	Primeira folha
V2	Segunda folha
V3	Terceira folha
V4	Quarta folha
V(n)	Enésima folha
α	Alfa

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.2 OBJETIVOS.....	15
1.2.1 Objetivos Gerais.....	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 O MILHO (<i>Zea mays</i>).....	16
2.1.2 Armazenamento de grãos.....	20
2.2 <i>Sitophilus zeamais</i> EM GRÃOS DE MILHO ARMAZENADOS.....	22
2.2.1 Controle de <i>Sitophilus zeamais</i> em grãos armazenados.....	24
2.3 RESISTÊNCIA DE PLANTAS A INSETOS.....	27
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	34
5 CONCLUSÕES.....	48
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
REFERÊNCIAS.....	51

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é uma das culturas mais cultivadas no cenário nacional e internacional. Isso ocorre por ser o terceiro cereal mais importante globalmente depois de trigo e arroz, sendo utilizado no consumo humano e animal. Além disso, muitos países utilizam esse grão como matéria prima para a produção de etanol (GUZZO *et al.*, 2002; SULEIMAN *et al.*, 2015).

Metade da produção mundial de milho ocorre na América do Norte, estando 35% dessa produção no cinturão do milho nos Estados Unidos seguidamente por China, União Europeia, Brasil e Argentina (SULEIMAN *et al.*, 2015). Segundo dados da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), mostraram que a exportação de milho no Brasil na safra de 2019/20 chegou a 29,5 milhões de toneladas (FAO, 2019).

Conseqüentemente a quantidade de grãos armazenados de milho aumenta, sendo necessário o monitoramento durante a armazenagem para que os grãos não tenham perdas qualitativas e quantitativas, o que inclui o monitoramento da umidade, temperatura, aeração, estrutura do armazém, presença de microrganismos e insetos-pragas.

Este último sendo um dos mais importantes, uma vez que, causam perdas substanciais aos grãos. Alguns insetos considerados pragas do milho armazenado são a traça dos cereais *Sitotroga cerealella*, as traças *Plodia interpunctella* e *Corcyra cephalonica*, os besouros *Tenebroides mauritanicus*, *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum*, *Cathartus quadricollis* e *Laemophloeus minutus* (GALLO *et al.*, 2002). Além dessas pragas, os Coleopteros da família Curculinidae do Gênero *Sitophilus* especialmente das espécies *Sitophilus zeamais* e *Sitophilus oryzae* apresentam grande importância e são recorrentemente encontrados (CANEPPELE *et al.*, 2011; SILVA *et al.*, 2015).

Sitophilus zeamais são os grandes responsáveis pela deterioração dos grãos sadios de milho armazenados. Trata-se de uma praga primária que também podem infestar grãos de trigo, arroz, e sorgo, mas que possui preferência por grãos de milho e trigo. Esses insetos também podem se desenvolverem em cereais processados (CANEPPELE *et al.*, 2011).

As fases larvais se alimentam do interior dos grãos, quando atingem a fase adulta saem dos grãos causando orifícios na superfície do milho (CANEPPELE *et al.*, 2011). A temperatura ideal para *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1885 se desenvolver é de 28 °C, o que permite causar danos em produtos armazenados em diferentes unidades de armazenamento em regiões tropicais, embora essa espécie também consiga se desenvolver em temperaturas entre 15 a 34 °C (ANTUNES *et al.*, 2011, COPATTI *et al.*, 2013).

As características desses insetos são o elevado potencial biótico, capacidade de atacar grãos tanto no campo quanto na armazenagem e de sobreviverem a grandes profundidades entre as massas de grãos. O ataque desses insetos a grãos armazenados de milho provocam perdas de até 15% do peso e expressivas perdas qualitativas como a diminuição do valor nutricional dos grãos e a qualidade fisiológica das sementes o que pode determinar, conseqüentemente, menor valor de mercado (CANEPPELE *et al.*, 2003).

Em virtude disso é necessário a aplicação de medidas de controle para diminuir os prejuízos causados por *S. zeamais* e outras pragas de armazenagem. O método químico é principal forma de controle desses insetos. Contudo, a limitação de ingredientes ativos associada a diversos mecanismos de resistência é um fator preocupante (SILVA *et al.*, 2013; HADDI *et al.*, 2015; MELO JUNIOR *et al.*, 2018). Como uma medida alternativa, a seleção de materiais genéticos resistentes a insetos pode minimizar as perdas e serem, principalmente, potenciais fontes de materiais para melhoramento de plantas contra essas pragas de produtos armazenados (NWOSU *et al.*, 2015; NWOSU, 2016; NHAMUCHO *et al.*, 2017).

A resistência de plantas a insetos pode ocorrer de três mecanismos diferentes: antixenose também conhecida como não-preferência, antibiose e tolerância, sendo que estes mecanismos podem ainda atuar juntamente ou separadamente. São vários os fatores que condicionam a resistência de grãos de milho ao *S. zeamais*, como a dureza dos grãos, a composição química, enzimas inibidoras entre outros (GUZZO *et al.*, 2002; ANTUNES *et al.*, 2011; DEMISSIE *et al.*, 2015; NHAMUCHO *et al.*, 2017; VI *et al.*, 2017). Assim, a seleção de genótipos de milho resistentes a pragas favorece vantagens com relação ao uso de inseticidas químicos, não onera os custos de produção, não oferece riscos a saúde humana e

animal, reduz perdas quantitativas e qualitativas, não causa poluição ao meio ambiente e além do mais é compatível com outras estratégias de controle (VALOIS, 2003).

1.1 HIPÓTESES.

- As variedades de milhos testados conferem resistência a *S. zeamais*, por antibiose, não-preferência (antixenose) ou tolerância.
- A resistência dos materiais testados pode afetar a biologia do inseto, devido a composição química e física de cada material.
- Quanto maior a densidade de *S. zeamais* maior são as perdas de massa dos grãos.
- As densidades de *S. zeamais* podem afetar a resistência dos genótipos de milho.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivos Gerais

- Avaliar a resistência de variedades de milho com relação ao ataque de *S. zeamais*.

Objetivos específicos

- Constatar o tipo de resistência apresentada pelas diferentes genótipos de milho;
- Quantificar as perdas de massa dos grãos ocasionado pelo ataque de *S. zeamais*;
- Sugerir as variedades de milhos como material com potencial para o melhoramento genético de cultivares convencionais.
- Avaliar o efeito da densidade de *S. zeamais* capazes de causar danos qualitativos e quantitativos nas variedades.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O MILHO (*Zea mays*)

O milho pertence a família Poaceae, da subfamília Panicoideae ao gênero *Zea* e espécie *Zea mays* (FORNASIERI FILHO, 1992). O centro de origem e diversidade dessa espécie é atribuída ao México, de onde se disseminou por toda a América. Apesar de haver diferentes centros de origem secundárias localizadas na América do Sul o ancestral mais antigo do milho de mais ou menos 9000 mil anos foi encontrado no Vale do Tehuacan no México. São muitas as teorias para a origem do milho, porém uma das mais aceitas, considera o teosinto (*Zea mexicana*) como um ancestral selvagem, porém estudos genéticos mostram outros possíveis pontos de origem e domesticação (KISTLER *et al.*, 2018).

A planta de milho é monocotiledônea, que possui caule tipo colmo, sistema radicular fasciculado com raízes adventícias que auxiliam o suporte e absorção dos nutrientes. É uma planta monoica que dispõem de flores femininas, espigas laterais e flores masculinas apicais em uma panícula (FORNASIERI FILHO, 1992).

O ciclo dessa cultura varia de 100 a 180 dias. Este período compreende da semeadura a colheita e depende do material cultivado, sendo estes precoces, superprecoce e normal. Durante o desenvolvimento da cultura, ela passa por diferentes estágios fenológicos que vão do vegetativo (V) ao reprodutivo (R). Os estádios vegetativos são VE (emergência), V1, V2, V3, V4, Vn e Vt (pendoamento), em que, cada um desses estádios é definido de acordo com a formação visível do colar na inserção da bainha da folha com o colmo. Dessa forma a primeira folha de cima para baixo, com o colar visível, é considerada completamente desenvolvida. Os estádios reprodutivos vão de R1 a R6, e estão intimamente relacionados com a formação da espiga (MAGALHÃES; DURÃES, 2006).

As safras no Brasil são realizadas durante o verão, que é um período chuvoso e a segunda safra não possui período pré-fixado, pois muitas vezes depende da colheita da soja para seu plantio, sendo assim chamada de plantio do milho safrinha (SANDIM *et al.*, 2011, ARAÚJO *et al.*, 2013).

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de milho ficando atrás somente de Estados Unidos e China. Do total da produção brasileira 75% se destina ao consumo interno, sendo que o restante é exportado (FIESP, 2016). A produção é feita em duas safras anuais. A área semeada para a safra de 2018/2019 foi de 5.018,7 mil hectares, como estimativa de produção de 91,6 milhões de toneladas, dividida entre a primeira e segunda safra (CONAB, 2019).

Os principais destinos da produção de milho são para as indústrias de ração animal que incluem a criação de aves e suínos. Entretanto, são destinados também para outros fins que incluem consumo humano, indústria de papel, bebidas, colas, corantes, embalagens biodegradáveis, etanol, entre outros (GARCIA *et al.*, 2006). Segundo Paes (2006), cerca de 70% da produção mundial de milho destina-se à alimentação animal, chegando esse percentual em países desenvolvidos a 85%. Apenas 15% da produção mundial destina-se ao consumo humano direto ou indiretamente.

Em um cenário mundial, o milho ganha importância como a principal matéria prima para o etanol. Os Estados Unidos é o maior produtor desse biocombustível. Isso mostra as altas produtividades desse grão nesse país. Apesar da cana-de-açúcar render mais em etanol os Estados Unidos investem em produção de milho, devido os fatores climáticos e a possibilidade de armazenamento deste grão para a subsequente utilização para tais fins (DUALIBI, 2008). Devido essa alta produção de milho é necessário investir em qualidade no armazenamento para que se possa manter a integridade do grão e evitar perdas.

De acordo com estudos realizados por Catão *et al.* (2010), no estado de Minas Gerais, mostram que o grau de umidade das sementes de variedades de milhos crioulos apresenta-se abaixo de 13%, antes e depois do armazenamento, contudo, algumas variedades apresentam uma porcentagem significativa de infestação, portanto é necessário realizar estudos a fim de melhorar as táticas no controle de pragas em grãos armazenados para que não haja a perda na qualidade desses grãos e sementes.

2.1.1 Milhos crioulos

As variedades crioulas também conhecidos por raças locais ou variedades tradicionais são provenientes de espécies que ocorre em condição *in situ* ou mantida em condição *ex situ*, composta por grupo de plantas dentro de um táxon no nível mais baixo conhecido, com diversidade genética desenvolvida ou adaptada por população indígena, comunidade tradicional ou agricultor tradicional, incluindo seleção natural combinada com seleção humana no ambiente local, que não seja substancialmente semelhante a cultivares comerciais de acordo com o Art. 2º, inciso XXXII da Lei nº 13.123, de 20 de maio de 2015 (BRASIL, 2015).

Cerca de 300 raças e milhares de variedades de milho já foram identificadas, onde são cultivadas nas mais diversificadas regiões geográficas e condições ambientais. Essa variabilidade genética proporciona caracteres relacionados a adaptação ambiental, o que possibilita desenvolver materiais para regiões com déficit hídrico, escassez de nutrientes, excesso de acidez ou alcalinidade no solo (FERREIRA *et al.*, 2009; TEIXEIRA *et al.*, 2005).

Muitas dessas variedades de milho são cultivadas até hoje por povos indígenas e pequenos agricultores que através de décadas realizaram seleções dessas variedades. Embora essas variedades crioulas tenham uma menor produtividade do que as cultivares modernas, carregam uma estrutura genética complexa. E por isso, são importantes fontes de variabilidade genética, responsáveis pela resistência a fatores bióticos e abióticos. Todavia essas variedades vêm sendo substituídas por cultivares modernas, perdendo essa riqueza de recursos genéticos e o conhecimento dos agricultores por parte dessas variedades crioulas (ARAÚJO; NASS, 2002; ANDRADE; FILHO, 2008).

A substituição de variedades crioulas por modernas permitiu uma maior produtividade e lucratividade com o uso do melhoramento genético clássico e, mais recentemente, através da biotecnologia dada a demanda na produção de alimento (WAQUIL *et al.*, 2002; MARCONDES *et al.*, 2012; MIGUEL *et al.*, 2013). Ainda assim, alguns produtores e empresas de pesquisas mantêm preservadas essas sementes de variedades crioulas, contribuindo assim com a preservação da diversidade genética da espécie (BITOCCHI *et al.*, 2009; ARAÚJO *et al.*, 2013).

O melhoramento genético de plantas possibilita a seleção de alelos que expressem características favoráveis permitindo a resistência ou tolerância a pragas,

doenças, estresses climáticos entre outros fatores adversos para o aumento da produção. Por isso, estudos sobre fluxo gênico entre materiais melhorados e crioulos de várias espécies cultivadas devem ser desenvolvidas, a fim de, uma produção sustentável de alimentos (QUIST; CHAPELA, 2001; RIBEIRO *et al.*, 2008).

A conservação de variedades de milhos crioulos permite manter a variabilidade genética da espécie e conservar esses genótipos em locais que impossibilite cruzamentos com cultivares comerciais ou transgênicos. Uma das estratégias para conservar consiste em estabelecer bancos de germoplasma *ex situ* evitando o desaparecimento de uma determinada população (COIMBRA *et al.*, 2010; VOGT; BALBINOT JUNIOR, 2011; SILVA *et al.*, 2018).

Os bancos de germoplasmas de milhos constituem em milhos crioulos, populações adaptadas e materiais exóticos, sendo então caracterizado por uma ampla variabilidade de materiais genéticos. A criação desses germoplasmas se deu pela demanda por conhecimentos mais abrangentes tanto qualitativos como quantitativos, para o melhoramento de novas cultivares (NASS *et al.*, 1993).

A escolha do germoplasma é fundamental e decisivo nos programas de melhoramento genético de plantas, quer seja para o desenvolvimento de variedades, para utilização em híbridos ou para estudos mais básicos, pois influencia no sucesso ou fracasso da seleção. Esses materiais resgatados e mantidos possibilitam o desenvolvimento de cultivares adaptadas e de alta produtividade. Portanto a caracterização do germoplasma pode estimular a utilização e contribuir com a identificação das populações divergentes e com grande variabilidade genética o que é útil para uma predição preliminar de cruzamentos que preconizam a heterose (MIRANDA *et al.*, 2003).

As variedades crioulas quando comparadas com cultivares comerciais em condições de cultivo com baixo tecnologia, podem demonstrar a mesma produtividade ou até ser superior (Carpentieri-Pípolo *et al.*, 2010). Segundo Abreu *et al.* (2007) o uso de variedades crioulas confere um baixo custo de produção sendo uma alternativa na sustentabilidade de pequenos agricultores.

Devido aos inúmeros benefícios que variedades de milhos crioulos podem trazer é de extrema importância a realização de estudos que reforcem a conservação dessas espécies, contribuindo assim para melhoria da agricultura.

2.1.2 Armazenamento de grãos

O armazenamento de grãos é um fator estratégico na expansão agrícola. No entanto, a capacidade estática de armazenamento não tem acompanhado o aumento de produção e produtividade no Brasil (PATINO *et al.*, 2013). A produção de grãos acontece anualmente, durante determinadas épocas do ano, porém a necessidade de alimentação e a demanda das agroindústrias são ininterruptas, dessa forma, a safra é armazenada durante muito tempo para o uso contínuo dos grãos (SIMONETTI, 2016).

Puzzi (2000) afirma que a armazenagem de grãos é todo aparelhamento destinado ao recebimento de grãos, a fim de, conservá-los em perfeitas condições técnico, para distribuição, garantindo o impulso na produção agrícola, consumo, estabilidade dos preços e abastecimento normal.

Devido às entressafras e períodos de possíveis secas, os grãos precisam ser armazenados de um ano para o outro, preservando a qualidade dos grãos ao longo desses períodos de tempo, com a finalidade de suprir as demandas, pois em condições não favoráveis, os grãos ficam suscetíveis à deterioração e contaminações (TRAVAGLIA, 2011).

O sucesso da armazenagem depende da qualidade das sementes e grãos conferida pelo genótipo, tipo da semente, estágio de maturação, viabilidade, teor de água inicial das sementes e tratamento dos grãos antes da estocagem, visto que estas e demais características são preservadas durante as condições favoráveis de armazenagem (COSTA *et al.*, 2012; SENAR, 2018).

A determinação da umidade nos grãos e sementes é um parâmetro importante, pois o teor de água nos grãos influencia no armazenamento e comercialização do produto. Grãos com valores próximos a 17,9% de umidade perdem até quatro vezes mais matéria seca do que grãos com 14,8% de teor de água (SANTOS *et al.*, 2012; RASCHEN *et al.*, 2014).

A temperatura durante a armazenagem é responsável por manter a qualidade dos grãos e sementes. Baixas temperaturas reduzem a atividade enzimática do processo respiratório, prolongando a viabilidade de sementes ortodoxas, evitando também a proliferação de insetos e patógenos. Um fator que

ajuda no controle da temperatura é a aeração contínua, pois evita o processo respiratório mantendo a umidade constante, sem que haja o aumento da temperatura por esses fatores (NASCIMENTO; QUEIROZ 2011; QUIRINO *et al.*, 2013). O aumento de temperatura e umidade em uma unidade de armazenamento promovem mudanças nas atividades enzimáticas e desestruturação nos sistemas de membranas celulares, devido a peroxidação lipídica provocado pelo aumento de formas reativas de oxigênio (TIMÓTEO; MARCOS FILHO, 2013; STEFANELLO *et al.*, 2015).

Durante a armazenagem há um envelhecimento natural das sementes, porém as condições de armazenagem não suprirem os cuidados necessários para manter as qualidades físicas, fisiológicas e sanitárias das sementes e grãos. Em geral, sementes permanecem armazenadas por mais ou menos seis meses, até serem cultivadas na próxima safra, sendo que grãos podem manter-se por períodos muito maiores (BAUDET, 2012; DEUNER *et al.*, 2014).

O armazenamento de grãos pode ser realizado em graneleiros ou silos metálicos, de alvenaria ou concreto. Essas estruturas possuem a capacidade de armazenar aproximadamente 35.000 a 150.000 toneladas, sendo divididos em células para a estocagem de mais de um tipo de cereal. Os silos metálicos destinam-se a grandes quantidades de armazenagem variando de 18.000 a 35.000 mil toneladas de grãos. Também é feita armazenagem nas fazendas, porém nestas não se é muito comum devido a falta de tecnologias que proporcionem uma adequada armazenagem (SILVA, 2010; VIEBRANTZ *et al.*, 2016). A inadequação da armazenagem pode acarretar uma perda de 25% do total dos produtos estocados, devido ao ataque de roedores, insetos e microrganismos (SILVA *et al.*, 2008).

As perdas em silos podem ser de dois tipos a física e de qualidade. As perdas físicas dos grãos ocorrem por danos causados principalmente por insetos e perdas de qualidade estão relacionadas com características intrínsecas, como a ação de fungos, que causam fermentação, modificação organoléptica e redução no valor nutritivo dos grãos (D'ARCE, 2006).

A maior perda de grãos é ocasionada por ataque de insetos-pragas, principalmente em regiões tropicais e subtropicais pelas altas temperaturas e umidade, que favorecem o desenvolvimento de pragas que podem ocasionar

perdas quantitativas e qualitativas. As temperaturas ideais para insetos pragas de grãos armazenados está entre 27 °C a 34 °C, temperaturas essas que muitas das vezes ocorrem em locais de armazenagem sem sistema de resfriamento (RIGUEIRA *et al.*, 2009; LOPES *et al.*, 2010; QUIRINO *et al.*, 2013).

As principais ordens de insetos-pragas em produtos armazenados são Coleoptera e Lepidoptera, os quais podem ocasionar perdas significativas (GALLO *et al.*, 2002). O controle dessas pragas implica em métodos e medidas a serem tomadas como a limpeza e secagem dos grãos, aeração, controle da temperatura, expurgo com inseticidas, entretanto, a resistência de plantas tem sido sugerida como alternativa para o controle desses insetos, para diminuir as perdas durante o armazenamento (MARSARO JÚNIOR *et al.*, 2008; DEMISSIE *et al.*, 2015; NWOSU, 2016).

2.2 *Sitophilus zeamais* EM GRÃOS DE MILHO ARMAZENADOS

O gorgulho do milho assim conhecido popularmente, *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) é uma das principais pragas de grãos armazenados, sendo uma praga primária de milho armazenado (LORINI, 1999; GUEDES, 2008). Evidências de que esse coleóptero descrito por Motschulsky em 1885, tenha sua origem na Índia, porém é encontrado em regiões tropicais e temperadas de todo o mundo (ROSSETO, 1969; TAVARES, 2002). Esse inseto encontra-se amplamente difundido no Brasil possuindo uma ampla gama de hospedeiros, como milho, arroz, trigo, cevada, aveia (TAVARES; VENDRAMIM, 2005).

As estimativas de perdas causadas por pragas de grãos armazenados podem chegar a 20% da produção total, na qual *S. zeamais* é um dos principais agentes causais dessa perda na produção (SILVA *et al.*, 2007). Como essa praga apresenta infestação cruzada, ou seja, a infestação dos grãos já ocorrem no campo, quando chegam em armazéns conseguem condições ótimas de sobrevivência aumentando assim drasticamente sua população, resultando perdas de até 50% da produção, o que é bastante alarmante (SILVA *et al.*, 2013; SULEIMAN *et al.*, 2015; NORAMBUENA *et al.*, 2016).

Os insetos adultos desta espécie medem de 2,0 mm a 3,5 mm de comprimento, apresentam coloração castanho-escuro, com manchas mais clara nos hélitros. Como característica da família Curculionidae a cabeça é projetada para frente, na forma de rostró curvado, sendo que, através desta característica é possível realizar a diferenciação de machos e fêmeas de *S. zeamais*. Nos machos, o rostró é mais curto e grosso, diferente das fêmeas que são mais longos e afilados (LORINI, 2003).

O gorgulho apresenta aparelho bucal mastigador o que permite a alimentação e a postura da fêmea internamente nos grãos. Esse inseto apresenta elevado potencial biótico, ou seja, tem a capacidade de penetrar na massa de grãos e deixar um grande número de descendentes em um curto período de tempo. As fêmeas escavam orifícios para realizar a postura individualmente nos grãos, em seguida secreta uma substância gelatinosa para fechar a cavidade (ANTUNES; DIONELLO, 2010).

As larvas são curculioniformes de coloração amarelo-claro com cabeça mais escura e as pupas brancas. Após a eclosão as larvas completam seu desenvolvimento dentro do grão se alimentando do mesmo, passando por mais ou menos quatro instares, seguidamente do estágio de pupa, completando o ciclo com a emergência do adulto para fora do grão (LOECK, 2002).

No milho esses insetos apresentam um período de incubação de 3 a 6 dias podendo oscilar esse período. A capacidade de oviposição de uma fêmea é de 104 dias, com uma fecundidade média de 282 ovos por fêmea. O ciclo biológico do ovo até adulto é relativamente de 34 dias e a longevidade da fêmea pode chegar a 140 dias, e machos a 142 dias (LORINI *et al.*, 2010). As espécies do gênero *Sitophilus* spp. por apresentarem características muito semelhantes. Sua diferenciação é feita visualmente por lupa através de pontuações no pronoto, entre outras características morfológicas. Para uma segura confirmação, é realizado a identificação através do estudo da genitália por microscópio (SANTOS, 1993; GALLO *et al.*, 2002; HONG *et al.*, 2018).

Quando há grandes populações desse inseto na massa de grãos alimentando-se, ocorre um aumento na respiração dos grãos aumentando assim a temperatura e conseqüentemente a umidade do ambiente propiciando a proliferação

de fungos (SANTOS, 1993; LORINI, 1999).

As perdas ocasionadas pelo ataque desse inseto pode levar a redução no teor de massa seca dos grãos, desvalorização do valor comercial e nutricional do produto, perda do poder germinativo das sementes, contaminação por fungos, ácaros e bactérias, além da presença do próprio inseto no lote levando a condenação do mesmo, seguindo então para o consumo animal (SANTOS, 1993; POTRICH, 2006).

Quanto maior o período de armazenamento do milho com a presença do *S. zeamais* maiores serão as perdas sofridas pelos grãos e maior será a quantidade de grãos afetados (ANTUNES *et al.*, 2011). Desse modo é primordial o controle dessa praga, para manter a qualidade de grãos e sementes sem prejuízos maiores.

2.2.1 Controle de *Sitophilus zeamais* em grãos armazenados

O controle de insetos pragas em grãos armazenados se inicia no monitoramento, visto que, quanto antes se detectar a praga na massa de grãos mais fácil será o controle e menor será o prejuízo causado pelo inseto. Essa prática assume um papel importante, pois muito das vezes, o controle após o estabelecimento de uma população na armazenagem é difícil. As estratégias para o controle são: controle químico, controle ecológico, microbiano, cultivares resistentes, períodos de armazenagem, temperatura e humanidade relativa. A associação destas estratégias para ajudar no controle das pragas. Contudo é necessário levar em consideração a estratégia utilizada atendendo parâmetros técnicos quanto à eficácia, ecotoxicológicos respeitando o meio ambiente e a saúde humana, fatores econômicos e sociais (GUEDES, 1991; POTRICH, 2006; CARDOSO, 2009; PIKANÇO, 2010).

Existem diferentes métodos utilizados no controle de insetos-pragas de grãos armazenados e entre eles estão os físicos que consistem em resfriamento artificial, controle de umidade e temperatura, uso de radiação, aplicação de terra de diatomácea e atmosfera controlada. O controle químico usa de inseticidas preventivos e curativos, realizando assim expurgos em locais de armazenamento e,

por fim, pode ser usado o controle biológico com inimigos naturais, porém esse não é muito usado em armazenamento de grãos uma vez que os grãos são destinados ao consumo humano não podendo assim ter resíduos de insetos (LORINI, 1998; LAZZARI *et al.*, 2006; MARTINS, 2008; SANTOS *et al.*, 2009).

Uma das maneiras de controle de *Sitophilus zeamais* é usando temperaturas baixas de 3 °C, onde pode chegar a 100% da mortalidade dos insetos, em menos de trinta dias de exposição. Em altas temperaturas de 40 °C também é possível controlar a praga com quase 100% de mortalidade, em poucos minutos, evitando um longo período de exposição dos grãos ao calor, diminuindo perdas de peso e umidade dos grãos (FERRARI FILHO *et al.*, 2011).

Carli *et al.* (2010) afirmam que *S. zeamais* apresentou uma completa inibição de desenvolvimento em estudos realizados com atmosfera modificada com CO₂ após trinta dias de exposição. Anteriormente a esse período ocorreu somente a diminuição da emergência de insetos nessas condições.

Para um controle químico de pragas de grãos-armazenados segundo Lorini *et al.* (2010) há três formas, em que, consistem em inseticidas químicos, líquidos, e naturais ou expurgo das sementes, esses podem ser usados isoladamente ou em conjunto.

No Brasil é muito usado o expurgo ou fumigação com fosfeto de alumínio e magnésio, e também uso de inseticidas protetores piretróides e organofosforados. A fosfina é um dos produtos muito utilizado pelas unidades de armazenamento, entretanto, seu uso indevido, levou a resistência de populações, além de resíduos em grãos expurgados, comprometendo a qualidade e segurança do produto comercializado (ALMEIDA *et al.*, 1999). De acordo com Rezende (2008), contrapõem essa ideia afirmando que a fosfina não deixa resíduos tóxicos, nem cria resistência, desde que seja respeitado o prazo correto de utilização.

Grãos que após passarem por uma limpeza, secagem e expurgo, devem ser armazenados em locais apropriados e higienizados, em períodos de tempos variáveis, que podem perdurar por meses até a destinação de uso, podendo ainda ser realizado um tratamento com inseticidas de formulações líquidas devido o enchimento da unidade armazenadora (ALLEONI; FERREIRA, 2006). Por atuarem por ingestão esses são recomendados para o armazenamento de grãos de longo

prazo (SANTOS; MANTOVANI, 2004; LAHÓZ, 2008). Alguns ingredientes ativos conhecidos no controle de *S. zeamais* em milho são bifentrina, fenitrotiona e pirimifós-metílico, esses estão registrados no Ministério da Agricultura (dos Santos *et al.*, 2009). Os demais produtos registrados em seis formulações comerciais a base de fosfeto de alumínio e magnésio, são para uso na forma de expurgo.

O controle químico de *S. zeamais* é eficaz e de rápida ação, porém esses inseticidas podem causar intoxicação aos aplicadores, formação de populações de insetos resistentes, resíduos nos grãos. No aumento de dosagens pode prejudicar o desempenho de sementes que se intensifica com o tempo de armazenagem. (FESSEL *et al.*, 2003; BENHALIMA *et al.*, 2004; KLJAJIC; PERIC 2005; HADDI *et al.*, 2015).

Como uma estratégia de controle de insetos de grãos armazenados foi a utilização de inseticidas de extratos vegetais que surgiu na década de 40, principalmente plantas do gênero *Nicotiana*, entretanto, com os avanços da formulação de inseticidas sintéticos, que apresentam maior período residual e maior eficiência, a produção de inseticidas botânicos acabou sendo substituída e até os dias de hoje os inseticidas sintéticos são os mais usados em armazéns (VASQUEZ-CASTRO, 2006).

São importante os estudos e uso de inseticidas naturais produzidos através de extratos e óleos de plantas, pois possuem baixo custo para o agricultor e fácil acesso, menor probabilidade de resistência e não deixam resíduos químicos nos grãos, diferente dos inseticidas químicos que permanecem acumulados por muito mais tempo, devido quase não haver atividade metabólica nos grãos e não ter interferência de fatores climáticos o que contribuiria para a degradação dos resíduos (ALMEIDA *et al.*, 2005; de ASSIS *et al.*, 2014; MATEUS *et al.*, 2017; SCOPEL *et al.*, 2018).

Devido a utilização de inseticidas sintéticos em larga escala há um incentivo cada vez maior para desenvolverem novas técnicas de controle de insetos de grãos armazenados a fim de minimizar a utilização destes produtos sintéticos. (BARBOSA, 2004; CORREA; SALGADO 2011).

Deste modo, medidas alternativas de controle devem ser buscadas e incorporadas ao manejo de pragas de grãos armazenados. Dentre as possíveis

estratégicas que podem ser trabalhadas encontram-se a resistência hospedeira.

2.3 RESISTÊNCIA DE PLANTAS A INSETOS

A resistência de plantas está como uma das alternativas de métodos de controle dentro do Manejo Integrado de Pragas (MIP), pois podem controlar populações de insetos sem a necessidade do controle químico convencional. As plantas que conferem resistência possuem uma combinação genética, que expressam características morfológicas, fisiológicas e também químicas, que possibilitam serem menos atacadas pelos insetos do que outras plantas, em uma comparação por igual de espécies. Essa resistência pode ser conferida de diferentes formas pelas plantas, sendo elas a antibiose, antixenose e tolerância (SMITH, 2005; NWOSU, 2016; NOGUEIRA, 2015; SOUSA, 2016).

A resistência de planta por antibiose ocorre quando um genótipo apresenta em sua constituição alguma característica ou um conjunto delas, de origem química, física, ou morfológica que permite que o inseto se alimente da planta hospedeira, porém essa planta exerce efeito adverso sobre a biologia do inseto, causando disfunções fisiológicas que podem levar a redução de tamanho e peso, redução na fecundidade, alteração da proporção sexual e da longevidade, modificação no tempo e número de instares, aumento da mortalidade entre outros aspectos morfológicos e fisiológicos do inseto. Em decorrência da antibiose esses efeitos podem ser letais e de ocorrência aguda, afetando ovos, pupas e ninfas que muitas das vezes não conseguem chegar a fase adulta ocasionando sua morte (LARA, 1979; SMITH, 2005; BASTOS *et al.*, 2015).

A antixenose também conhecida como não-preferência acontece quando uma planta é menos utilizada pelo inseto para sua alimentação, oviposição, abrigo, que outras plantas com igualdade de condições, modificando assim o comportamento do inseto (SMITH, 2005).

A tolerância acontece quando a planta mesmo sofrendo infestações pelos insetos consegue suportar o ataque, não reduzindo em sua quantidade e qualidade de produção, isso acontece devido a planta ter um mecanismo de regeneração (LARA, 1979; SMITH, 2005).

As plantas podem também adquirir resistência através do método de indução de resistência. Dentro desse método algumas alternativas são usadas para a indução da resistência como a adubação com fontes parcialmente solúvel de silício, no qual esse composto químico age como uma barreira mecânica em defesa da planta contra o ataque de insetos, pois apresenta um acúmulo nas paredes das células foliares. Já foi utilizado para cultura do milho, onde ocasionou a mortalidade de insetos pragas, observando bons resultados (NOGUEIRA, 2015).

Uma alternativa para controle de pragas por parte da resistência de plantas é o desenvolvimento de plantas geneticamente modificadas, essas vem sendo usadas para resistir ao ataque de insetos pragas diminuindo danos a cultura, obtendo repostas positivas para agricultura e meio ambiente, pois reduz a utilização de inseticidas evitando o acúmulo de resíduos e a contaminação do homem. Essa alternativa também evita a mortalidade de inimigos naturais o que ajuda no equilíbrio dos ecossistemas (MENDES *et al.*, 2011).

Muitos estudos vêm sendo desenvolvidos para buscar por métodos de controle de pragas de grãos armazenados que não utilizem inseticida na tentativa de minimizar os resíduos por parte desses produtos evitando uma perda durante a armazenagem de grãos. Muitos desses estudos são por parte na identificação de variedades resistentes a inseto praga.

Frazão *et al.* (2018) avaliou a resistência de cinco cultivares de milho em seus efeitos de nutrição em *S. zeamais* e constataram que a presença de inibidores de lectinas e tripsina influenciaram em um aumento da resistência das cultivares testadas, prolongando o ciclo biológico dos insetos e a diminuição no consumo de matéria seca dos grãos.

Nwosu (2016) estudou substâncias químicas presentes em grãos de milho como um fator de resistência a *S. zeamais*, e verificou que fibra bruta, ácido fenólico e inibidor de tripsina presente nos grãos conferem alta resistência aos grãos de milho contra o ataque da praga.

Em outro estudo Marsaro Jr. *et al.* (2005) avaliaram onze híbridos de milho ao ataque de *S. zeamais*, alguns dos materiais mostraram resistência afetando negativamente o comportamento de oviposição e desenvolvimento de larvas, sendo essa resistência conferida pela presença de inibidores de amilase.

Um dos compostos que conferem resistência de plantas a insetos são as proteínas por exemplo as lectinas são proteínas ligantes de carboidratos que desempenham diferentes papéis fisiológicos, que podem estar relacionado com a defesa da planta contra insetos. Essas proteínas são encontradas na casca, raiz, semente, flor, cerne e no rizoma das plantas. O mecanismo de ação dessa proteína ainda não é bem conhecido, no enteando acredita-se que esteja relacionada com a resistência da proteólise no intestino médio do inseto, interação com glicoproteínas da matriz peritrófica, e interferência no processo digestivo (NAPOLEÃO *et al.*, 2011).

Nhamucho *et al.* (2017) em seu estudo testou 17 genótipos de milho para detectar a resistência a *S. zeamais*, entre os materiais sete eram híbridos experimentais, um híbrido liberado, duas variedades de polinização aberta, e três *landraces*, dois resistentes e dois suscetíveis, constataram que dos genótipos testados os com alto conteúdo proteico eram resistentes enquanto os com alto teor de amido mostravam suscetibilidade, e entre os resistentes estava uma variedade *landarce*.

A antibiose ou antixenose dos genótipos de milho podem ser verificados e atribuídas muita das vezes pela composição química diferenciada por compostos fenólicos, inibidores de enzimas digestivas como a amilase, estando relacionada ainda com proteínas, lipídios, amidos, açúcares, pigmentos entre outros. Os teores de proteína podem afetar negativamente o número de ovos nos grãos e sua progênie. Os lipídios então correlacionados com suscetibilidade do material atacado e os compostos fenólicos afetam diretamente a progênie (MARSARO JÚNIOR *et al.*, 2005; MARSARO JÚNIOR *et al.*, 2008).

Fatores físicos também podem condicionar resistência contra insetos pragas pelas diferenças físicas como dureza do grão e alteração do pericarpo. Aspectos relacionados com a dureza dos grãos foram testados por Thorne e Eubanks (2015), que utilizaram diferentes materiais de milho com uma maior dureza de tegumento e encontram uma diminuição na emergência de *S. zeamais* devido, genes provenientes de *Tripsacorn* que conferem maior dureza ao tegumento do milho.

Há uma importância em relação integridade dos grãos, como a ausência de danos mecânicos que se presentes podem facilitar a entrada do inseto

praga no grão. Os ataques pela mesma espécie ou por espécies diferentes podem alterar os ataques subsequentes. Nesse aspecto, um estudo que testou a infestação simultânea de *Prostephanus truncatus* e *S. zeamais* em variedades de milho mostrou que essa condição reduziu consideravelmente o desempenho reprodutivo de *S. zeamais*, enquanto *P. truncatus* foi menos afetado (RUGUMAMU, 2005). Em se tratando de infestação prévia em grãos armazenados com insetos pragas, genótipos que apresentem desempenho de resistência podem ter uma suscetibilidade ao ataque, devido a liberação de feromônios de agregação.

Estudos com materiais que demonstram resistência são importantes pois, constituem fontes de genes que podem ser usados para o melhoramento genético visando o controle de pragas em armazenamento, efetivando novas medidas de controle e evitando a resistência de insetos a inseticidas (DEMISSIE *et al.*, 2015).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no laboratório de Entomologia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus de Pato Branco em câmaras climatizadas do tipo BOD nas condições de 27 ± 1 °C, $75 \pm 5\%$ UR e 0 horas de fotofase, simulando um ambiente de armazenamento.

Quatro genótipos de milho foram utilizadas, sendo elas: Nutricional Embrapa, e os milhos crioulos Milho Roxo, Palha Roxa e 8 Carreiras (Figura 1), com uma umidade de 13,5%, as variedades Palha Roxa e 8 Carreiras foram obtidas de um produtor conhecido como “guardiões de sementes” na região de Dois Vizinhos-PR. A variedade Nutricional Embrapa foi cedida pela Assessorar (Associação de Estudos, Orientação e Assistência Rural), por último a variedade Roxa é um material melhorado oriundo de um produtor rural do estado Espírito Santo. Os milhos foram condicionados em freezer com -10 C° por quatro dias no intuito de eliminar possíveis infestações.

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



A criação de manutenção de *S. zeamais* foi mantida em potes plásticos contendo 1,0 kg de grãos de milho. Para evitar a fuga dos insetos, foi utilizado tecido do tipo *voil* para cobrir a parte superior dos potes. Os insetos foram mantidos por cerca de dez dias nesses recipientes com milho em uma variedade convencional para infestação. Após este período foram peneirados, visando a obtenção de sua prole.

Cinquenta gramas de sementes de cada variedade foram pesados e mantidos em potes de plásticos transparentes de 250 mL e identificadas. Insetos não sexados da criação massal com idade de sete dias foram usados para a infestação nas densidades de 15, 20, 25, 30 e 35, sendo mantidos nos grãos por dez

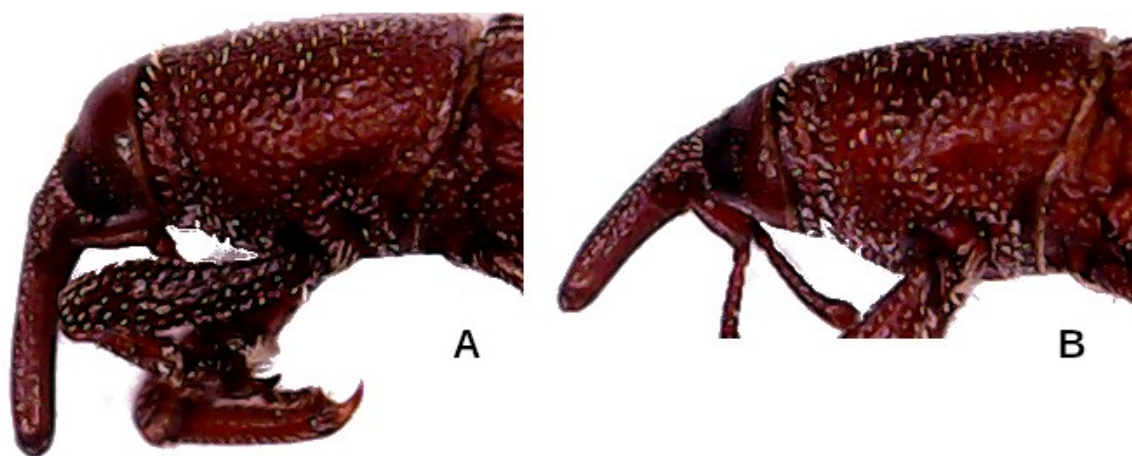
dias para a cópula e oviposição (DOBIE, 1977).

Após trinta dias, diariamente os grãos foram observados para a contagem do número de insetos emergidos, até que não houvesse mais insetos emergidos. Os insetos foram contabilizados e retirados mantidos em frascos plásticos identificados.

A perda de massa de grãos foi feita através da pesagem dos grãos após o final da constatação da emergência dos insetos, sendo assim, subtraindo o peso inicial de grãos com o peso final dos grãos.

A razão sexual foi determinada pelo número de fêmeas dividido pelo número total de insetos. Para identificação de macho e fêmea foram observados em esteromicroscópio características morfológicas, como diferença entre o rostro, sendo machos com rostro mais curtos e grossos e fêmeas, alongados e finos e tamanho, sendo fêmeas maiores e machos menores (Figura 2) (GALLO *et al.*, 2002; RODRÍGUEZ-COBOS; IANNACONE, 2013; HONG *et al.*, 2018).

Figura 2 – Rostro de *Sitophilus zeamais*. A, Fêmea, B, Macho. Fotos Diaine Cortese.



Para determinar o peso dos insetos foram pesados com balança de precisão modelo AY220, marca Marte o total de insetos em cada variedade e densidade. O resultado obtido em miligrama (mg) foi multiplicado por 100, dividido pelo total de insetos, para a obtenção em gramas (g) dos pesos dos insetos.

Para a longevidade de *S. zeamais* foram separados cinco insetos recém emergidos das variedades, para cada densidade e separados isoladamente 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.

Para os dados número de insetos emergidos (dias) foram somados o total de insetos de cada repetição e densidade usada para cada dia da contagem até que não houve mais insetos emergidos. A contagem dos insetos teve início com a emergência dos primeiros insetos adultos dos grãos, alternado cada um dia. Foi demarcado o ciclo biológico do inseto em cada variedade de milho em função do início da emergência. Foram realizadas análises descritivas para essa variável, através de gráficos.

O experimento foi realizado em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições para cada variedade 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.

Para a confirmação na distribuição normal dos dados foi realizado o teste de Lilliefors ($p \leq 0,05$), e para a homogeneidade das variâncias dos dados o teste de Bartlett ($p \leq 0,05$). Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) ($p \leq 0,05$) e respectivamente realizado análise de regressão com o auxílio do Software estatístico Genes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A perda de massa dos grãos (PMG), peso de insetos (PI), longevidade (LO) e total de insetos (TI) apresentaram interação entre as variedades de milhos e as densidades de insetos. Os coeficientes de variação foram de 10,39, 10,53, 15,7, 18,24, 16,87, para as respectivas variáveis RS, PMG, PI, LO e TI (Tabela 1). A variável peso de insetos (PI) não atendeu ao teste de Lilliefors, sendo realizado uma transformação de dados pela raiz ($x + k$) para atingir a normalidade. As demais variáveis atenderam aos testes.

A variável razão sexual (RS) não apresentou interação entre as variedades de milhos e densidades de insetos, porém obteve-se diferença entre os fatores isolados.

Tabela 1 – Graus de liberdade (GL) e quadrados médios da análise de variância para as variáveis: razão sexual (RS), perda de massa dos grãos (PMG), peso de insetos (PI), longevidade (LO) e total de insetos (TI), de um experimento bifatorial com quatro variedades de milho (VM), (Nutricional Embrapa, Milho Roxo, Palha Roxa e 8 Carreiras) e cinco densidades de *Sitophilus zeamais* (DI), conduzido em um delineamento inteiramente casualizado. Pato Branco, 2019.

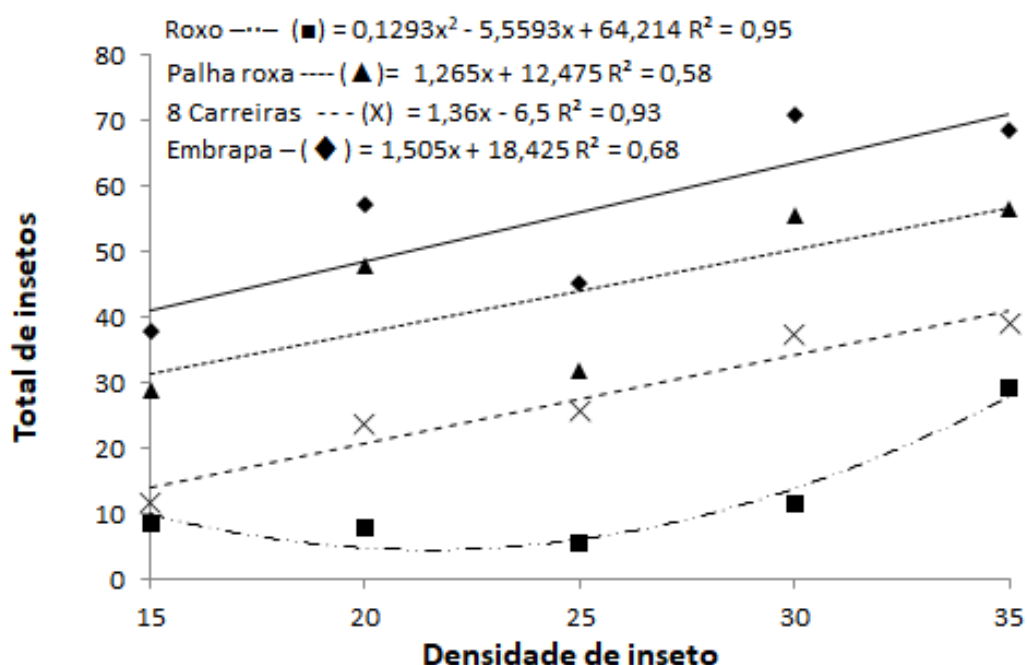
Causas da variação	GL	RS	PMG	PI	LO	TI
Variedades de milho	3	0,04**	5,72**	60,08**	2,88 ^{ns}	7256,04**
Densidades de inseto	4	0,03**	3,28**	18,15**	2,77 ^{ns}	1979,55**
VM X DI	12	0,01 ^{ns}	0,36**	6,86**	9,54**	129,94**
Resíduo	60	0,01	0,04	1,36	3,27	34,95
Média Geral	--	0,73	1,84	0,14	9,91	35,03
CV (%)	--	10,39	10,53	15,7	18,24	16,87

** Significativo em nível de 5% de probabilidade de erro. ^{ns} não significativo em nível de 5% de probabilidade de erro.

O maior número de insetos emergidos ocorreu na variedade Nutricional Embrapa com 38,00 e 68,75 insetos emergidos na menor e maior densidade, respectivamente, em que, se ajustou uma regressão linear crescente mostrando assim, que a quantidade de insetos emergidos aumenta com a densidade de insetos, seguido da variedade Palha Roxa (Figura 3). A presença ou ausência de alguns fatores relacionados ao nível de resistência ao pericarpo, a natureza física ou química da película dos grãos, presença de aleloquímicos, substâncias fenólicas, amido, proteína, podem ter possibilitado um maior desenvolvimento de *S. zeamais* nessas variedades (MWOLOLO *et al.*, 2013; NWOSU, 2016; FRAZÃO *et al.*, 2018).

Além disso, se proteínas, amido e minerais permitem que insetos possam ter maior sucesso no ataque de milho, compostos como fibra bruta, ácido fenólico e inibidores de tripsina e amilase podem conferir resistência a *S. zeamais* (NWOSU, 2016). No entanto, somente o número de inseto pode não corresponder numa afirmação de que estes dois materiais são suscetíveis. Isso porque os insetos emergidos podem ter tido ainda menor tamanho, peso, e longevidade, o que compromete seu desempenho reprodutivo, além de outros efeitos de antibiose.

Figura 3 – Total de *Sitophilus zeamais* emergidos nas quatro variedades 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.



A variedade Nutricional Embrapa, devido a grande quantidade de insetos emergidos, apresentou um aumento na umidade. Isso implica que, nesta variedade, além das possíveis perdas decorrentes do dano direto da praga, poderia haver danos indiretos com fungos, o que implica em reduções significativas da qualidade e possível aumento do custo operacional de manutenção destes grãos armazenados. De acordo com Pinto *et al.* (2002) esse aumento no teor da umidade, ocorre devido ao grande número de insetos presente na massa de grãos, aumentando o metabolismo dos insetos, ou seja, aumenta a taxa de respiração, e com isso torna-se uma porta de entrada para a proliferação de fungos, devido a alta umidade e temperatura.

Em um estudo realizado por Carneiro (2019) foram testadas variedades de milhos crioulos com densidade de vinte insetos em cinquenta gramas de milho ao ataque de *Sitophilus zeamais*, indicando que a variedade de milho Palha Roxa foi a com maior média de insetos emergidos, mostrando assim que essa variedade apresenta uma suscetibilidade ao ataque de *S. zeamais*.

As variedades 8 Carreiras e Milho Roxo foram as que apresentaram menor número de insetos emergidos (Figura 3). Carneiro (2019) e Herrmann *et al.* (2009) também encontraram resultados semelhantes para a variedade 8 Carreiras em seus estudos. Ao que tudo indica, 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 α -amilases pertencem a uma família das endoamilases que catalisam a hidrólise de ligações glicosídicas α -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).

O Milho Roxo apresentou o menor número de insetos emergidos nas densidades, sendo 8,50 insetos para a menor densidade e 29,25 para maior, isso talvez possa ser explicado pela morte larval, resultado de resistência por antibiose (GUZZO *et al.*, 2002; NHAMUCHO *et al.*, 2017). Outros trabalhos mostraram que a resistência de milho a *S. zeamais* pode ser explicada pelo número de insetos emergidos, em que, variedades mais resistentes apresentaram menor número de insetos emergidos, ao contrário para variedade 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 a preferência de *S. zeamais* por populações crioulas e variedades de polinização aberta de milho e verificaram que dentre os nove tratamentos testados três se mostraram menos atrativos para o inseto praga, em que, apresentaram um menor número de insetos emergidos.

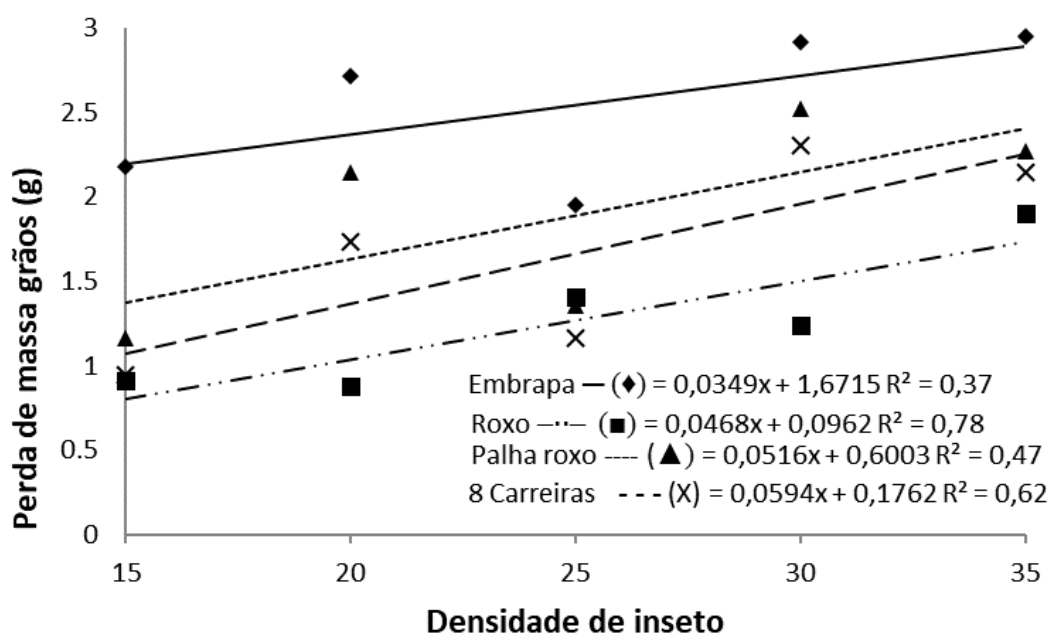
Na variedade Milho Roxo houve um crescimento exponencial para as densidades de insetos (Figura 3). Acima de 25 insetos, ocorreu um aumento

considerável no número total de insetos emergidos. Por outro lado, mesmo nas maiores densidades esse número de insetos é inferior aos demais genótipos de milho. Isso mostra que apesar da resistência ser afetada pelo número de insetos durante a infestação, esse genótipo ainda confere algum outro fator que favorece menor número de insetos emergidos.

As densidades de insetos usadas possibilitaram ver que a 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. 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.*, 2006).

Para a perda de massa dos grãos em relação ao ataque de adultos *S. zeamais* e alimentação de sua progênie, as variedades Nutricional Embrapa, Palha Roxa, 8 Carreiras, e Milho Roxo ajustaram uma equação linear, sendo assim, mostrando uma tendência na perda de massa de grãos. Aumentando o número de insetos na infestação aumenta-se a perda de massa dos grãos (Figura 4).

Figura 4 – Perda de massa de grãos nas quatro variedades 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 variedade que apresentou maior perda de massa foi a variedade

Nutricional Embrapa com uma média de 2,18 g de perda para densidade 15, chegando a 2,95 g para 35 insetos. Seguidamente vem Palha Roxa com maior perda (Figura 4). Essas maiores perdas de peso dos grãos, podem ser explicadas pelo número de insetos que emergiram nessas variedades, o que sugere uma menor resistência dos grãos ao ataque de *S. zeamais* (MIKAMI *et al.*, 2012; MWOLOLO *et al.*, 2013; NHAMUCHO *et al.*, 2017). Os genótipos 8 Carreiras e Milho Roxo apresentaram as menores perdas de massa de grãos (Figura 4). As menores perdas foram de 0,94 g para a densidade 15 chegando a 2,14 g para 35 insetos. Na variedade Milho Roxo, mesmo na maior densidade de insetos, as perdas da massa de grãos não alcançaram as perdas tidas pelo variedade Nutricional Embrapa com somente 15 insetos. Carneiro, (2019) teve dados semelhantes para a perda de massa de grãos para Palha Roxa e 8 Carreiras.

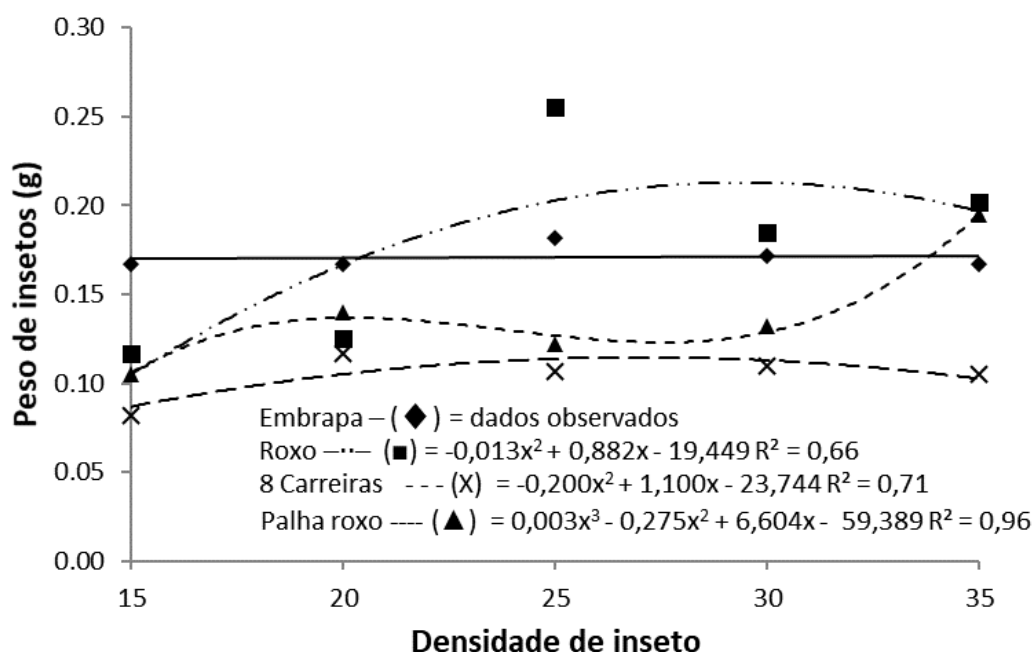
Segundo Demissie *et al.* (2015) a perda de massa de grãos esta relacionada com o número de insetos emergidos, porém, não está relacionada com outros fatores de susceptibilidade, isso corresponde aos resultados deste trabalho, pois a longevidade foi maior em Milho Roxo, entretanto esse genótipo teve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

Em relação as densidades de insetos, ocorreu uma crescente perda de massa dos grãos ao aumentar a densidade de insetos na infestação, isso foi observado para todas as variedades, resultado esse que ja era esperado (Figura 4). 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 insetos em contato com a massa de grãos durante a infestação.

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 das variedades 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 peso dos insetos variou nas diferentes variedades de milhos. O maior peso de insetos foi na variedade Milho Roxo, na qual, em baixas densidades o peso foi menor de 0,12 g e 0,13 g, enquanto na densidade 25 observou-se um aumento considerável no peso dos insetos com 0,26 g decaindo assim o peso com as densidades de 30 e 35 para 0,19 g e 0,20 g (Figura 4).

Figura 4 –Peso total *Sitophilus zeamais* emergidos nas quatro variedades 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.



Essa resposta pode ser correlacionada com o total de insetos emergidos nessa variedade, pois na densidade 25 insetos, ocorreu o 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 (GUEDES *et al.*, 2010)

Para o milho Nutricional Embrapa não houve equação ajustada isso significa que independente 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 nessa variedade (Figura 5).

A variedade Palha roxa teve o segundo menor peso de insetos na qual manteve-se uma constância no peso dos insetos em densidades menores, aumentando o peso na densidade 35. Por outro lado, sendo a variedade que apresentou maior número de insetos emergidos, isso sugere que pela suscetibilidade ao *S. zeamais*, uma competição por alimento possa ter ocorrido, tornando os insetos mais leves (GUEDES *et al.*, 2007; GUEDES *et al.*, 2010).

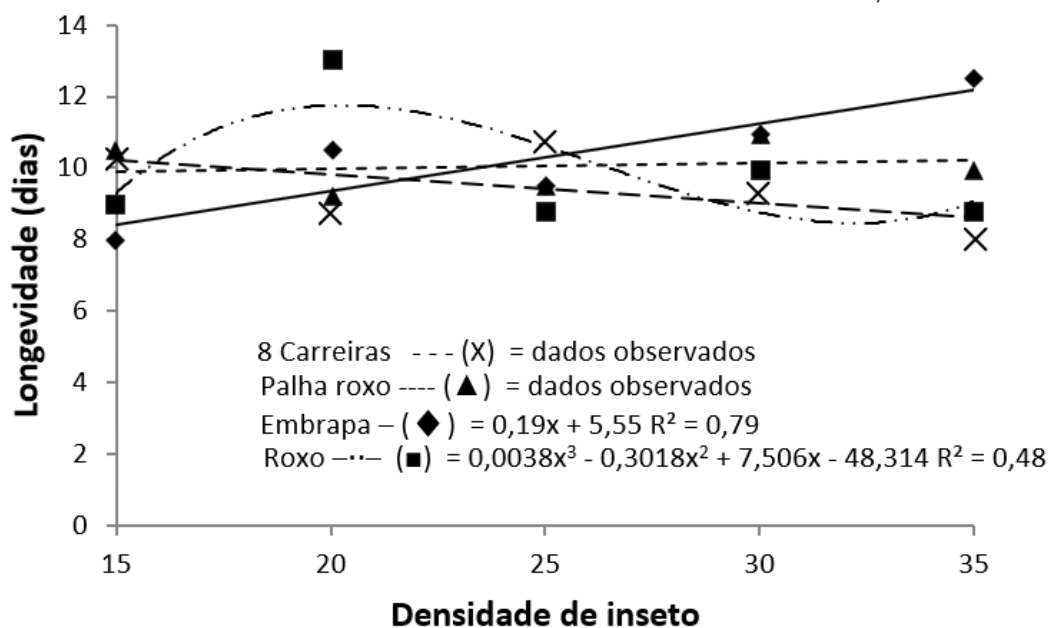
Insetos que desenvolveram na variedade 8 Carreiras apresentaram menor peso de insetos. No entanto, não houve influência das densidades de insetos (Figura 5). Outros trabalhos encontraram resultados semelhantes para o peso dos insetos no genótipo 8 Carreiras, em que um dos fatores que tenha influenciado foi a presença de inibidores de amilase, pois implica diretamente na absorção de amido (HERRMANN *et al.*, 2009; CARNEIRO 2019). Essa redução do peso dos insetos para a variedade 8 Carreiras, pode ser explicada pela composição dos grãos, pois esses podem possuir compostos secundários desfavoráveis ao desenvolvimento dos insetos (KUHNEN, 2007; DIAS *et al.*, 2015; FERREIRA *et al.*, 2018). O menor peso dos insetos nessa variedade 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).

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 e as respectivas variedades de milho (GUZZO *et al.*, 2002; 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 podem ser determinados por fatores físicos e químicos.

A longevidade dos insetos foi maior para milho Roxa. A longevidade para essa variedade se comportou maior nas densidades de 15 e 20, em que, insetos da densidade 20 chegaram a completar 17 dias de longevidade. Para as densidades maiores ocorreu uma queda longevidade, como na densidade 35,

chegando a sete dias de longevidade (Figura 6). Isso pode ter ocorrido devido à competição entre os insetos para a alimentação dos grãos na fase larval, pois nas densidades de 15, 20 e 25 foram a com menor número de insetos emergidos favorecendo as larvas a se desenvolverem. Nas densidades 30 e 35 foram as com maior emergência de insetos nessa variedade.

Figura 6 – Longevidade de *Sitophilus zeamais* nas quatro variedades 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.



A longevidade maior em Milho Roxo pode ser correlacionada com o maior peso dos insetos nessa variedade, 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).

Para a variedade Nutricional Embrapa a longevidade foi baixa em densidades de 15 e 20 insetos e teve uma variação pequena com o aumento das densidades de insetos (Figura 6). Esse resultado pode estar relacionado com o número de insetos emergidos nessa variedade, pois apresentou um número altíssimo de emergência, e assim aumentou-se a competição por alimento. Durante a contagem de adultos havia larvas fora dos grãos o que indica uma super oviposição. A longevidade pode ter sido afetada pela composição dos grãos, pois esses podem não ter fornecido nutrientes suficientes para um maior período de

sobrevivência dos insetos (MEDEIROS *et al.*, 2017).

Um fator que possa ter contribuído para a variação da longevidade nas variedades Nutricional Embrapa e Milho Roxo foi a razão sexual, pois nessas duas variedades 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).

Para a variedade Palha Roxa e 8 Carreiras não se ajustou nenhuma equação, isso significa que a longevidade de insetos nessas variedades não variou com o aumento das densidades de insetos (Figura 6).

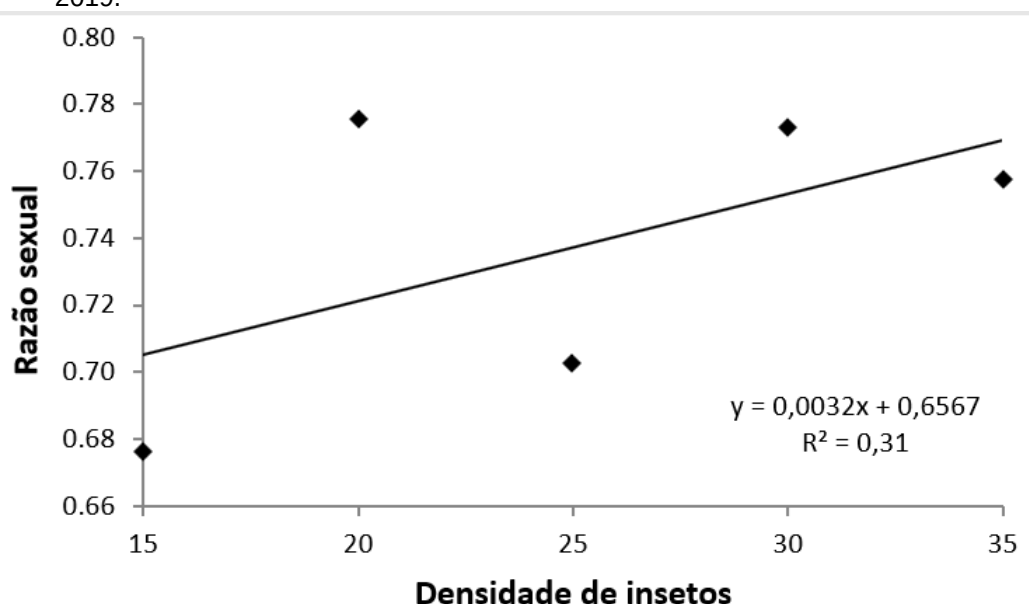
Pouco são os estudos que testaram a longevidade como uma variável avaliativa para a reposta de resistência de genótipos de milho a *S. zeamais*. Alguns dos trabalhos como o de Toscano *et al.* (1999) testou 30 genótipos de milho ao ataque de *S. zeamais* onde não obtiveram diferenças estatísticas entre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

Oliveira (2005) em estudo sobre resistência de genótipos de milho irradiados e não irradiados ao ataque de *S. zeamais*, mostraram que os genótipos influenciaram na longevidade dos insetos, sem a utilização da irradiação, segundo o autor essa resposta pode ter ocorrido devido a antibiose ou não-preferência.

A variável razão sexual não obteve interação entre as densidades de insetos e as variedades de milho. Contudo entre as densidades de inseto isoladamente há uma diferença na razão sexual, na qual, aumenta conforme aumenta as densidades de insetos (Figura 7).

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 dos mesmos.

Figura 7 – 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 maior média para razão sexual foi para a variedade Milho Roxo com uma média de 0,78 que não diferiu estatisticamente da variedade 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 2).

Toscano *et al.* (1999) em seu estudo também avaliou a razão sexual porém não encontraram diferenças estatísticas entre seus genótipos para a razão sexual, entretanto nesse trabalho foi encontrado uma maior número de fêmeas do que machos, nos diferentes genótipos e densidades, mas isso pode não ter sido resposta da resistência, pois as maiores médias para a razão sexual foram para Milho Roxo e Nutricional Embrapa que se mostrou um genótipo suscetível ao ataque de *S. zeamais*.

Tabela 2 – Comparação de médias para a variável razão sexual em um experimento conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro variedades de milho (Milho Roxo, Nutricional Embrapa, Palha Roxa, 8 Carreiras) em quatro repetições. Pato Branco, 2019.

Variedades 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.

Nos estudos de Rodríguez-Cobos e Lannacone, (2013), 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 de milho amarelo duro indicou uma porcentagem de machos para fêmeas de aproximadamente 1:1, mas 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, como resultados encontrados nesse trabalho.

A variedade Nutricional Embrapa teve início na emergência de seus insetos aos 29 dias após a infestação, ou seja, os primeiros insetos ao emergirem tiveram um ciclo biológico de 29 dias de duração, e assim a emergência ocorreu por 26 dias. O maior número de insetos emergidos para todas as densidades ocorreu aos 35 a 39 dias. O total de insetos entre esses dias para as densidades 15, 20, 25, 30 e 35 foram respectivamente de 44, 65, 42, 65 e 62 insetos. Por volta dos 39 a 41 dias decaiu a emergência dos insetos (Figura 8).

Em estudos com linhagens endogâmicas de milho mostraram um menor tempo de desenvolvimento dos insetos, ou seja, um ciclo biológico mais curto em dias, que possibilita a emergência de mais gerações e uma maior suscetibilidade do genótipo exposto a esses insetos (DEMISSIE *et al.*, 2015).

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.

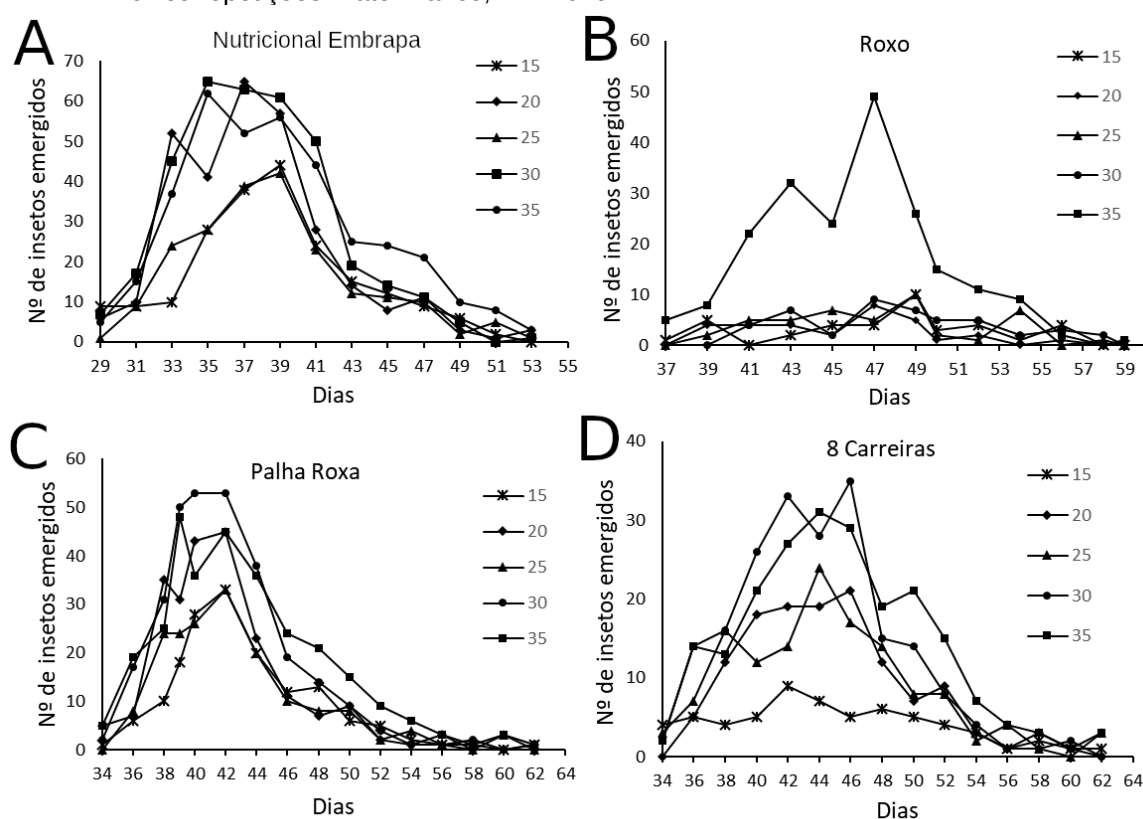
A densidade de 25 insetos teve um comportamento semelhante à densidade 15 na emergência de insetos dia para todas as variedades, mais, é observada na variedade Nutricional Embrapa, Palha Roxa e Milho Roxo (Figura 8). Isso sugere que a partir da densidade de 25 insetos em 50 gramas de milho há um início de competição intraespecífica, equilibrando a população.

A variedade 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 essa variedade não teve um pico de dias determinado na emergência dos insetos, assim ocorrendo sua maior emergência até os 48 dias, em um período de emergência que ocorreu por 30 dias. Herrmann *et al.* (2009) encontrou uma média para o ciclo biológico de 8 Carreiras de 62,5 dias o que mostra um longo período de

tempo para os insetos completar o seu desenvolvimento até a fase adulta, sugerindo assim resistência a *S. zeamais*.

Há uma tendência semelhante de emergência de *S. zeamais* para as densidades em todas as variedades, entretanto, a variedade 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 (Figura 8).

Figura 8 – Total de *Sitophilus zeamais* emergidos por dia em quatro variedades 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.



Ao que tudo indica o genótipo milho Roxo apresenta resistência a *S. zeamais*, pois a emergência dos insetos iniciaram aos 37 dias após a infestação com um maior período de desenvolvimento desses insetos (ABEBE *et al.*, 2009; NHAMUCHO *et al.*, 2017), sugerindo um efeito devido a composição química do material avaliado (MARSARO JÚNIOR *et al.*, 2005; NHAMUCHO *et al.*, 2017; VI *et al.*, 2017).

A resistência desse genótipo pode ser afetada negativamente pela

quantidade de insetos durante a infestação, em que na densidade 35 insetos ocorreu um 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, comparado com os outros genótipos testados, seu desempenho é superior mostrando, assim que apresenta grande potencial na resistência contra *S. zeamais*.

Outra possível resposta para o menor número de insetos emergidos 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 nessa variedade para cópula e oviposição, ao retirar os insetos foi observado alguns insetos mortos e sem danos nos grãos em baixas densidades, e com o aumentar das densidades de 30 e 35 insetos essa barreira física não suportou a pressão, pois verificou-se danos aos grãos.

Em muitos trabalhos que testaram a resistência de genótipos de milho a *S. zeamais* verificaram que genótipos resistentes apresentavam dureza nos grãos, tiveram uma não-preferência pela alimentação e obtiveram como resposta menor número de insetos emergidos menor perda de massa o que foi encontrado na variedade milho Roxo (MIKAMI *et al.*, 2012; NWOSU *et al.*, 2015; SULEIMAN *et al.*, 2015).

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 esta 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.

A antibiose é uma categoria de resistência na qual, um inseto herbívoro se alimenta da planta e essa por sua vez fornece um efeito adverso em algum estágio do desenvolvimento do inseto, como mortalidade, redução no tamanho e peso, alteração da proporção sexual, uma menor longevidade, alguns desses fatores são encontrados como respostas dadas pelas variedades milho Roxo e 8 Carreiras, portanto a identificação de variedades 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*.

5 CONCLUSÕES

As variedades mais resistentes foram milho Roxo e 8 Carreiras, enquanto que Nutricional Embrapa e Palha Roxa foram suscetíveis ao ataque de *S. zeamais*. A antibiose possa ter sido responsável pela resistência nessas variedades.

As variedades milho Roxo e 8 Carreiras tiveram o menor número de insetos emergidos e menor perda de massa dos grãos.

Milho Roxo teve também como uma resposta de resistência um alongamento no desenvolvimento larval, em que os primeiros insetos emergiram aos 37 dias.

Para 8 Carreiras teve menor peso dos insetos, e esses resultados encontrados sugerem que a resistência é conferida pela presença de inibidores de amilase e compostos secundários já confirmados em outros trabalhos.

A longevidade foi maior milho Roxo em densidade de 15 e 20 insetos, decaindo a partir de 25 insetos. Essa maior longevidade pode estar correlacionada com o menor número de insetos emergidos nessa variedade e conseqüentemente, uma menor competição larval por alimento.

A razão sexual não teve interação entre as variedades de milho e densidades de insetos, porém a razão sexual aumenta conforme aumenta as densidades. Milho Roxo e Nutricional Embrapa tiveram uma maior média para a razão sexual, isso mostra que a resistência não afetou a razão sexual dos insetos para milho Roxo.

As densidades de insetos utilizadas nesse trabalho possibilitou ver que a medida que aumenta a quantidade inicial de insetos durante a infestação maior será a população final de insetos e conseqüentemente maior será a perda de massa de grãos.

A resistência dos genótipos pode ser comprometida pela densidade de insetos como observado em milho Roxo, entretanto, essa variedade apresentou bons resultados.

As variedades milho Roxo e 8 Carreiras apresentam bons indicativos de antibiose a *Sitophilus zeamais* e podem ser indicadas para estudos mais aprofundados de melhoramento genético para cruzamentos na obtenção de novas

cultivares, a fim de, diminuir os danos causados por essa praga durante o armazenamento de grãos.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Devido as grandes perdas de grãos de milho durante a armazenagem que chegam a 20% da produção total causadas pelo *Sitophilus zeamais* e as falhas no controle químico, em que muitas das vezes causa contaminação para o ser humano e animais, é importante levar em consideração como uma alternativa de controle para *S. zeamais* a resistência de plantas.

Essa pesquisa mostra o potencial que variedades de milhos crioulas possuem para o uso no melhoramento genético, sendo assim é de suma importante o incentivo de agricultores para a manutenção dessas variedades e conservação da agrobiodiversidade. Essa pesquisa é um incio da investigação para futuros estudos na seleção de genes para o cruzamento e criação de novas variedades resistentes a insetos pragas.

A resistência de plantas apresenta vários benéficos como, não há contaminações do ser humano e animal, não é prejudicial ao meio ambiente, não causa resistência em insetos, apresenta baixo custo, possibilita adequado controle a insetos pragas. Com tudo isso, é necessário mais estudos para o aprofundamento do conhecimento por parte dessas variedades crioulas.

REFERÊNCIAS

- ABEBE, Fikremariam *et al.* Resistance of maize varieties to the maize weevil *Sitophilus zeamais* (Motsch.)(Coleoptera: Curculionidae). **African Journal of Biotechnology**, v. 8, n. 21, 2009.
- ALLEONI, B; FERREIRA, W. Control of *Sitophilus zeamais* Mots., 1958 and *Sitophilus oryzae* (L., 1763) weevils (Coleoptera, Curculionidae) in stored rice grain (*Oryza sativa* L.) with insecticide pirimiphos methyl (actellic 500 ce). p. 1234–1241, 2006.
- ALMEIDA, Francisco de A. C. *et al.* Efeitos de extratos alcoólicos de plantas sobre o caruncho do feijão vigna *Callosobruchus maculatus*. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 9, n. 4, p. 585–590, 2005.
- ALMEIDA, Francisco de Assis Cardoso *et al.* Eficiência de extractos vegetales como insecticida sobre *Sitophilus zeamais* en granos de maíz almacenados. **Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias**, 1986, Universidad Agraria de La Habana, v. 23, n. 2, p. 57–62, 2014.
- ALMEIDA, Francisco de Assis Cardoso; GOLDFARB, Ana Costa; GOUVEIA, Josivanda Palmeira Gomes de. Avaliação de extratos vegetais e métodos de aplicação no controle de *Sitophilus* spp. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 1, n. 1, p. 13–20, 1999.
- ANDRADE, João Antônio da Costa; MIRANDA FILHO, José Branco de. Quantitative variation in the tropical maize population, esalq-pb1. **Scientia Agrícola**, v. 65, n. 02, p. 174–182, 2008.
- ANTUNES, Luidi Eric Guimarães; DIONELLO, Rafael Gomes. **Bioecologia de *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1885 (Coleoptera: Curculionidae)**. [S.l.: s.n.], 2010.
- ANTUNES, Luidi Eric Guimarães; VIEBRANTZ, Priscila Correa; GOTTARDI, Roberto; DIONELLO, Rafael Gomes. Características físico-químicas de grãos de milho atacados por *Sitophilus zeamais* durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, p. 615–620, 2011. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/108545>. Acesso em: 17 dez. 2019.
- ARAÚJO, Alisson Vinícius de *et al.* Desempenho agrônômico de variedades crioulas e híbridos de milho cultivados em diferentes sistemas de manejo. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 44, n. 4, p. 885–892, 2013.
- ARAÚJO, Pedro Mário; NASS, Luciano Lourenço. Caracterização e avaliação de milho crioulo. **Scientia Agrícola**, v. 59, n. 03, p. 589–593, 2002.
- BARBOSA, L. C. A. **Os pesticidas, o homem e o meio ambiente**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2004. 215 p.
- BARROZO, Leandra Matos *et al.* Qualidade física e sanitária de sementes de Zea

mays l. colhidas por colhedoras radiais. **Scientia Agropecuaria**, v. 2, n. 4, p. 239–246, 2011.

BASTOS, Cristina Schetino *et al.* Resistência de plantas a insetos: contextualização e inserção no MIP. **Avanços Tecnológicos Aplicados à Pesquisa na Produção Vegetal. Universidade Federal de Viçosa, Programa de Pós-Graduação em Agronomia**, p. 31–72, 2015.

BENHALIMA, H; CHAUDHRY, M Q; MILLS, K A; PRICE, N R. Phosphine resistance in stored-product insects collected from various grain storage facilities in morocco. **Journal of Stored Products Research**, Elsevier, v. 40, n. 3, p. 241–249, 2004.

BITOCCHI, Elena *et al.* Introgression from modern hybrid varieties into landrace populations of maize (*Zea mays* ssp. *mays* l.) in central italy. **Molecular Ecology**, Wiley Online Library, v. 18, n. 4, p. 603–621, 2009.

BRASIL. Art. 2º, inciso XXXII da Lei nº 13.123, de 20 de maio de 2015. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 20 mai. 2015.

CANEPPELE, Maria Aparecida Braga; ANDRADE, Patrícia de Jesus; SANTAELLA, Alexandre Garcia. Diferentes dosagens de pó inerte e temperaturas em milho armazenado para controle de gorgulho-do-milho. **Scientia Agraria**, Universidade Federal do Paraná, v. 11, n. 4, p. 343–347, 2010.

CANEPPELE, Maria Aparecida Braga; CANEPPELE, Carlos; LÁZZARI, Flávio Antonio; LÁZZARI, Sonia Maria Noemberg. 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**, SciELO Brasil, v. 47, n. 4, p. 625–630, 2003.

CARDOSO, João Rodrigo. **Manejo integrado de pragas em grãos armazenados**. 131 p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso), Rio Grande do Sul, 2009.

CARLI, Marcelo De *et al.* Efficacy of modified atmosphere packaging to control *Sitophilus spp.* in organic maize grain. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, SciELO Brasil, v. 53, n. 6, p. 1469–1476, 2010.

CARNEIRO, Zenilda de Fátima. **Resistência de variedades de milho crioulo ao gorgulho-do-milho *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae)**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2019.

CARPENTIERI-PÍPOLO, Valéria; SOUZA, Agnelo de; SILVA, Daiana Alves da; BARRETO, Thales Pereira; GARBUGLIO, Deoclécio Domingos; FERREIRA, Josué Maldonado. Avaliação de cultivares de milho crioulo em sistema de baixo nível tecnológico. **Acta Scientiarum, Agronomy**, v. 32, n.2, p.229-233, 2010.

CATÃO, Hugo César Rodrigues Moreira *et al.* Qualidade física, fisiológica e sanitária de sementes de milho crioulo produzidas no norte de Minas Gerais. **Ciência Rural**, Universidade Federal de Santa Maria, v. 40, n. 10, p. 2060–2066, 2010.

COIMBRA, Ronaldo Rodrigues *et al.* Caracterização e divergência genética de

populações de milho resgatadas do sudeste de Minas Gerais. **Revista Ciência Agronômica**, SciELO Brasil, v. 41, n. 1, p. 159–166, 2010.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de Grãos. Fevereiro 2018/2019**. Brasília: [s.n.], 2019. Disponível em: <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 14 nov. 2019.

COPATTI, Carlos E; MARCON, Roberta K; MACHADO, Monaliza B. Avaliação de dano de *Sitophilus zeamais*, *Oryzae philus surinamensis* e *Laemophloeus minutus* em grãos de arroz armazenados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 17, n. 8, 2013.

CORRÊA, Josilene Chaves Ruela; SALGADO, Hérica Regina Nunes. Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 13, n. 4, p. 500–506, 2011.

COSTA, Lílian Moreira; RESENDE, Osvaldo; GONÇALVES, Douglas Nascimento; SOUSA, Kelly Aparecida. Qualidade dos frutos de crambe durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 34, n. 2, p. 239–301, 2012.

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.

D'ARCE, M. A. B. R. **Pós colheita e armazenamento de grãos. Texto compilado para a disciplina LAN 2444 - Tecnologia de Produtos Agropecuários II**. São Paulo: ESALQ/USP, 2006. 17 p. Depto. Agroindústria, Alimentos e Nutrição. ESALQ/USP.

DA SILVA, Priscila Helena *et al.* Controle alternativo de *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Coleoptera: Curculionidae) em grãos de milho. **Cadernos de Agroecologia**, v. 2, n. 1, 2007.

DANHO, Mathias; HAUBRUGE, Éric. Comportement de ponte et stratégie reproductive de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Phytoprotection**, v. 84, n. 2, p. 59–67, 2003.

DE ABREU, Lucilene; CANSI, Edmar; JURIATTI, Cleber. Avaliação do rendimento sócio-econômico de variedades crioulas e híbridos comerciais de milho na microregião de Chapecó. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 1, 2007.

DE ANDRADE MELO JÚNIOR, João Luciano *et al.* Insecticide resistance of corn weevil populations from semi-arid regions. **Australian Journal of Crop Science**, v. 12, n. 3, p. 430, 2018.

DEMISSIE, Girma *et al.* 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.

DEUNER, Cristiane *et al.* Physiological performance during storage of corn seed treated with insecticides and fungicide. **Journal of Seed Science**, v. 36, n. 2, p. 204–212, 2014.

DEVI, Salam Rita; THOMAS, Asha; 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.

DIAS, BF *et al.* Desempenho de *Helicoverpa armígera* em genótipos de soja com diferentes perfis de metabólitos secundários. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 7.; MERCOSOJA, 2015. **Embrapa Soja-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. Florianópolis, 2015.

DOBIE, P. The contribution of the tropical stored products centre to the study of insect resistance in stored maize. **Tropical Stored Products Information**, v. 34, p. 7–22, 1977.

DOS SANTOS, Juliana Cristina *et al.* Toxicidade de inseticidas piretróides e organofosforados para populações brasileiras de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Bioscience Journal**, v. 25, n. 6, p. 75–81, 2009.

DOS SANTOS, Silmara Bispo; MARTINS, Marcio Arêdes; FARONI, Lêda Rita D'Antonino; JUNIOR, Valfrido Rodrigues de Brito. Perda de matéria seca em grãos de milho armazenados em bolsas herméticas. **Revista Ciência Agronômica**, v. 43, n. 4, p. 674–682, 2012.

DUALIBI, J. *et al.* Ele é o falso vilão. **Revista Veja**, São Paulo, v. 41, n. 17, p. 59–61, abri 2008.

SANTOS, J.P; MANTOVANI, E. C. **Armazenagem de milho a granel na fazenda**. [S.l.]: Empresa Brasileira Pesquisa Agropecuária, Circular técnico 55, Sete Lagoas, 2004. 06 p.

SENAR. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural. **Grãos: armazenamento de milho, soja, feijão e café**. Brasília-Senar, 2018.

SILVA, L. C. **Estruturas para armazenagem de grãos a granel**. Boletim Técnico, 2010. Disponível em: <http://www.agais-.com/manuscript/ag0210_armazenagem_granel.pdf>. Acesso em: 02 fev. 2019.

FAO, Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura. **Brasil deve se tornar o segundo maior exportador global de milho diz, FAO**. <http://www.fao.org>. Acesso em: 23 dez. 2019.

FERRARI FILHO, Edar; ANTUNES, Luidi Eric Guimarães; TIECKER, Arnaldo; DIONELLO, Rafael Gomes. Controle de gorgulho-do-milho submetido ao tratamento térmico. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 10, n. 3, p. 196–204, 2012.

FERREIRA, Josué Maldonado; MOREIRA, Rosângela Maria Pinto; HIDALGO, José Antônio Fernandes. Capacidade combinatória e heterose em populações de milho crioulo. **Ciência Rural**, v. 39, n. 2, p. 332–339, 2009.

FERREIRA, Natalia Tavares Santos; OLIVEIRA, DJA de; SANTANA, Antonio Euzébio Goulart; RIFFEL, Alessandro. Identificação dos metabólitos orgânicos voláteis (movs) em diferentes acessos do bagcana e o seu papel na resistência a *Diatraea saccharalis*. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E PÓS-

GRADUAÇÃO DA EMBRAPA TABULEIROS. **Embrapa Tabuleiros Costeiros- Artigo em anais de congresso (ALICE)**. [S.l.], 2018.

FESSEL, Simone Aparecida; MENDONÇA, Elisabeth Aparecida Furtado de; CARVALHO, Roberto Venceslau de; VIEIRA, Roberval Daiton. Efeito do tratamento químico sobre a conservação de sementes de milho durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 25, n. 1, p. 25–28, 2003.

FIESP. Federação das Indústrias do Estado de São Paulo. **Safra Mundial de Milho 2016/17-2 levantamento do USDA**. Disponível em: http://www.fiesp.com.br/indices-pesquisas-e-publicações/safra-mundial-de-milho-2/attachment-boletim_milho_junho2016/. Acesso em: 26 jun. 2019.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal: [s.n.], 1992.

FRAZÃO, Carlos Aydano Virgínio *et al.* Resistance of maize cultivars to *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 85, p. 1–8, 2018.

GALLO, Domingos *et al.* **Entomologia agrícola**. Piracicaba: [s.n.], 2002.

GARCIA, João Carlos; MATTOSO, MJ; DUARTE, J de O; CRUZ, JC. Aspectos econômicos da produção e utilização do milho. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006, 2006.

GUEDES, N. M. P. **Comportamento em populações de *Sitophilus zeamais* resistentes a inseticidas**. 80 p. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

GUEDES, Nelsa Maria P; GUEDES, Raul Narciso C; CAMPBELL, James F; THRONE, James E. Contest behaviour of maize weevil larvae when competing within seeds. **Animal behaviour**, Elsevier, v. 79, n. 2, p. 281–289, 2010.

GUEDES, Raul NC; GUEDES, Nelsa MP; SMITH, Robert H. Larval competition within seeds: from the behaviour process to the ecological outcome in the seed beetle *Callosobruchus maculatus*. **Austral Ecology**, Wiley Online Library, v. 32, n. 6, p. 697–707, 2007.

GUEDES, RNC. Manejo integrado para a proteção de grãos armazenados contra insetos. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 15, n. 1/2, p. 3–48, 1991.

GUZZO, E.C.; ALVES, L.F.A.; ZANIN, A.; VENDRAMIN, J.D. Identificação de materiais de milho resistentes ao ataque de gorgulho *Sitophilus zeamais* (Mots., 1855) (Coleoptera: Curculionidae). **Arquivos do Instituto Biológico de São Paulo**, São Paulo, v. 69, n. 2, p. 69–73, 2002.

HADDI, Khalid *et al.* Metabolic and behavioral mechanisms of indoxacarb resistance in *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Journal of economic entomology**, Oxford University Press, v. 108, n. 1, p. 362–369, 2015.

HERRMANN, Daniela da Rocha *et al.* 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.

HONG, Ki-Jeong; LEE, Wonhoon; PARK, Young-Ju; YANG, Jeong-Oh. First confirmation of the distribution of rice weevil, *Sitophilus oryzae*, in south Korea. **Journal of Asia-Pacific Biodiversity**, Elsevier, v. 11, n. 1, p. 69–75, 2018.

MARSARO JÚNIOR, Alberto Luiz; LAZZARI, Sonia Maria Noemberg; JÚNIOR, Airton Rodrigues Pinto. Inibidores de enzimas digestivas de insetos-praga. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 4, n. 1, p. 57–61, 2006.

KISTLER, Logan *et al.* Multiproxy evidence highlights a complex evolutionary legacy of maize in South America. **Science**, American Association for the Advancement of Science, v. 362, n. 6420, p. 1309–1313, 2018.

KLJAJIC, Petar; PERIC, Ilija. Resistance of stored product insects to insecticide. **Pesticides Phytomedicine**, v. 20, p. 9–28, 2005.

KUHNEN, Shirley. **Metabolômica e bioprospecção de variedades crioulas e locais de milho (*Zea mays* L.)**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-graduação em Recursos Genéticos Vegetais, 2007.

LARA, Fernando Mesquita. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. 2. ed. Piracicaba: [s.n.], 1991. 336 p.

LAZZARI, Sonia Maria Noemberg; KARKLE, Alexandre Filipe; LAZZARI, Flavio Antonio. Resfriamento artificial para o controle de Coleoptera em arroz armazenado em silo metálico. **Revista Brasileira de entomologia**, v. 50, n. 2, p. 293–296, 2006.

LOECK, AE. **Pragas de produtos armazenados**. Pelotas: [s.n.], 2002. 113 p.

LOPES, Daniela de Carvalho; MARTINS, José Helvecio; MONTEIRO, Paulo Marcos de Barros; FILHO, Adílio Flauzino Lacerda. Efeitos de diferentes estratégias de controle no ambiente de armazenamento de grãos em regiões tropicais e subtropicais. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 57, n. 2, p. 157–167, 2010.

LORINI, I. Controle integrado de pragas de grãos armazenados. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, Passo Fundo: Embrapa, p. 52, 1998.

LORINI, I. Manual técnico para o manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados. Passo Fundo, RS, 2003, p. 81–988, 1993.

LORINI, I. Pragas de grãos de cereais armazenados. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**, Passo Fundo: Embrapa Trigo, p. 60, 1999.

LORINI, Irlneu; KRZYZANOWSKI, FC; FRANÇA-NETO, J de B; HENNING A, A. Principais pragas e métodos de controle em sementes durante o armazenamento. **Embrapa Soja-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, Informativo Abrates, v. 19, n. 1, p. 21–28, abr 2009.

MAGALHÃES, Paulo C; DURÃES FREDERICO O, M. Fisiologia da produção de milho. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006, 2006.

MARCONDES, Mariana Martins *et al.* Aspectos do melhoramento genético de milho

para produção de silagem. **Applied Research & Agrotechnology**, v. 5, n. 2, p. 173–192, 2012.

MARSARO JÚNIOR, Alberto L.; LAZZARI, Sonia M.N.; FIGUEIRA, Edson L.Z.; HIROOKA, Elisa Y. Inibidores de amilase em híbridos de milho como fator de resistência a *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Revista Neotropical Entomology**, v. 34, p. 443–450, 2005.

MARSARO JÚNIOR, Alberto Luiz *et al.* 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. 51–63, 2007.

MARSARO JÚNIOR, Alberto Luiz; LAZZARI, Sonia Maria Noemberg; JÚNIOR, Pinto. Inibidores de enzimas digestivas de insetos-praga. **Revista Acadêmica Ciência Animal**, v. 4, n. 1, p. 57–61, 2006.

MARSARO JÚNIOR, Alberto Luiz; VILARINHO, Aloísio Alcântara; PAIVA, Wellington Robinson Soares Cizino de; BARRET, Hosana Carolina dos Santos. 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.

MARTINS, Tatiane Zeniqueli; DE OLIVEIRA, Nádia Cristina. Controle de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) no milho pipoca (*Zea mays* L.) tratado com terra de diatomácea. **Campo Digita**, Campo Mourão, v. 1, n. 2, p. 79–85, 2008.

MATEUS, Antonio Edgar; AZEVEDO, Francisco Roberto De; ALVES, Antonio Carlos Leite; FEITOSA, José Valmir. Potencial da *Moringa oleífera* como inseticida no controle de adultos de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) em grãos de milho armazenados. **Acta Iguazu**, v. 6, n. 2, p. 112–122, 2017.

MEDEIROS, Westerlanya Rodrigues *et al.* Resistência de genótipos de feijão-caupi [*Vigna unguiculata* (L.) walp.] ao ataque do caruncho *Callosobruchus maculatus* (Fabr.) (Coleoptera: Chrysomelidae). **EntomoBrasilis**, v. 10, n. 1, p. 19–25, 2017.

MENDES, Simone Martins *et al.* Respostas da lagarta-do-cartucho a milho geneticamente modificado expressando a toxina cry 1a(b). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 3, p. 239–244, mar 2011.

MIGUEL, Fernando Bergantini *et al.* Adoção de milho transgênico no estado de São Paulo: resultados econômicos e riscos. **Informações Econômicas**, v. 43, n. 6, p. 5–13, 2013.

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.

MIRANDA, Glauco Vieira *et al.* Potencial de melhoramento e divergência genética de cultivares de milho-pipoca. **Pesquisa agropecuária brasileira**, SciELO Brasil, v. 38, n. 6, p. 681–688, 2003.

MWOLOLO, J K; MUGO, S; 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.

NAPOLEÃO, Thiago H *et al.* Termiticidal activity of lectins from myracrodruon urundeuva against nasutitermes corniger and its mechanisms. **International Biodeterioration & Biodegradation**, Elsevier, v. 65, n. 1, p. 52–59, 2011.

NASCIMENTO, Vânia RG; QUEIROZ, Marlene R de. Estratégias de aeração de milho armazenado: Temperatura e teor de água. **Engenharia Agrícola**, SciELO Brasil, v. 31, n. 4, p. 745–759, 2011.

NASS, Luciano Lourenço; PELLICANO, Ido José; VALOIS, Afonso Celso Candeira. Utilization of genetic resources for maize and soybean breeding in brazil. **Revista Brasileira de Genética**, v. 16, p. 983–983, 1993.

NHAMUCHO, Egas *et al.* Resistance of selected mozambican local and improved maize genotypes to maize weevil, *Sitophilus zeamais* (Motschulsky). **Journal of Stored Products Research**, Elsevier, v. 73, p. 115–124, 2017.

NOGUEIRA, Luciano. **Categorias e níveis de resistência de genótipos de milho crioulo a *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae)**. 101 p. Dissertação (Mestrado) — UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA- UNESP, 2015.

NORAMBUENA, Carolina *et al.* Insecticidal activity of *Laureliopsis philippiana* (looser) schodde (atherospermataceae) essential oil against *Sitophilus spp.* (Coleoptera: Curculionidae). **Chilean journal of agricultural research**, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, INIA, v. 76, n. 3, p. 330–336, 2016.

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

NWOSU, Luke Chinaru; ADEDIRE, Chris Olukayode; OGUNWOLU, Emmanuel Oludele. Screening for new sources of resistance to *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) infestation in stored maize genotypes. **Journal of crop Protection**, Tarbiat Modares University, v. 4, n. 3, p. 277–290, 2015.

OLIVEIRA, Carolina Natali de. **Resistência de grãos de genótipos de milho irradiados e não irradiados ao gorgulho *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Coleoptera: Curculionidae)**. Monografia (Dissertação) — Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - Unesp, Campus de Jaboticabal, 2005.

PADILHA, Aline Costa *et al.* 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, 2013.

PAES, Maria Cristina Dias. Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho. **Embrapa Milho e Sorgo-Circular Técnica (INFOTECA-E)**, Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006, 2006.

- PATINO, Marco TO; MACHADO, Marina F; NASCIMENTO, Geraldo T do; ALCANTARA, Milla R de. Analysis and forecast of the storage needs of soybeans in Brazil. **Engenharia Agrícola**, SciELO Brasil, v. 33, n. 4, p. 834–843, 2013.
- PESKE, SilmarTeichert; VILLELA, FA; MENEGHELLO, GE. **Sementes: fundamentos científicos e tecnológicos**. Editora Universitária/UFPel, Pelotas. [S.l.: s.n.], 2012.
- PICANÇO, M. C. **Manejo Integrado de Pragas Agrícolas**. Viçosa: [s.n.], 2010.
- PINTO, Uelinton Manoel; FARONI, Lêda Rita D'Antonino; ALVES, Wederson Marcos; SILVA, Arienilmar Araújo Lopes da. Influência da densidade populacional de *Sitophilus zeamais* (Motsch.) sobre a qualidade do trigo destinado à panificação. **Acta Scientiarum**, v. 24, p. 1407–1412, 2002.
- POTRICH, Michele *et al.* **Associação de variedades resistentes de milho e fungos entomopatogênicos para o controle de *Sitophilus spp.*** Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2006.
- PUZZI, D. **Abastecimento e armazenagem de grãos**. 2. ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2000.
- PROCÓPIO, Thamara Figueiredo. Interferência do extrato aquoso de folhas de *Tradescantia spathacea* na fisiologia nutricional do gorgulho do milho, *Sitophilus zeamais*. **Revista Arrudea-A revista do Jardim Botânico do Recife**, v. 1, n. 1, p. 23–27, 2015.
- QUIRINO, José Ronaldo *et al.* Resfriamento artificial na conservação da qualidade comercial de grãos de milho armazenados. **Bragantia**, v. 72, n. 4, p. 378–386, 2013.
- QUIST, David; CHAPELA, Ignacio H. Transgenic dna introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico. **Nature**, Nature Publishing Group, v. 414, n. 6863, p. 541–543, 2001.
- RASCHEN, Matheus Rafael *et al.* Determinação do teor de umidade em grãos empregando radiação micro-ondas. **Ciência Rural**, v. 44, n. 5, p. 925–930, 2014.
- REZENDE, A. C. **Metodologias de controle de pragas em grãos e produtos armazenados Biológico**. São Paulo: [s.n.], 2008. v. 70. 101-103 p.
- RIBEIRO, Ana Raquel *et al.* Correlação de caracteres de uma população crioula de milho para sistema tradicional de cultivo. **Revista caatinga**, v. 21, n. 4, p. 183–190, 2008.
- ROSSETTO, Carlos Jorge. O complexo de *Sitophilus spp* (Coleoptera:Curculionidae) no estado de são paulo. **Bragantia**, v. 28, n. ÚNICO, p. 127–148, 1969.
- RUGUMAMU, CP. Influence of simultaneous infestations of *Prostephanus truncatus* and *Sitophilus zeamais* on the reproductive performance and maize damage. **Tanzania Journal of Science**, v. 31, n. 1, p. 65–72, 2005.
- SANDIM, Mayara Sousa; KAWAHARA, Eluise Sousa; HEINZMANN, Lígia Maria.

Análise das exportações de milho em grão do estado de Mato Grosso no período de 2001 a 2010. **Revista Ciências Sociais em Perspectiva**, v. 10, n. 19, 2011.

SANTOS, J. P. Recomendações para o controle de pragas de grãos e de sementes armazenadas. In: Simpósio sobre fatores que afetam a produtividade do milho e do sorgo. In: CULTURA DO MILHO: FATORES QUE AFETAM A PRODUTIVIDADE, 1990, Vitória, ES. **Anais [...]**. Piracicaba: POTAFOS, 1993. p. 197–248.

SANTOS, J.P. **Controle de Pragas Durante o Armazenamento do Milho**. Sete Lagoas, 2006. 20 p. Circular técnica 84.

SCOPEL, Wanessa; SCOPEL, Eduardo Luiz; BOTTEON, Victor Wilson; ROZA-GOMES, Margarida Flores. Bioatividade de macerados de *Anthemis* sp., *Coriandrum sativum* e *Piper nigrum* contra *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Evidencia**, v. 18, n. 1, p. 95–109, 2018.

SHARMA, RK; BAJRACHARYA, ASR. Measuring susceptibility in maize varieties in free and no choice tests against *Sitophilus oryzae* (L.) and *Rhyzopertha dominica* (f.). **Annals of Plant Protection Sciences**, v. 14, n. 2, p. 357–363, 2006.

SILVA, Arienilmar AL da *et al.* 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.

SILVA, Emanuel Dias *et al.* Detecção de transgenes em variedades crioulas e comerciais de milho no território da Borborema, Paraíba. **Cadernos de Agroecologia**, v. 13, n. 1, 2018.

SILVA, J. S.; CAMPOS, M. G; SILVEIRA, S. F. R. Armazenagem e comercialização de grãos no Brasil. In: **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: [s.n.], 2008. p. 1–19.

SILVA, Luciana Barboza *et al.* Comportamento do gorgulho-do-milho frente às doses de permetrina. **Comunicata Scientiae**, v. 4, n. 1, p. 26–34, 2013.

SIMONETTI, Ana Paula Morais Mourão. **Uso de crambe no controle de *Sitophilus zeamais* Mots. Em milho armazenado**. Dissertação (Mestrado) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Estadual do Oeste, (UNIOEST) Câmpus de Cascavel, 2016.

SMITH, C.M. **Plant resistance to arthropods: molecular and conventional approaches**. Dordrecht: [s.n.]. 423 p.

SOUSA, Jessica Gonçalves. **Resistência por antibiose de genótipos de milho ao ataque do gorgulho-do-milho**. 1–31 p. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) — Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2016.

STEFANELLO, Raquel *et al.* Physiological and sanitary qualities of maize landrace seeds stored under two conditions. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 39, n. 4, p. 339–347, 2015.

SULEIMAN, Rashid *et al.* Is flint corn naturally resistant to *Sitophilus zeamais* infestation? **Journal of Stored Products Research**, v. 60, p. 19–24, 2015.

TAVARES, Márcio A G C; VENDRAMIM, José D. Bioatividade da erva-de-santa-maria, *Chenopodium ambrosioides* L., sobre *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). **Neotropical Entomology**, v. 34, n. 2, p. 319–323, 2005.

TAVARES, Márcio Aurélio Garcia Correia. **Bioatividade da erva-de-santa-maria, *Chenopodium ambrosioides* L. (Chenopodiaceae), em relação a *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Col. Curculionidae)**. 59 p. Dissertação (Mestrado) — ESALQ, Piracicaba, 2002.

TEIXEIRA, Flávia França; SOUZA, Breno Oliveira de; ANDRADE, Ramiro Vilela de; PADILHA, Lilian. **Boas práticas na manutenção de germoplasma e variedades crioulas de milho**. [S.l.], 2005. 8 p.

THRONE, James E; EUBANKS, Mary W. Resistance of tripsacorn-introgressed maize lines to *Sitophilus zeamais*. **Journal of Stored Products Research**, v. 64, p. 62–64, 2015.

TIMÓTEO, Tathiana Silva; MARCOS FILHO, Julio. Seed performance of different corn genotypes during storage. **Journal of Seed Science**, v. 35, n. 2, p. 207–215, 2013.

TOSCANO, Luciana C; BOIÇA JR, Arlindo L; LARA, Fernando M; WAQUIL, José 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.

TRAVAGLIA, Diana Paris. **Crescimento de *Aspergillus flavus* e produção de aflatoxinas em grãos de milho armazenados sob diferentes temperaturas**. 64 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) — Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2011.

VALOIS, Afonso Celso Candeira. Possibilidades de uso de genótipos modificados e seus benefícios. **Área de Informação da Sede-Texto para Discussão (ALICE)**, Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa-Secretaria de Gestão e . . . , 2003.

VASQUEZ CASTRO, Javier Alberto. **Resíduos de fenitroton e esfenvarelato em grãos de milho e trigo, em alguns de seus produtos processados e sua ação residual sobre *Sitophilus oryzae* (L., 1763), *Sitophilus zeamais* Motsch, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) e *Rizopherta dominica* (Fabr., 1792) (Coleoptera: Bostrichidae)**. 214 p. Tese (Doutorado em Entomologia) — ESALQ – USP, Piracicaba, 2006.

VI, Thi Xuan Thuy *et al.* Expression of the zmdef1 gene and α -amylase inhibitory activity of recombinant defensin against maize weevils. **Turkish Journal of Biology**, v. 41, n. 1, p. 98–104, 2017.

VIEBRANTZ, Priscila C; RADUNZ, Lauri L; DIONELLO, Rafael G. Mortality of insects and quality of maize grains in hermetic and non-hermetic storage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 20, n. 5, p. 487–492, 2016.

VOGT, GA; BALBINOT JÚNIOR A, A. Estratégias de conservação de sementes de

variedades locais ("crioulas") de milho e feijão em Santa Catarina. **Embrapa Soja- Artigo em periódico indexado (ALICE)**, v. 24, n. 3, p. 51–54, 2011.

WAQUIL, José M; VILLELA, Francys M Ferreira; FOSTER, John E. Resistência do milho (*Zea mays* L.) transgênico (bt) à lagarta-do-cartucho, *Spodoptera frugiperda* (smith) (Lepidoptera: Noctuidae). **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 1, n. 03, 2002.

