

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
CÂMPUS POSSE
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM PRODUÇÃO DE GRÃOS

**INCIDÊNCIA DO GORGULHO (*Sitophilus zeamais*) EM GRÃOS DE MILHO SOB
CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO EM SILO VERTICAL**

THAIS VIEIRA DA COSTA

Posse-Goiás-Brasil
dezembro-2018

THAIS VIEIRA DA COSTA

**INCIDÊNCIA DO GORGULHO (*Sitophilus zeamais*) EM GRÃOS DE MILHO SOB
CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO EM SILO VERTICAL**

Trabalho de Curso, apresentado à Universidade Estadual de Goiás (UEG), Câmpus Posse-GO, como parte das exigências para obtenção do título de Tecnóloga em Produção de Grãos.

Orientadora:

Prof^a Dra. Olívia Oliveira dos Santos

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UEG
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

V837 i VIEIRA DA COSTA, THAIS
INCIDÊNCIA DO GORGULHO (*Sitophilus zeamais*) EM GRÃOS DE
MILHO SOB CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO EM SILO VERTICAL
/ THAIS VIEIRA DA COSTA; orientador Olívia Oliveira dos Santos. --
Posse, 2018.
72 p.

Graduação - Curso Superior de Tecnologia em Produção de Grãos --
Câmpus-Posse, Universidade Estadual de Goiás, 2018.

1. Armazenamento de grãos de milho. 2. *Sitophilus zeamais*. 3.
Severidade do ataque do gorgulho. 4. Estratégias de controle. I.
Oliveira dos Santos, Olívia, orient. II. Título.

Permitida a reprodução total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O
autor.

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
CURSO SUPERIOR EM TECNOLOGIA DE PRODUÇÃO DE GRÃOS

ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CURSO

Aos 27 dias de novembro do ano de 2018, às 18:30 horas, nas dependências da Universidade Estadual de Goiás - Câmpus Posse, a(o) acadêmico(a) Tina Viana da Costa do Curso Superior em Tecnologia de Produção de Grãos, sob a orientação do professor (a) Dra. Olina Olina da Costa realizou a apresentação pública do Trabalho de Curso intitulado: Incidência de Geógrafos (Geógrafos, zomas) em sala de aula sob condições em movimento em sala de aula e foi assim avaliado:

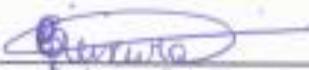
Orientador(a) Dra. Olina Olina da Costa
Nota 9,0+0,5

Avaliador(a) 1 Ala Zini
Nota 9,0

Avaliador(a) 2 Gláucia Jansen Figueiredo
Nota 9,0

Aprovado (a) com média 9,5

Reprovado (a) com média _____


Professora Dra. Gisele Carneiro da Silva Teixeira
Coordenadora de Trabalho de Curso

AGRADECIMENTOS

Em meio à finalização deste trabalho, expresso meus sinceros agradecimentos aqueles que contribuíram para essa realização:

Agradeço primeiramente a Deus por ter me guiado ao longo do período de estudo, me proporcionando serenidade para enfrentar os obstáculos, de modo a superar os desafios.

A minha orientadora, prof. Olívia Oliveira dos Santos, pela atenção, pela dedicação em atender e esclarecer minhas dúvidas, pela paciência no decorrer da orientação e pelas contribuições e correções que foram de fundamental importância para a realização desta monografia.

A professora Gláucia Garcia Figueiró, pelas sugestões significativas sobre o assunto, de modo a enriquecer este trabalho.

Aos docentes do Curso Superior de Tecnologia em Produção de Grãos, pela contribuição com seus conhecimentos.

A Universidade Estadual de Goiás por intermédio do Campus Posse, pela oportunidade de realizar este curso.

A minha família, pelo constante apoio e incentivo ao longo dessa jornada, me dando forças para conquistar esta meta.

A Ludimila Jesus, pelo companheirismo, apoio e ajuda ao decorrer de todas as etapas do curso.

A Eduardo Pereira, pelo incentivo e auxílio durante a elaboração deste trabalho.

A todos que diretamente ou indiretamente, colaboraram com a realização deste trabalho.

Nossas dúvidas são traidoras e nos fazem perder o que, com frequência, poderíamos ganhar, por simples medo de arriscar.
WILLIAM SHAKESPEARE

SUMÁRIO

RESUMO.....	7
ABSTRACT	8
1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	12
2.1 A CULTURA DO MILHO (<i>Zea mays</i>)	12
2.1.1 Épocas de plantio.....	16
2.2 CONTEXTO ATUAL DO ARMAZENAMENTO DE GRÃOS NO BRASIL.....	19
2.3 ASPECTOS GERAIS DO GORGULHO (<i>Sitophilus zeamais</i>).....	25
2.3.1 Fatores que influenciam na incidência do gorgulho-do-milho	28
2.3.2 Severidade do ataque e suas perdas ocasionadas.....	31
2.4 ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DO GORGULHO-DO-MILHO	37
2.4.1 Inseticidas sintéticos	39
2.4.2 Uso do pó inerte terra de diatomácea	44
2.4.3 Plantas com propriedades inseticidas e repelentes	48
2.4.4 Controle biológico.....	55
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
4 REFERÊNCIAS.....	62

RESUMO

COSTA, Thais Vieira da¹; SANTOS, Olívia Oliveira dos². **INCIDÊNCIA DO GORGULHO (*Sitophilus zeamais*) EM GRÃOS DE MILHO SOB CONDIÇÕES DE ARMAZENAMENTO EM SILO VERTICAL.** Universidade Estadual de Goiás, Curso Superior de Tecnologia em Produção de Grãos, Posse, Goiás, Brasil, 2018. 72p.

O milho, *Zea mays* L., é uma das culturas mais significativas na economia mundial, na qual diante o cenário do agronegócio brasileiro, o país ocupa o terceiro lugar no ranking de maiores produtores mundiais do cereal. Sendo uma das principais pragas de grãos de milho armazenados, o *Sitophilus zeamais* é conhecido popularmente como gorgulho-do-milho e é considerada uma praga primária interna, acometendo grãos inteiros e sadios. Estes, por sua vez ocasionam danos considerados definitivos e irreparáveis aos grãos armazenados, tais como a perda de peso, perda do valor nutritivo, redução do padrão comercial e a redução na qualidade por contaminação da massa. O uso de inseticidas sintéticos é caracterizado como o controle tradicional, empregado predominantemente nas unidades armazenadoras para reprimir a infestação desses insetos. Entretanto, no momento atual há uma busca por outros métodos de manejo destas pragas, visando atender a constante necessidade de alimentos com melhor qualidade, de modo a apresentarem menores riscos à saúde humana e ao meio ambiente. Assim, a elaboração deste trabalho tem como objetivo apresentar uma revisão crítica sobre o inseto-praga de grãos armazenados, *S. zeamais*, e os principais métodos de controle.

Palavras-chave: danos; gorgulho-do-milho; infestação; manejo.

¹ Discente do curso de tecnologia em produção de grãos, UEG-Posse.

² Orientadora: Prof^a Dra. Olívia Oliveira dos Santos.

ABSTRACT

COSTA, Thais Vieira da¹; SANTOS, Olívia Oliveira dos². **INCIDENCE OF WEEVIL (*Sitophilus zeamais*) ON CORN GRAINS UNDER VERTICAL SILO STORAGE CONDITIONS.** State University of Goiás, Superior Course of Technology in Grain Production, Posse, Goiás, Brasil, 2018. 72p.

Corn, *Zea mays* L., is one of the most significant crops in the world economy, in which, in the face of the Brazilian agribusiness scenario, the country ranks third in the ranking of the world's largest cereal producers. Being one of the main corn grain pests stored, *Sitophilus zeamais* is popularly known as corn weevil and is considered an internal primary pest, affecting whole and healthy grains. These, in turn, cause damage considered to be definitive and irreparable to stored grains, such as weight loss, loss of nutritive value, reduction of the commercial standard and reduction in quality due to contamination of the mass. The use of synthetic insecticides is characterized as the traditional control, used predominantly in the storage units to repress the infestation of these insects. However, at the present time there is a search for other methods of pest management, aiming to meet the constant need for better quality food, in order to present lower risks to human health and the environment. Thus, the elaboration of this work aims to present a critical review on the insect-pest of stored grains, *S. zeamais*, and the main control methods.

Key words: damages; corn weevil; infestation; management.

¹ Discente of the Superior Course of Technology of Grain Production, UEG-Posse.

² Advisor: Prof^a Dra. Olívia Oliveira dos Santos.

1 INTRODUÇÃO

Datada de uma domesticação significativa, a cultura do milho é caracterizada por uma elevada expressão econômica e social, sendo utilizada como fonte de energia na alimentação humana e animal, bem como matéria prima para a indústria. Sendo um cereal de ampla adaptação, o milho pode ser cultivado em climas tropicais, subtropicais e temperado, podendo integrar sistemas de rotação, consorciação e sucessão de culturas (CRUZ et al., 2006).

O Brasil é caracterizado como um dos maiores países produtores e exportadores de milho, em atenção a fatores como a grande extensão de terras cultiváveis; o sistema de se obter mais de uma safra por ano; ao investimento proporcionado a práticas intensivas, como por exemplo, o uso de fertilizantes, defensivos e tratamento de sementes; assim como também em efeito ao crescimento da área plantada de soja, visto que subsequente é cultivado o milho. No âmbito nacional, o milho decorreu de uma safra recorde de 97,71 milhões de toneladas (CONAB, 2017). Sendo o terceiro maior produtor mundial de milho, o Brasil só é precedido por Estados Unidos, com uma produção total de 384,778 milhões de toneladas, e pela China, com 219,554 milhões de toneladas produzidas (USDA, 2017).

Diante deste cenário expressivo da cadeia produtiva brasileira, despontou-se a preocupação com o armazenamento dos produtos, visto que os investimentos no setor de armazenagem são destacados como inexpressíveis ao passo do desenvolvimento do campo, assim decorrendo de inadequada estrutura armazenadora, de modo a apresentar uma despropositada distribuição da capacidade estática. Apresentando uma capacidade estática de pouco mais que 162 milhões de toneladas, as unidades armazenadoras no Brasil não estão satisfatoriamente alinhadas com a produção agrícola, que apresentou na safra de 2016/2017 cerca de 238,78 milhões de toneladas de grãos, chegando a um déficit de armazenagem em torno de 76 milhões de toneladas (CONAB, 2017).

Outro aspecto evidenciado como entrave da produção brasileira é o ataque de insetos-praga. Entre as principais pragas de grãos armazenados, destaca-se o *Sitophilus zeamais*, Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae), vulgarmente conhecido como gorgulho do milho, que se caracteriza como praga primária, acometendo grãos inteiros e sadios, sendo o seu controle de fundamental importância econômica, já que é considerado como um dos responsáveis

significativos na deterioração de grãos e sementes de milho armazenados. As perdas de produtos armazenados podem atingir até 30% em alguns casos, das quais 10% são causadas diretamente pelo ataque de pragas durante o armazenamento (SCHÖLLER et al., 1997).

O emprego dos inseticidas sintéticos de forma desordenada tem ocasionado fatores negativos como a presença de resíduos tóxicos nos grãos e o surgimento de populações de insetos resistentes. De forma a minimizar esses problemas, tem se buscado novos métodos de menor impacto, bem como menos agravoso para o controle dessa praga. Dentre os métodos, o uso de pó inerte terra de diatomácea (sedimentos de carapaças de algas diatomáceas fossilizadas) já é utilizado no Brasil, através das formulações comerciais (Keepdry e Insecto), estando registrados em uso ao controle de pragas de armazenamento, configurando como um controle interessante, visto que propicia efeitos como mortalidade e repelência sobre o *Sitophilus zeamais* (AGROFIT, 2010).

Em estudo a outros métodos de controle, o uso de inseticidas botânicos detém de perspectivas promissoras diante o controle de pragas em grãos armazenados, visto que o desenvolvimento de inseticidas botânicos tem-se demonstrado eficientes diante o controle de variadas espécies de insetos-praga. Dentre as espécies já estudadas e que proporcionaram eficiência de seus extratos para uso inseticida, destacam-se a mostarda (*Brassica rapa* - Brassicaceae), pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* - Solanaceae), eucalipto (*Eucalyptus sp.* - Myrtaceae), erva-de-santa-maria (*Chenopodium ambrosioides* - Amaranthaceae), nim (*Azadiractha indica* - Meliaceae) e pimenta-do-reino (*Piper nigrum* - Piperaceae) (CABRAL, 2011).

Novas pesquisas também têm sido desenvolvidas em uso de agentes de controle biológico em âmbito de armazenamento, com destaque para os fungos entomopatogênicos *Beauveria bassiana* (Cordycipitaceae) e *Metarhizium anisopliae* (Clavicipitaceae), na qual discorrem de um amplo espectro, visto que podem infectar os diferentes ciclos evolutivos dos insetos, desde o ovo até a fase adulta, e para o ectoparasitóide *Theocolax elegans* (Pteromalidae), que parasita larvas e pupas de *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae), *Sitophilus* spp. (Coleoptera: Curculionidae), *Stegobium paniceum* (Coleoptera: Anobiidae), *Callosobruchus* spp. (Coleoptera: Bruchidae), *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae) (SOARES et al., 2009).

Tendo em vista a importância econômica do *Sitophilus zeamais* em grãos de milho armazenados, assim como a indispensabilidade de empregar métodos de controle alternativos aos inseticidas sintéticos, objetiva-se com este trabalho apresentar uma revisão crítica sobre o inseto-praga de grãos armazenados, *S. zeamais*, e os principais métodos de controle.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A CULTURA DO MILHO (*Zea mays*)

O milho é originário das Américas, mais especificamente de uma região assimilada atualmente pelo sul do México e norte da Guatemala. Tendo sido uma cultura que se decorreu do processo de domesticação, descende do ancestral Teosinto, na qual era caracterizado pelos povos Maias como “alimento dos deuses” (SOUZA e PIRES, 2013). Conforme o CIB - Conselho de Informações sobre Biotecnologia (2006), a mais antiga espiga de milho foi encontrada no vale do Tehucan, na região onde hoje se localiza o México, datada de 7.000 a.C.

Espécies provenientes do processo de domesticação demonstram várias modificações morfológicas se relacionadas com os seus ancestrais silvestres, na qual tais mudanças são caracterizadas como “Síndrome de domesticação”. Diante de determinadas circunstâncias as mudanças foram tão demasiadas pertinentes aos seus ancestrais silvestres, de modo que as espécies extinguiram a habilidade de sobrevivência sem a intervenção do homem (CARVALHO et al., 2014). Conforme CIB (2006) através da seleção visual no campo, o homem promoveu uma crescente domesticação do milho no decorrer do tempo, levando em conta características como produtividade, resistência a doenças, capacidade de adaptação, dentre outras, resultando assim nas variedades atualmente conhecidas.

O teosinto (*Zea mays* subsp. *mexicana*) é cultivado como forrageira, sendo uma espécie anual e que detém desempenho de crescimento cespitoso. Possui colmos cilíndricos, eretos, muitos nós cobertos pelas bainhas das folhas. As bainhas são subcomprimidas, estriadas e glabras. As folhas são longas, largas, glabras, de ápice agudo, com cerca de 0,70-0,90 m de comprimento e até 0,08 m de largura (ARAÚJO, 1972 citado por MATTOS, 2003). É caracterizada como uma planta de dias curtos (PDC), habituada a regiões tropicais úmidas, e tendo como exigência um solo fértil para que haja um desenvolvimento acentuado. Tolerância temporariamente inundações, além de umidade excessiva no solo, contudo, não se desenvolve em áreas submersas a períodos longos. Além disso, apresenta a característica de rebrote após corte, sendo uma subespécie utilizada na alimentação animal principalmente como forragem de corte, em aspecto verde picado, entretanto também tendo utilidade em forma de silagem ou feno (BOGDAN, 1977).

Segundo FONTANELI et al., (2009) de modo a não afetar o rebrote, as plantas devem ser pastejadas ou cortadas com 60 a 80 cm de altura,

compreendendo uma resteva de 10 a 15 cm, assim promovendo três cortes no ano, entre novembro a maio.

Ainda que o teosinto seja considerado em várias literaturas o ancestral silvestre do milho, houve outras inferências em relação à origem da cultura, porém as mesmas não apresentaram indícios satisfatoriamente conclusivos. Diante muitas controvérsias do gênero *Zea*, a ausência de uma estrutura reprodutiva feminina como a “espiga” em qualquer outra espécie conhecida, confere dificuldade na taxonomia do milho, assim como a identificação de seus parentes próximos (TERRA, 2009).

Diante as evidências distintas entre eles, é perceptível que a arquitetura das plantas é distinguida como uma das características de maior contraste, assim destacada na (Figura 1). No teosinto são visíveis traços característicos, como um demasiado perfilhamento que ocasionam touceiras densas; além de colmos consistentes, apresentando vários nós (BOGDAN, 1977). De acordo com TERRA (2009) o teosinto possui ramificações laterais na qual dispõe de pequenas espigas secundárias e inflorescências laterais primárias masculinas ou estaminadas, sendo que em uma ramificação contém espigas com quatro ou cinco cúpulas, apresentando glumas endurecidas. O mesmo autor ressalta que aferindo-se a cultura do milho, o colmo é ereto.

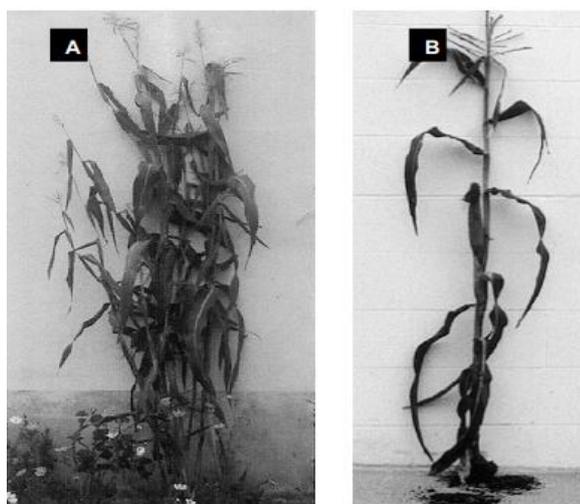


Figura 1. Morfologia das plantas de teosinto e de milho. A) (*Zea mays* subsp. *mexicana*) e B) (*Zea mays* subsp. *mays*).

Fonte: Terra, 2009.

Além disso, as espigas possuem variadas cúpulas, que se mantêm íntegras em estágio de maturidade da planta, e dispõe de glumas leves. De acordo com CARVALHO et al., (2014), a espiga tornou-se mais compacta, sendo os grãos dispostos de forma organizada e mais aderidos ao sabugo. Essas características distintas no decorrer da inflorescência feminina evidenciada na (Figura 2), são atribuídas a gene que foram proporcionadas através de etapas de seleção humana.

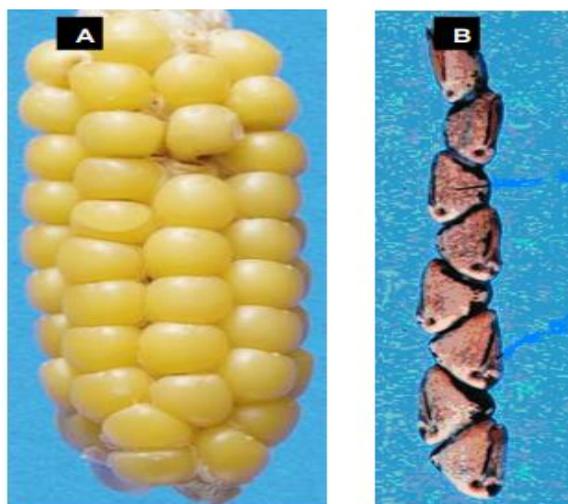


Figura 2. Morfologia das inflorescências femininas. A) de milho e B) de teosinto.
Fonte: Terra, 2009.

Decorrente do processo de domesticação ao qual o teosinto foi exposto, o milho assim explanou menor perfilhamento, em efeito de ter privilegiado a dominância apical, resultando em diminuição na quantidade de ramificações laterais e induzindo ao colmo principal a energia total da planta. Entre um dos atributos que essas modificações proporcionaram, está a de uma maior quantidade de plantas por área, além do êxito em uso da colheita mecanizada (DOEBLEY et al., 1997).

Pertencente à ordem Gramineae, família Poaceae, gênero *Zea* e espécie *Zea mays* L., o milho é discernido como uma das culturas mais expressivas no cenário da produção agropecuária. BARGHINI (2004) denota que diante as características fundamentais da cultura, estão a de que “o milho é uma gramínea anual, monóica, alógama, que segue o caminho fotossintético C4, desenvolve grandes folhas alternadas e pode atingir, dependendo da raça, de 50 a 500 cm de altura”.

É um cereal cultivado em variados locais do mundo, na qual conforme BARROS e CALADO (2014), a sua grande adaptabilidade, é representada por variados genótipos, permitindo o seu cultivo desde, o Equador até ao limite das

terras temperadas e desde o nível do mar até altitudes superiores a 3600 metros, encontrando-se, assim, em climas tropicais, subtropicais e temperados.

Dispõe de versatilidade, dado que se integra em sistemas como rotação, consorciação e sucessão de culturas, sob condição de interação diante o manejo e as condições edafoclimáticas. Portando de exigências, a planta do milho tem o seu processo metabólico beneficiado diante temperaturas mais elevadas, assim caracterizadas como ideal para seu desenvolvimento, entre 24° e 30°C (CRUZ et al., 2006). Conforme a EMBRAPA (2010), nos momentos em que a temperatura é mais elevada, o processo metabólico é mais acelerado e nos períodos mais frios o metabolismo tende a diminuir. Essa oscilação metabólica ocorre dentro dos limites extremos tolerados pela planta de milho, compreendidos entre 10°C e 30°C.

Tratando-se de uma cultura que apresenta uma elevada necessidade hídrica, a planta demanda durante seu ciclo de uma disponibilidade de água em torno de 600 mm, almejando um melhor potencial produtivo. Em conjuntura de déficit hídrico na cultura do milho, danos são ocasionados ao longo do ciclo fenológico, sendo que as maiores exigências de água sucedem-se nas fases de emergência, florescimento e formação dos grãos (BARROS e CALADO, 2014).

Em relação ao solo, AGRAER (2015) destaca que características físicas como textura média discorrendo de um teor de argila dentre 30 - 35%, constituídos de adequada estrutura que proporcione a planta uma boa capacidade de contenção em água e nutrientes, são predicados de um solo ideal para cultivo da cultura do milho.

O milho (*Zea mays*) é caracterizado como uma cultura significativamente relevante na economia mundial, em razão das várias formas de utilização. Em face do cenário do agronegócio brasileiro, a cadeia produtiva do milho é tida como uma das mais importantes, dispondo do seu consumo maior direcionado à alimentação animal e voltando-se o restante para a indústria, com intuito de diversos fins (BEZERRA et al., 2008). De acordo com PAES (2006), cerca de 70% da produção mundial de milho é destinada à alimentação animal, podendo este percentual chegar a 85%, em países desenvolvidos; todavia, apenas 15% de toda a produção mundial destina-se ao consumo humano, de forma direta ou indireta.

Conforme MENEGALDO (2018), além de seu alto prestígio no agronegócio, o milho também é uma das culturas mais cultivadas pela agricultura familiar brasileira, tanto para a subsistência quanto para a venda local. Englobando fatores como a grande extensão de terras cultiváveis; o sistema de se obter mais de uma safra por

ano; ao investimento proporcionado a práticas intensivas, como por exemplo, o uso de fertilizantes, defensivos e tratamento de sementes; assim como também em efeito ao crescimento da área plantada de soja, visto que subsequente é cultivado o milho, o Brasil é configurado como um dos maiores países produtores, tal como exportadores da cultura (MACHADO, 2016).

Tendo em conta o ranking dos maiores produtores mundiais de milho, o Brasil ocupa a terceira posição, estando precedido somente por Estados Unidos e China (IMEA, 2015). Conforme USDA (2017), na safra 2016/2017, os Estados Unidos liderou a produção mundial de milho atingindo um total de 384,778 milhões de toneladas, acompanhado pela China, com 219,554 milhões de toneladas, diante uma produção total mundial de 1,075,550 bilhões de toneladas.

Segundo a CONAB (2017) o Mato Grosso foi maior produtor nacional de milho, correspondendo, a uma participação de 29,5 % da produção total brasileira, que alcançou uma safra recorde de 97,712 milhões de toneladas (Tabela 1), proporcionada pelas boas condições climáticas nas principais regiões, de modo a dispor de um incremento percentual de 46,9% em relação à safra 2015/2016. Cabe ressaltar a importância do estado de Goiás, sendo o quarto maior produtor nacional da cultura, de modo a abranger uma participação de 9,9% da produção total do país.

Tabela 1. Regiões brasileiras produtoras de milho safra 2016/17

Estado	Produção (mil t)	Participação %
Mato Grosso	28867,0	29,5
Paraná	17837,8	18,3
Mato Grosso do Sul	9870,6	10,1
Goiás	9644,2	9,9
Minas Gerais	7520,9	7,7
Rio Grande do Sul	6036,8	6,2
São Paulo	4883,3	5,0
Santa Catarina	3263,2	3,3
Bahia	1983,7	2,0
Demais Estados	7804,5	8,0
Produção Total	97712,0	100,0

Fonte: CONAB, 2017.

2.1.1 Épocas de plantio

No Brasil, o cultivo do milho é caracterizado em duas épocas de plantio, dentre o mesmo ano agrícola: plantio de verão (primeira safra) e safrinha (segunda

saфра). Aferindo-se o plantio de verão, detém dessa denominação devido dispor de um período pré-fixado, sendo realizada no espaço de períodos chuvosos (VORPAGEL, 2010). De acordo com o IBGE (2008), vai de fins de agosto, na região Sul, até os meses de outubro/novembro, no Sudeste e Centro-Oeste (no Nordeste, esse período ocorre no início do ano). A safrinha é caracterizada pelo plantio de milho de sequeiro em período discernido por condições climáticas menos favoráveis, e logo após a cultura de verão, assim não possuindo um período determinado para plantio, em razão de estar submetido à época de semeadura e o ciclo da cultura antecessora.

DUARTE (2015) enfatiza que diante o intuito de liberar a área o mais cedo possível, o planejamento do milho inicia com a cultura de verão, tendo em mente a concepção de quanto mais tarde for o plantio, menor será o potencial da mesma, tal como maior será o risco de perdas por conta das adversidades climáticas. Segundo o IBGE (2008), ainda que a safrinha disponha de condição menos favorável de clima, são adotados sistemas de produção que progressivamente vão se adequando em relação a essas condições, assim proporcionando em melhorar a produtividade dessa época.

Nos últimos anos, a cultura do milho tem se deparado acentuadamente na incidência e severidade de doenças. No Brasil, atualmente, são muitas as doenças já registradas na cultura do milho. Destacam-se a mancha-branca (*Pantoea ananatis*); as ferrugens causadas por *Puccinia sorghi* (ferrugem-comum), *Puccinia polysora* (ferrugem-polissora) e *Phyzopella zea* (ferrugem-branca ou tropical); a queimade-turcicum (*Exserohilum turcicum*); a cercosporiose (*Cercospora zeaemaydis* e *Cercospora sorghi* f. sp. *maydis*); a mancha foliar por *Stenocarpella macrospora* (*Diplodia macrospora*); a antracnose-foliar (*Colletotrichum graminicola*); o enfezamento-pálido e o enfezamento-vermelho, entre outras (PINTO et al., 2006).

Outro fator que interfere significativamente no rendimento da produtividade são os insetos-pragas, no qual ocasionam danos desde a fase inicial de plantio, reduzindo a densidade populacional de plantas, danificam de modo direto e indireto na fase vegetativa e reprodutiva, além de provocarem deterioração em grãos sob condições de armazenamento. Por efeito da prática do cultivo do milho safrinha, sucedem a sobrevivência de pragas no campo através da disponibilidade de alimentos, diante períodos mais amplos (VALICENTE, 2015).

Pertinente aos insetos-pragas, podem ser agrupados de acordo com o órgão da planta pela qual atacam, sendo caracterizados em quatro principais grupos. O primeiro grupo é relacionado às pragas de solo, em que se alimentam das sementes após fase da semeadura, sobretudo, das raízes das plantas. O segundo compreende as pragas iniciais que se sucedem posteriormente a germinação e residem na superfície do solo. Compõe-se o outro grupo pragas da parte aérea, na qual consomem as folhas e perfuram o colmo. Em desfecho, há o grupo das pragas que atacam as espigas, na qual a princípio se alimentam dos cabelos novos ou estigmas, e logo após acometem os grãos leitosos. Posto que no campo, a cultura do milho está sujeita ao ataque de variadas pragas que podem comprometer a produtividade, são destacáveis em contexto de maior impacto a larva-alfinete (*Diabrotica speciosa*), lagarta elasmopalpus (*Elasmopalpus lignosellus*), lagarta rosca (*Agrotis ipsilon*), cigarrinha-do-milho (*Daubulus maidis*), percevejo-barriga-verde (*Dichelops furcatus*), lagarta-do-cartucho (*Spodoptera frugiperda*) e a lagarta-da-espiga (*Helicoverpa zea*) (CRUZ, 2007).

Em condições de armazenamento, são vários os insetos que danificam os grãos de milho, assim ocasionando diferentes perdas, como perda de peso, redução valor nutritivo, redução da qualidade e diminuição do valor comercial. Responsáveis por significativas perdas quantitativas e qualitativas, o gorgulho ou caruncho (*Sitophilus zeamais*) e a traça-dos-cereais (*Sitotroga cerearella*) são caracterizadas como principais pragas do setor de armazenagem. Contudo, além de insetos, os grãos também ficam subordinados ao ataque de ácaros, microrganismos, roedores e pássaros (PIMENTEL et al., 2011).

2.2 CONTEXTO ATUAL DO ARMAZENAMENTO DE GRÃOS NO BRASIL

A produção brasileira de grãos vem se destacando a cada ano, com safras recordes que tende a continuar, em decorrência do avanço de novas tecnologias e técnicas investidas no campo. Conforme a CONAB (2017), a produção brasileira de grãos atingiu 238,78 milhões de toneladas de grãos, aumento de 28%.

Sendo o grão de maior expressividade na cadeia produtiva brasileira, a soja obteve recorde em relação à safra 2015/16, por efeito do crescimento da produtividade da oleaginosa. De acordo com a CONAB (2017), a soja alcançou 114 milhões de toneladas e o milho 97,71 milhões de toneladas, distribuída entre primeira safra (30,46 milhões de toneladas) e segunda safra (67,25 milhões de toneladas).

Contudo, a crescente produção de grãos não tem sido acompanhada pela capacidade estática de armazenagem, resultando em déficit no sistema logístico de produção. Como constata BARONI et al., (2017) o fato de o país ter se tornado uma grande potência quando se trata de produção de grãos, trouxe à tona a preocupação com o armazenamento desses produtos. Segundo a CONAB (2005) o Brasil dispõe de uma inadequada estrutura armazenadora, apresentando uma despropositada distribuição da capacidade estática, visto que para uma infraestrutura adequada é necessário possuir capacidade de receber toda a produção nacional, além de propiciar espaços para atender a demanda interna.

É eminente que o sistema de armazenagem de grãos é um coeficiente hábil no suporte logístico do agronegócio, em razão do mesmo proporcionar influência na comercialização da produção, evidenciando aspectos decisivos como a formação de preços e a concorrência na área, e apresentando assim ganhos diretamente ao produtor. Visto que o armazenamento é ponderado como processo embasado na ação de estocar, acondicionar e acumular o produto de forma a estabelecer condições ideais para manter aspectos qualitativos e quantitativos do mesmo, se torna de suma importância à adoção de uma série de práticas fundamentais para que não ocorram perdas indesejáveis (AZEVEDO et al., 2008).

A armazenagem de grãos pode ser realizada de duas formas: a granel, na qual os grãos são armazenados sem embalagem, ou seja, o produto fica disponível sob forma solta nos silos, armazéns graneleiros e granelizados; e convencional, na qual os grãos são armazenados em sacarias, sendo guardados em armazéns ou galpões. Sendo as formas mais utilizadas pelas cooperativas, agroindústrias e

grandes produtores, a armazenagem em silos ou armazéns dispõem de sistemas apropriados como suporte para auxiliar na qualidade dos grãos (PATURCA, 2014).

Os silos são unidades armazenadoras geralmente isoladas, assim compreendendo de compartimentos estanques ou herméticos, ou ainda semi-herméticos, de forma a propiciar o controle das características físico-biológicas dos grãos. Geralmente possuem forma cilíndrica, construídas em chapas metálicas, de concreto, madeira, alvenaria ou fibra de vidro, sendo que os mais utilizados em contexto de armazenamento de grãos, são os de chapas metálicas (PATURCA, 2014). Quanto à construção em relação ao solo, BIANCHIN (2013) destaca que podem ser divididos em silos aéreos ou elevados, silos subterrâneos e silos semi-subterrâneos, bem como quanto à geometria, podem compreender silos esbeltos, silos baixos e silos horizontais (armazéns graneleiros).

Sendo unidades armazenadoras horizontais, na qual apresenta preponderância do comprimento sobre a largura, os armazéns graneleiros dispõem de ampla capacidade, bem como simplicidade de construção, na qual na maioria dos casos, podem apresentar menor investimento se comparado com os silos. São caracterizados por fundo plano, em V ou septado, visto que quando plano, a operação de descarregamento é dificultada, tornando-a mais cara, uma vez que necessita de uso de equipamentos específicos para o procedimento (SILVA et al., 2000).

Compreendendo uma adaptação dos armazéns convencionais para atuarem com produtos a granel, os armazéns granelizados apresentam fundo plano semelhante ao horizontal, sendo em V ou W, além de reforço nos fechamentos laterais e equipamentos de transporte horizontal e vertical de grãos. Entretanto, ainda é limitante o número de armazéns granelizados que possuem sistema de aeração eficiente e que dificultem a infiltração de água (PATURCA, 2014).

Sendo um sistema alternativo de armazenagem temporária a granel, utilizado principalmente para grãos de milho, os silos bolsa são caracterizados como tubos flexíveis de polietileno, na qual visam auxiliar o armazenamento do produto no local da colheita, correspondendo como uma estratégia prática e de baixo custo ao produtor (COSTABILE, 2017). Segundo PATURCA (2014), podendo dispor de uma capacidade de armazenagem de até 180 mil toneladas de grãos, os silos bolsa apresentam variedade quanto ao tamanho, compreendendo de 1,8 a 3,6 metros de

diâmetro, e 30, 60 ou 90 metros de comprimento, sendo que a dimensão mais usual no Brasil é a de 1,8 por 60 metros.

Caracterizada como unidades armazenadoras com fundo plano, os armazéns convencionais são construídos em alvenaria, estruturas metálicas ou mistas, dispendo de técnicas como ventilação, impermeabilização do piso, iluminação, entres outras, visando uma armazenagem satisfatória. Os produtos são armazenados em sacarias, organizado em blocos individualizados, segundo a origem e suas características. Os galpões ou depósitos são unidades armazenadoras utilizadas com intuito de suprir emergências em períodos curtos, em razão de não apresentar aspectos imprescindíveis para uma armazenagem segura, sendo, geralmente, construídos em chapa de aço ou ripas de madeiras (SILVA et al., 2000).

Em enfoque ao armazenamento de grãos por meio dos silos metálicos, D'ARCE (2006) ressalta que os mesmos detêm de média e pequena capacidade, sendo em chapas metálicas lisas ou corrugadas, de ferro galvanizado ou alumínio, de modo a serem montados em um piso de concreto, no qual os silos de ferro galvanizados são pintados de branco, com intuito de evitar a forte radiação solar. O conjunto de silos metálicos incorporados em torno de uma central de recebimento e beneficiamento é caracterizado como “baterias” (Figura 3), de forma a apresentar capacidade variável, haja vista, habitualmente, sua possibilidade de ampliação, de acordo com as necessidades da propriedade ou cooperativa (SILVA et al., 2000).



Figura 3. Bateria de silos verticais em chapa metálica.
Fonte: Google imagens, 2018.

PATURCA (2014) destaca que diante dessas estruturas de unidades armazenadoras, na qual apresenta material de cobertura de metal, é necessário atentar-se aos possíveis problemas que podem ser ocasionados pelos efeitos adversos das mudanças climáticas, todavia, a utilização de sistemas de aeração, portas e alçapões à prova de umidade, tal como o uso de tinta branca, são técnicas que dificultam a interferência desses efeitos sobre o produto armazenado. Segundo D'ARCE (2006) os silos metálicos detêm de vantagens, tais como, as fundações mais simples e baratas, custo por tonelada inferior ao silo de concreto, células de capacidade média permitindo maior flexibilidade operacional, entretanto, apresentam como desvantagens, a possível infiltração de umidade, possibilidade de vazamento de gases durante o expurgo, transmissão de calor ambiente para dentro da célula, podendo ocorrer condensações, maior custo de instalação que os graneleiros.

De acordo com WEBER (2001) as unidades armazenadoras são classificadas conforme sua localização em: nível fazenda, na qual a unidade armazenadora encontra-se em propriedade rural, de forma a apresentar estrutura dimensionada para atender o próprio produtor; coletoras, caracterizadas como unidades de médio e grande porte, localizadas em zona rurais ou urbanas, visando à prestação de serviços para vários produtores; intermediárias, localizadas em pontos estratégicos com intuito de facilitar o escoamento dos produtos originários de fazendas ou coletoras, de modo a favorecer produtores, consumidores e exportadores; terminais, que se encontram localizados junto aos grandes centros consumidores ou portos, sendo evidenciada como unidade armazenadora de alta rotatividade.

Com a finalidade de manter no decorrer de certo período de tempo os aspectos dos grãos após a colheita, bem como prorrogar a venda em busca de melhores preços, assim permitindo ao produtor maior controle de comercialização dos grãos, a armazenagem em fazenda é uma prática pouco utilizada no Brasil (Tabela 2), apresentando percentual inferior em relação a outros países (COSTABILE, 2017). Isso se dá em razão da objeção que há no financiamento para pequenos agricultores. Além disso, o financiamento para construção de novos silos tem como contratempo toda a burocracia existente no Brasil (LEITE, 2013). Conforme COGO (2014) o armazenamento em fazendas proporcionam aos produtores rurais, melhores condições de conservação, comercialização e menores custos, refletindo assim na rentabilidade dos mesmos.

Tabela 2. Estocagem de grãos na própria unidade produtora

País	Capacidade Estática Total
Austrália	> 35%
EUA	55 a 66%
Europa	> 35%
Argentina	35 a 45%
Oeste do Canadá	85%
Brasil	15%

Fonte: Costabile, 2017.

Sendo limitante a capacidade de armazenagem localizada em fazendas no Brasil, o produtor tem a necessidade de comercializar a safra em períodos de baixos preços, enfrentando como contratempo problemas logísticos acentuados, haja vista o congestionamento nas unidades de armazenagem intermediárias e terminais. Tendo em consideração a falta e a inadequação de unidades armazenadoras, em aspectos de localização, assim como de estruturas ultrapassadas, visto que não apresentam condições propícias em modernização, o cenário de armazenamento acaba sendo configurado por regiões de carência logística (FERNANDES, 2016).

Outro aspecto que também influencia em contexto de armazenagem é a capacidade estática de armazenagem. Segundo CONAB (2005) a infraestrutura de armazenagem não tem acompanhado o significativo crescimento da produção agrícola, gerando assim déficits em determinadas regiões (Tabela 3), principalmente naquelas de introdução recente ao processo produtivo. De modo a apresentar uma capacidade estática pouco mais que 162 milhões de toneladas, as unidades armazenadoras no Brasil não estão satisfatoriamente alinhadas com a produção agrícola, de modo a destacar a inexpressividade de investimentos no setor de armazenagem contraposto ao desenvolvimento no campo (CONAB, 2017).

Tabela 3. Produção x capacidade estática de armazenagem por regiões

Região	Produção (mil t.)	Capacidade Estática (mil t.)	Diferença (mil t.)	Déficit em %
Norte	9527,9	4415,5	- 5112,4	- 53,66
Nordeste	18073,9	10535,9	- 7538,0	- 41,71
Centro Oeste	103462,0	58692,6	- 44769,4	- 43,27
Sudeste	23152,5	23880,3	727,8	3,14
Sul	84532,3	64793,2	- 19739,1	- 23,35
Total	238748,6	162317,5	- 76431,1	- 32,01

Fonte: CONAB, 2017.

Logo, o Brasil é configurado como um país que ainda se encontra em processo de aprendizagem em relação ao desenvolvimento logístico, no qual se fazem presentes de modo expressivo, entraves como a ausência de políticas que sincronizem as ações governamentais e de iniciativa privada, a precariedade da infraestrutura de armazéns e dos modais de transportes, a falta de profissionais especializados na área logística e a burocracia (SALUM, 2010).

2.3 ASPECTOS GERAIS DO GORGULHO (*Sitophilus zeamais*)

Conhecido popularmente como gorgulho-do-milho, o *Sitophilus zeamais* é visto como uma das principais pragas no âmbito de armazenagem. Pertencente à ordem Coleoptera e a família Curculionidae, o gorgulho-do-milho é apontado como um dos responsáveis significativos na deterioração de grãos e sementes (LORINI, 2015).

Evidenciada como uma praga primária interna acometem grãos inteiros e sadios, ao qual perfuram e depõem ovos individualmente no interior dos grãos em proveito de concluírem seu desenvolvimento até a fase adulta (Figura 4). Acerca de 2 a 3 dias subsequentes com a saída dos adultos *Sitophilus zeamais* dos grãos, os insetos acasalam novamente, assim iniciando um novo ciclo (VENDRAMIM et al., 1992, citado por RIBEIRO, 2010).

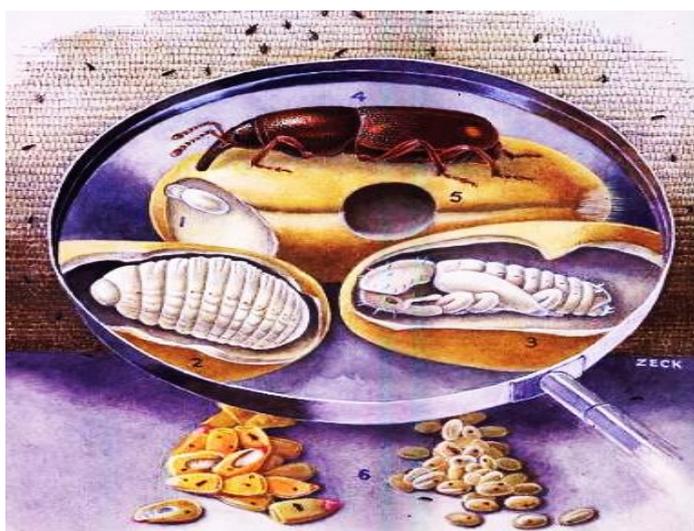


Figura 4. (1) postura *Sitophilus* spp; (2) larva alimentando - se do interior do grão; (3) pupa; (4) individuo adulto; (5) orifício característico da emergência dessa espécie; (6) população de insetos infestados em grãos.

Fonte: Jornada, 2011.

Os adultos alimentam-se de grãos quebrados e pó de grão, mas as larvas desta espécie alimentam-se exclusivamente dos grãos, originando a redução do peso e da qualidade física e fisiológica do grão, podendo, potencialmente, causar uma destruição quase completa (FERNANDES, 2012). Posteriormente a deposição dos ovos, o ovipositor fecha a lacuna através de uma substância gelatinosa expelida por suas glândulas. No caso de *Sitophilus* spp., se vários ovos forem deixados no interior de um único grão, geralmente ocorre canibalismo e só uma larva atinge o

estágio de pupa (QUIRINO, 2008). Em situações de alimento disponível, as fêmeas podem fazer a postura de um ovo por grão, mas em situações de grandes populações podem pôr vários ovos no mesmo grão ou em grãos já previamente infestados; contudo, o número de ovos depositados também está relacionado com o tamanho do grão. Além de acometerem interiormente os grãos, facilitam a entrada de outros agentes de deterioração, tais como os fungos, por meio dos orifícios deixados decorrente à saída dos adultos para o exterior, posterior a sua emergência (ANTUNES, 2010).

Discorrendo de um amplo potencial de proliferação, da aptidão de danificar os grãos em unidades armazenadoras, assim como no campo, o inseto é detentor de hábito polífago, caracterizado por abranger diversos hospedeiros, tais como o milho, arroz, trigo, cevada, triticale, tal qual produtos beneficiados, como o macarrão e biscoito e até mesmo fruteiras, como pêssigo e maçã (FERNANDES, 2012).

O adulto do *S. zeamais* pode medir entre 2,0 a 3,5 mm de comprimento, apresentando uma tonalidade castanho-escuro integrada por quatro manchas amarelo-avermelhadas nas asas anteriores (élitros). A presença dos élitros, e uma pequena dimensão, promove a capacidade de circular nos pequenos espaços entre os grãos armazenados, tendo acesso a grãos em localizações profundas, fortemente comprimidos. Apresenta a cabeça esboçada a frente em feição de um rostro curvo, conforme demonstrada na (Figura 5). Com distinção na região frontal, o macho apresenta a característica de rostro curto e espesso, enquanto a fêmea dispõe de rostro mais alongado e fino, assim caracterizado na (Figura 6) (BELMONTE, 2015).



Figura 5. Adulto de *Sitophilus zeamais*.

Fonte: Antunes, 2011.



Figura 6. Detalhe do formato do rostro de macho (A) e fêmea (B) de *Sitophilus zeamais*.

Fonte: Antunes, 2011.

Possuindo tonalidade amarelo-clara, as larvas do *Sitophilus zeamais* apresentam tipo curculioniforme, na qual a cabeça é caracterizada pela coloração marrom-escura, demonstrado na (Figura 7).

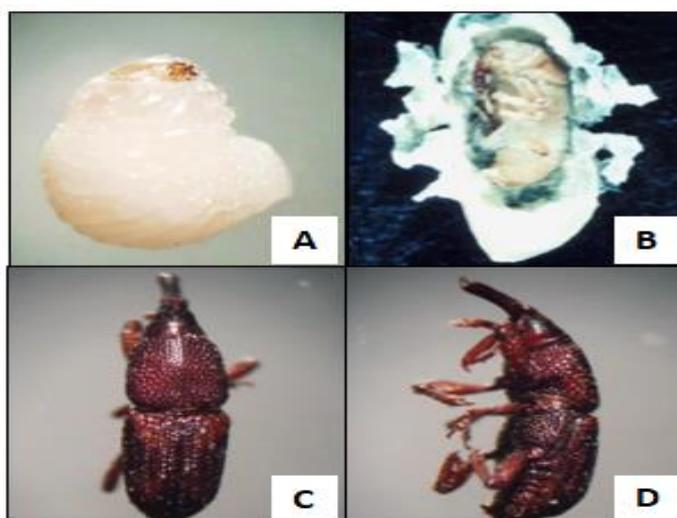


Figura 7. *Sitophilus zeamais*. Larva (A), pupa (B), adulto dorsal (C), adulto lateral (D).

Fonte: Lorini et al., 2004.

Entretanto, as pupas são inteiramente brancas. O período de oviposição é de 104 dias, e o número médio de ovos por fêmea é de 282 (MARIANO, 2005). Ainda conforme os parâmetros biológicos do *Sitophilus zeamais*, uma fêmea oviposita em média três ovos por dia, dispõe de oito gerações em média por ano e, apresenta uma viabilidade ovo-adulto de 27,0%. Peculiar à longevidade, a fêmea desfruta de uma média de 140 dias, ao passo que o macho dispõe de 142 dias. Em relação ao

período de incubação, pode alternar-se entre três a seis dias, visto que o ciclo evolutivo do ovo até a emergência dos adultos se dá em torno de 34 dias, desde que apresente condições ideais de temperatura e umidade relativa do ar caracterizada em 28°C e 60% de UR (FARONI et al., 1995). Segundo STRIQUER et al., (2006) a larva em cerca de 23 dias passa por quatro instares larvais, e tem um período pupal em torno de cinco dias.

LORINI et al., (2015) enfatiza que a espécie *Sitophilus zeamais* apresenta semelhança em aspecto de caráter morfológico diante a espécie *Sitophilus oryzae*, na qual podem ser somente diferenciados pelo estudo da genitália, realizado em nível laboratorial. Cabe evidenciar que ambos podem ocorrer agrupados na mesma massa de grãos.

2.3.1 Fatores que influenciam na incidência do gorgulho-do-milho

Em um ecossistema que compreende componentes bióticos e abióticos que exercem interação em grãos armazenados, a temperatura e a umidade são elementos determinantes na ocorrência de pragas ao longo do armazenamento. Consistindo de componentes caracterizados como manipuláveis, a temperatura e o teor de umidade são os maiores influenciadores em perda de massa seca, bem como na qualidade dos grãos (EMBRAPA, 2002).

De acordo com SERAPHIM (2006), o teor de água dos grãos é constituído como principal condição para determinar o tempo de armazenamento, no qual para grãos de milho, o teor de água ideal para armazenagem garantida por um ano deve ser de 13%. Os grãos de cereais, bem como de leguminosas, e até mesmo de outras culturas, dispõe de característica higroscópica, na qual em conformidade com condições de temperatura e umidade relativa do ar, pode suceder a dessorção ou adsorção de água do produto. Logo, a quantidade de água contida no grão logo após, a etapa da colheita ou ao longo do armazenamento, na maior parte dos casos, poderá determinar de forma indireta, o estado qualitativo do grão (FARONI, 1992).

Dessa forma, o teor de umidade é tachado como um dos aspectos primordiais no que diz respeito à conservação do grão, em razão de ser o principal fator categórico quanto ao tempo de armazenamento do produto, a qual evidencia a percepção de quanto maior a umidade do mesmo, maior será a sua vulnerabilidade, e, sobretudo, menor será o tempo de armazenamento. Detendo de altos teores de

umidade, os grãos tornam-se suscetíveis ao acometimento de insetos, tal como microrganismos e ácaros (BROOKER et al.,1992). De acordo com CARDOSO (2009), a postura do *Sitophilus* spp. é inibida em grãos com umidade inferior a 12,5%. Tal fato se dá em razão dos grãos apresentarem consistência mais rígida, sendo resistentes ao ataque dos insetos.

O interesse econômico em manter a umidade do grão em 13-14 % comparado à perda de peso com o secamento até 11% de umidade dos grãos, é o fator de risco ou de benefício que determinam a adoção desta prática (GASSEN, 1993). Assim, o armazenamento de grãos mais secos se torna uma prática detentora de desincentivo, mesmo tendo em conta que os armazenamentos com uso de umidades no grau de comercialização são propícios ao desenvolvimento de insetos e microrganismos que deterioram os grãos (QUIRINO, 2008).

No que se refere a maior parte dos insetos de grãos armazenados, quanto ao crescimento e reprodução, assim como o aspecto de movimentação do mesmo, é estabelecido que a temperatura ideal se caracteriza entre 25° e 35°C. Todavia, com temperaturas entre 25° e 15°C, ocasionam em uma deposição inferior de ovos, tal como a lentidão no desenvolvimento, resultando em maior tempo de vida. No decorrer do tempo, face as baixas temperaturas, o crescimento populacional é insignificante, tendo como efeito danos mínimos ocasionados por tais insetos (FIELDS, 2006).

Segundo LORINI (2001), a redução da temperatura da massa de grãos para menos de 13°C, em geral, irá determinar a eliminação da população, uma vez que a taxa de multiplicação não será suficiente para que se mantenha. Em contrapartida, demasiadas temperaturas também podem ocasionar a morte dos insetos. Logo, temperatura superior a 42°C resulta em mortalidade da maioria da população, todavia, deve dispor de ponderação quanto à faixa de temperatura, ao qual o grão será submetido, bem como o tempo de exposição.

Um aspecto importante em relação à ação desses insetos que influencia no âmbito do armazenamento está na capacidade de proporcionarem o aquecimento da massa de grãos, através dos processos metabólicos dos mesmos, no ponto que foi infestado. A quantidade de calor produzido pelos insetos varia de acordo com a espécie, a dimensão da população, a temperatura e a umidade presente nos grãos. O calor produzido pelos insetos em armazenamento a granel pode gerar um ambiente favorável ao desenvolvimento deles, ainda que a temperatura de fora e

aquelas em outras partes da massa de grãos não sejam favorável (FARONI e SILVA, 2008).

Devido aos grãos apresentarem limitação em condutividade térmica, a fração de calor produzida, conseqüente de um ponto de infestação de insetos, ou até mesmo do desenvolvimento de fungos nos grãos, não é dissipada precipitadamente, assim promovendo a “bolsa de calor”. No que diz respeito aos bolsões de calor, promovem distinção de temperatura dentro da massa de grãos, gerando assim uma corrente de convecção que ocasionará no movimento do ar quente para superfície dos mesmos. Tendo em consideração o movimento, o ar quente ao deparar com uma superfície com condições de temperatura bastante baixas, provocará a condensação de umidade, causando o aumento da umidade do grão e contribuindo na sua deterioração (SAUER, 1992).

Dado que a migração de umidade decorre em influência da temperatura e do teor de umidade do grão, a aeração reside em uma alternativa imprescindível para o acondicionamento dos grãos, visto que diminui a atividade metabólica do grão, bem como a do inseto-praga adjunto. Relativamente, a aeração consiste em um método de impor a circulação do ar mediante a massa de grão, isto posto que atribuirá a redução, bem como a uniformização da temperatura e umidade dos grãos (ELIAS, 2007). De acordo com o MAPA, acerca do armazenamento de grãos no Brasil, regrado na Lei Nº 9973, de 29 de maio de 2000, presidido no Decreto Nº 3855, de 03 de julho de 2001, estabelece que “as unidades armazenadoras para produtos a granel, em nível de fazenda, coletoras e intermediárias devem ser dotadas de sistema de aeração, em condições operacionais adequadas”.

Conforme ANDRADE (2001), as impurezas são prejudiciais à conservação de um produto e, quando concentradas em certos locais do silo, representam focos de aquecimento garantido e, sobretudo, impedem o micro movimento do ar, favorecendo a conservação do calor, assim acelerando o surgimento e o desenvolvimento dos microrganismos.

Ainda que a mensuração da temperatura seja utilizada como um mecanismo de atuação para constatar a deterioração dos grãos armazenados, a deterioração inicial do mesmo em aspecto de identificação pode advir de dificuldade, em razão a princípio de pequenos focos, assim podendo afetar a temperatura meramente de uma sucinta fração da massa de grãos. A fim de detectar a deterioração na fase inicial, deve-se medir a temperatura no maior número de pontos possíveis ou

naqueles locais sujeitos ao acúmulo de pó e sementes quebradas, próximo da parede e do centro do armazém e na superfície da massa; deve-se medir também, onde há pouca circulação de ar, como nos cantos e entre os dutos de aeração (FARONI e SILVA, 2008).

Em um silo, independentemente do formato, as camadas mais externas de grãos ficam mais expostas às variações bruscas de temperatura, ou seja, submetidas a gradientes maiores de temperatura e umidade; assim, os grãos localizados nestas regiões, se apresentam com um teor de umidade mais reduzido, em virtude dos maiores gradientes de temperatura. Tendo em consideração o teor de umidade do grão ao longo da armazenagem, o tamanho do silo é caracterizado como aspecto expressivo, visto que silos pequenos apresentam perdas de umidade superiores em relação aos silos grandes, em consequência das menores camadas de grãos submetidas ao ambiente (ANDRADE, 2001).

Desse modo, visto que o inseto requer condições favoráveis para seu desenvolvimento, a temperatura e umidade do grão representam componentes determinantes na magnitude de ocorrência do mesmo, intervindo na qualidade do produto final. Ainda que a temperatura ideal para o desenvolvimento do *S. zeamais* seja de 28°C, o mesmo pode completar seu ciclo mediante a faixa de 15° a 35°C. Em relação ao aspecto do teor de umidade do grão que também influi na taxa de desenvolvimento do inseto no produto armazenado, o *S. zeamais* dispõe de um crescimento acelerado diante grãos que apresente umidade entre 14 e 16%, não ocorrendo geralmente a oviposição em grãos com teor de umidade inferior a 10% (FARONI e SOUSA, 2006).

2.3.2 Severidade do ataque e suas perdas ocasionadas

Decorrendo da aptidão de infestação cruzada, o gorgulho-do-milho ocasiona múltiplos danos aos grãos, tais como a perda de peso, perda do valor nutritivo, redução do padrão comercial e a redução na qualidade por contaminação da massa. Desse modo, abrangendo aspectos quantitativos e qualitativos, os danos causados tanto pela larva como pelo o adulto da espécie *Sitophilus zeamais*, constituem de um processo definitivo e irreparável, assim sendo uma das pragas mais destrutíveis no setor de armazenagem (BRITO, 2015). Segundo FONTES et al., (2003), as perdas causadas pelos insetos, durante o armazenamento dos grãos, podem equivaler ou mesmo superar aquelas provocadas pelas pragas que atacam a cultura no campo.

Conforme SCHÖLLER et al., (1997), as perdas de produtos armazenados podem atingir até 30% em alguns casos, das quais 10% são causadas diretamente pelo ataque de pragas durante o armazenamento.

O ataque dos insetos detém de maior expressividade em zonas tropicais, por efeito das condições de temperaturas transcendentais na qual favorecem o aumento da população que acometem os grãos armazenados. Além de danificarem diretamente o grão, o inseto atua de forma indireta através do calor que é produzido em decorrência dos processos metabólicos do mesmo, assim procedendo ao desenvolvimento da microflora (QUIRINO, 2008).

ANTUNES et al., (2011), analisaram o efeito de perdas físicas e químicas provocados pelo *S. zeamais* em grãos de milho armazenados ao longo de três períodos, na qual foram constatadas perdas significativas em aspecto de peso do grão. Conforme os mesmos autores ocorreram diminuições de 2,2; 3,0 e 17%, para 30, 60 e 120 dias, simultaneamente (Tabela 4); uma vez que em termos de percentagem, o peso inicial de cada tratamento foi caracterizado em 100%.

Tabela 4. Médias de perda de peso de grãos de milho híbrido armazenados com população de 150 insetos adultos de *S. zeamais* em três períodos diferentes: 30, 60 e 120 dias.

	Período de Armazenamento (dias)		
	30	60	120
Peso inicial (g)	600	600	600
Peso final (g)	587,07 a	559,03 b	500,05 c
Perdas (%)	2,20 c	3,00 b	17,00 a

Fonte: Antunes et al., 2011.

No que diz respeito às análises em aspecto de defeito do grão, ANTUNES et al., (2011) averiguaram dentre esses três períodos de armazenamento, que a maior média constatada procedeu de grãos carunchados, ao final dos 120 dias, devido ao fato desse período dispor de uma maior população de insetos adultos de *S. zeamais*, em razão de já ter sucedido a proliferação de uma segunda geração dentre à população inicial. Os mesmos autores relataram que não ocorreram diferenças significativas entre o período inicial e 30 dias e que, posteriormente a 120 dias, os grãos carunchados caracterizaram 33,48% excedente em referência a quantidade inicial. Por outro lado, o número de grãos inteiros diminuiu ao longo do

armazenamento variando significativamente entre 30, 60 e 120 dias, visto que o aumento de grãos carunchados leva a uma redução dos grãos inteiros. Com os resultados obtidos em meio à análise tecnológica de defeitos constataram que, a efetuação de classificação desses lotes, aos 120 dias, resultaria em grãos abaixo do nível padrão de comercialização.

Segundo ALENCAR et al., (2011), o aumento do índice de danos nos grãos infestados pode ser explicado, principalmente, pelo fato de o inseto *S. zeamais* ser uma praga primária, sendo capaz de se alimentar de grãos saudáveis e intactos e romper o seu tegumento, e, conseqüentemente, aumentar o índice de danos no produto.

Em relação à produção de resíduos, bem como o crescimento populacional do inseto, ANTUNES et al., (2011) dentro o experimento realizado, averiguaram que a produção de resíduo foi superior ao final do período de 120 dias de armazenamento, devido ao maior número de insetos presentes neste período; todavia, entre 30 e 60 dias não ocorreu diferenças significativas. Em seu trabalho, os autores também observaram que em médias de sobrevivência, mortalidade e emergência, o armazenamento de 120 dias apresentou os maiores valores diferindo estatisticamente de 30 dias em todas as categorias analisadas e não diferiu estatisticamente de 60 dias, isto somente na média de sobrevivência; já 30 e 60 dias não apresentou diferença estatística na média relativa à mortalidade. Voltando-se ao aspecto de crescimento populacional dos insetos nesse experimento, os autores obtiveram-se 630, 1981 e 3917 insetos para 30, 60 e 120 dias, respectivamente.

SANTOS (2006) destaca que o ataque de insetos ainda altera o odor e o sabor natural dos grãos e dos produtos derivados; na qual a presença de insetos vivos ou mortos ou partes do seu corpo, como pernas, asas e escamas, além das excreções que permanecem na massa de grãos, constituem contaminantes.

Conforme ALENCAR et al., (2011), tem-se que, quanto maior é a população de insetos na massa de grãos, maior é a susceptibilidade do produto à deterioração qualitativa e, conseqüentemente, maior é a redução do seu valor comercial. No entanto, até mesmo níveis inferiores de infestação por *S. zeamais* contribuem para perdas qualitativas dos grãos armazenados de milho (Figura 8).



Figura 8. Ataque do *Sitophilus zeamais* em grãos de milho.

Fonte: Arquivo pessoal, 2018.

Segundo ANTUNES et al., (2011), a quantidade de grãos danificados, principalmente carunchados, aumenta conforme o tempo de armazenamento e a população de insetos presentes na armazenagem; contudo, ao passo que a população de insetos aumenta, gera maior produção de resíduo e acarreta em uma desvalorização comercial do produto (Figura 9).



Figura 9. Danos ocasionados pelo ataque do *Sitophilus zeamais* em grãos de milho.

Fonte: Arquivo pessoal, 2018.

Baseada na instrução normativa nº 60 de 22 de dezembro de 2011, em observância ao prescrito artigo 87, regulamentada pelo MAPA, o milho sob forma de grãos, no âmbito de comercialização interna, dispõe de uma padronização oficial de classificação compondo-se de grupos, classes e tipos, que definem a qualidade do mesmo. Direcionado à integridade, o lote de milho pode ser categorizado em avariados (ardidos, chochos ou imaturos, brotados ou germinados, e mofados),

quebrados ou carunchados. De acordo com GLORIA e DOMINGUES (2015), grãos ardidos são os grãos ou pedaços de grãos que apresentam escurecimento na totalidade de sua área, em decorrência da ação do calor, umidade ou fermentação; grãos chochos ou imaturos são os destituídos de massa interna, enrijecidos e que se apresentam enrugados por efeito do desenvolvimento fisiológico incompleto; grãos brotados ou germinados são os grãos ou pedaços destes que apresentam início visível de germinação, originado durante a pré ou pós-colheita do milho; grãos mofados são os grãos ou pedaços que apresentam crescimento de bolor visível a olho nu, independentemente da área do grão tomada, bem como apresentam coloração esverdeada ou azulada no gérmen, por consequência da presença de fungos. Quanto aos grãos quebrados, são caracterizados como pedaços de grãos que transpassam pela peneira de crivo que apresenta 5mm de diâmetro e ficam retidos na peneira de crivo de 3mm de diâmetro. No que diz respeito aos grãos carunchados, são definidos como os grãos ou pedaços destes que se encontram furados ou infestados por insetos-praga em qualquer das suas fases evolutivas, ao longo do processo de armazenamento.

A determinação dos tipos de milho será definida de acordo com os limites de tolerância dos grãos assim detalhado na (Tabela 5), conforme as normas impostas pelo MAPA.

Tabela 5. Limites máximos de tolerância em %

Enquadramento	Grãos avariados ardidos	Total	Grãos quebrados	Matérias estranhas e impurezas	Carunchados
Tipo 1	1,00	6,00	3,00	1,00	2,00
Tipo 2	2,00	10,00	4,00	1,50	3,00
Tipo 3	3,00	15,00	5,00	2,00	4,00
Fora de tipo	5,00	20,00	Maior que 5,00	Maior que 2,00	8,00

Fonte: ALBA, 2017.

Relativamente com severos ataques, em face de condições inadequadas de armazenagem, os grãos são enquadrados como inapropriados para consumo, ou até mesmo caracterizados como produto “fora de tipo”, uma vez que apresente 8% ou mais dos grãos com gorgulhos, dentre a amostra. Quando enquadrado “fora de tipo” mediante grãos ardidos, total de avariados ou carunchados, o milho poderá ser comercializado no modo em que se encontra, sob condição de ser especificado

como “fora de tipo” ou podendo ser rebeneficiado; contudo, se for enquadrado como “fora de tipo” por intermédio de grãos quebrados ou matérias estranhas e impurezas, o milho não estará apto à comercialização no modo em que se encontra, sendo necessário seu rebeneficiamento; todavia, o milho que dispor de insetos vivos ou outras pragas de armazenamento não poderá ser comercializado no modo em que se encontra, tendo que ser expurgado antecedente à comercialização (AIBA, 2017).

Adepto a capacidade de voo, o elevado potencial de proliferação, a aptidão em sobreviver em grandes profundidades nos grãos armazenados, a infestação inicial acarretada pelo *S. zeamais* pode resultar-se de uma alta densidade populacional em um curto período de tempo, ocasionando perdas acentuadas no produto armazenado. Entretanto, o *S. zeamais* não será considerado praga primária em regiões que apresentem baixas temperaturas, em razão do seu desenvolvimento não ser propício a tais condições climáticas (FARONI e SOUSA, 2006).

Dado a importância do *S. zeamais* como inseto-praga na cultura do milho sob condição de armazenamento, condições inadequadas de armazenagem influem em infestação da espécie que é evidenciada como risco potencializador de danos econômicos. Para se prevenirem perdas durante a armazenagem a granel, alguns princípios básicos devem ser observados: a) construção de estruturas armazenadoras tecnicamente adequadas e dispondendo de equipamento de termometria e aeração; b) baixo teor de umidade nos grãos; c) baixa presença de impurezas no lote de grãos; d) ausência de pragas e microrganismos; e) manipulação correta dos grãos (SANTOS, 2006).

2.4 ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DO GORGULHO-DO-MILHO

Uma vez que o inseto-praga infesta grãos no campo, tal como os armazenados, tem-se um transtorno fitossanitário em razão do mesmo dispor de uma proliferação rápida, na qual não controlada, o grau de nocividade propicia a inviabilidade dos grãos. Logo, é de suma importância para o controle dos insetos, bem como para a conservação do produto, a ágil identificação do ataque da praga (LOECK, 2002).

No que concerne a redução das perdas ocasionadas por pragas no setor de armazenamento, o manejo integrado de pragas de grãos armazenados é visto como um dos principais procedimentos preventivos para reprimir insetos em grãos armazenados. Conforme LORINI et al. (2015), esse procedimento prevê o conhecimento das condições de armazenagem dos grãos e sementes, da unidade armazenadora (UA) e unidade de beneficiamento de sementes (UBS), a identificação de espécies e de populações de pragas ocorrentes e seus danos, a limpeza e a higienização das instalações de armazenagem, a associação de medidas preventivas e curativas de controle de pragas, o conhecimento dos inseticidas registrados, sua eficiência e da existência de resistência de pragas aos mesmos, a análise econômica do custo de controle e da prevenção de perdas.

Segundo LORINI (2000) o manejo integrado para redução de perdas em grãos armazenados, compreende as etapas de:

1) mudança de comportamento dos armazenadores: caracterizada como fase inicial, bem como a mais importante, em razão do propósito de conscientização das pessoas intendentess, tais como as que trabalham nas unidades armazenadoras, a respeito da relevância das pragas de armazenagem e, sobretudo os danos diretos e indiretos que as mesmas podem ocasionar;

2) conhecimento da unidade armazenadora de grãos: tanto os operadores como administradores devem conhecer todos os detalhes, a partir da chegada do produto até o despacho do mesmo, na sua fase de armazenagem. Na inspeção, deve identificar e prever os pontos de entrada e abrigo de pragas dentro do sistema de armazenagem, além disto, também deve ser levantado o histórico do controle de pragas na unidade armazenadora nos anos anteriores, identificando os problemas passados;

3) medidas de limpeza e higienização da unidade armazenadora: determina o êxito da meta estipulada, se as mesmas forem utilizadas de modo

adequado. De modo a eliminar os focos de infestação interiormente da unidade armazenadora, como por exemplo, o resto de classificação, assim como os resíduos de grãos, possibilitará um armazenamento apropriado;

4) correta identificação de pragas: também reconhecida como uma etapa primordial dentro o manejo integrado, em razão da necessidade da identificação taxonômica das pragas que acometem variados tipos de grãos, uma vez que as medidas de controle a serem efetuadas dependem dessa identificação;

5) conhecimento sobre a resistência de pragas aos inseticidas químicos: evidenciado como ponderável, uma vez que a resistência das pragas aos produtos químicos é cada vez mais frequente, sendo necessária a utilização dos mesmos de forma consciente;

6) potencial de destruição de cada espécie-praga: é necessário compreender o dano e a decorrente aptidão em deterioração da massa de grãos de cada espécie-praga, visto que determina a viabilidade da comercialização dos grãos armazenados;

7) proteção do grão com inseticidas: visa assegurar a eliminação de alguma praga que possa ocasionar infestação nos grãos armazenados, por intermédio de tratamento com inseticidas protetores, seja ele de origem natural ou química;

8) tratamento curativo: efetuado através de expurgo, de forma a utilizar produto à base de fosfina, uma vez que houver pragas nos grãos armazenados. É fundamental frisar que o processo deve ser realizado em armazéns, câmaras de expurgos, silos de concretos, bem como em outros locais, dispendo sempre de vedação total, e atentando-se a um período mínimo de exposição de cinco dias;

9) monitoramento da massa de grãos: tenciona a ser realizado no decorrer de todo o período em que o produto se mantiver estocado, tendo como intuito constatar o início de proliferação das pragas que poderão influenciar na qualidade dos grãos armazenados;

10) gerenciamento da unidade armazenadora: caracterizada como uma etapa expressiva, em virtude das demais etapas serem adotadas por meio de procedimentos gerenciais, desde o recebimento do produto até sua expedição, de forma a favorecer na minimização de perdas, bem como assegurar a qualidade dos grãos a serem comercializados.

Os métodos de controle são agrupados em quatro categorias, sendo o legislativo, físico, biológico e químico. O legislativo compreende as normas preventivas caracterizadas por leis, decretos e portarias, nas quais abrangem o serviço quarentenário e a sanidade. O controle físico envolve o manuseio do meio físico, tal como a temperatura e a umidade, com intuito de controlar e erradicar a população de insetos. A utilização do uso de inimigos naturais que inclui predadores, parasitoides ou patógenos, com o propósito de controlar as pragas, é caracterizada como controle biológico. O controle químico envolve comumente o método de expurgo e o uso de inseticidas químicos aplicados diretamente nos grãos (FARONI e SILVA, 2008).

Segundo LORINI et al., (2015), a integração de diferentes métodos de controle é prática essencial para se obter sucesso na supressão de pragas de grãos armazenados. Contudo, no Brasil, aponta-se uma crescente resistência de pragas aos inseticidas, na qual LORINI (1993) destaca que já foi constatada a resistência do *Sitophilus zeamais* à deltametrina e ao malatim. Além de ocasionar o aumento da resistência de pragas, o controle químico que é empregado predominantemente nas unidades armazenadoras por conta da facilidade e do retorno ao uso, também expõe como entrave a contaminação dos alimentos por meio dos resíduos deixados nos grãos.

Diante das várias técnicas de controle efetivas, ANTUNES (2011) destaca que a utilização de uso de terra de diatomácea em distintas dosagens, o emprego de inseticidas piretróides e organofosforados em distintas dosagens, assim como o uso de fosfina em distintas dosagens, agregada a uma atmosfera controlada, são caracterizadas como as principais formas de controle do *S. zeamais*.

2.4.1 Inseticidas sintéticos

Tendo sido o principal inseticida utilizado no controle do *Sitophilus zeamais* a partir de 1950, o organoclorado DDT (diclorodifenil-tricloroetano) perdurou até 1985, na qual teve seu uso proibido em consequência da sua persistência no meio ambiente, tal como o seu acúmulo do tecido gorduroso dos animais. Substituindo o DDT, o pó malationa apresentou falhas no controle do *S. zeamais*, de modo que ocasionou seu rápido declínio. Ao decorrer, foram introduzidos outros produtos no setor de armazenamento, tais como os organofosforados fenitrotiona e pirimifós-metilico e os piretróides deltametrina, bifentrina e permetrina (SANTOS et al., 2009).

Por apresentar amplo espectro de ação, rapidez de controle, fácil manejo e baixo custo, os inseticidas sintéticos são os insumos mais utilizados no sistema de controle de pragas em grãos armazenados. Entretanto, apesar do seu uso preferencial por agricultores, os inseticidas sintéticos têm ocasionado alguns fatores negativos decorrentes de seu uso intensivo, tais como a presença de resíduos tóxicos nos grãos, surgimento de populações de insetos resistentes, possível intoxicação de operadores, tal como os impactos ambientais como contaminação do solo e água (FARONI e SILVA, 2008).

A aplicação do controle químico pode ser de forma curativa ou preventiva. O tratamento curativo consiste no uso de inseticidas voláteis, através de expurgo (fumigação), com intuito de eliminar as populações de pragas nos seus variáveis estágios do ciclo biológico, buscando atingir 100% de eficiência (FARINHA et al., 2005). De acordo com LORINI et al., (2015) o processo pode ser realizado em diferentes locais, desde que ocorra a vedação do local a ser expurgado, e tenha conhecimento das normas de segurança dos produtos a serem utilizados.

Segundo BELMONTE (2015) o expurgo de inseticidas atinge diversas espécies de insetos, entretanto, apresenta pouco ou nenhum efeito sobre os fungos de armazenamento. SANTOS (2006) destaca que por dispor de eficácia, facilidade de uso e versatilidade, os produtos à base de fosfina são recomendados para o expurgo de grãos armazenados. CAMPOS (2005) evidencia que o fosfeto de alumínio ou de magnésio são indicados para expurgo, visto que se caracterizam na forma sólida (comprimidos ou tabletes) e em contato com o ar ambiente, liberam a fosfina, que é um gás incolor que não possui odor e bastante tóxico, contudo, seguro quando analisadas as recomendações dos fabricantes. Conforme FARINHA et al. (2005) a dose de utilização é de 2g de fosfina (ingrediente ativo) por m³ de câmara, na qual o tempo mínimo de exposição é de 96 horas, de modo que a câmara deverá permanecer fechada durante esse período de tratamento.

No Brasil, apenas a fosfina (fosfeto de alumínio e fosfeto de magnésio) e o brometo de metila estão adequadamente registrados para o uso de expurgo em grãos, de forma que sejam aplicados por empresas credenciadas, além de um acompanhamento de Responsável Técnico (REZENDE, 2008). Entre as vantagens do uso da fosfina, estão: sua fácil aplicação e mistura com o ar tendo em conta uma melhor distribuição, sem a necessidade de um sistema de recirculação; por ser molécula pequena, difunde rapidamente, conseqüentemente, apresenta a ação

rápida; deixa resíduo mínimo após expurgo, além de não interferir na germinação, assim podendo ser utilizada em sementes. Sua maior desvantagem está caracterizada no tempo requerido para eliminação completa do foco de infestação de pragas, na qual envolve de três a sete dias. O brometo de metila, que é um gás que detém de pouca coloração e odor, nas concentrações utilizadas para expurgo, tem como principais vantagens: a alta toxicidade para inseto-praga; capacidade de penetrar nos materiais em diferentes temperaturas e pressões e, curto período de exposição para obtenção de um expurgo eficaz. Dentre as maiores desvantagens da utilização do brometo de metila, está a de que é um líquido e pode ser volatilizado no momento da aplicação; o expurgo de alguns tipos de materiais pode não ser recomendado, visto que reduz a germinação, sendo seu uso em sementes comprometedor (FARONI e SILVA, 2008).

Diante as técnicas de expurgo, REZENDE (2008) destaca que em silos e armazéns graneleiros, recomenda-se aplicar 20 % da dosagem total em dutos de aeração e de descarga e, distribuir os 80% restantes, sobre a massa de grãos armazenados. LORINI (1993) frisa que a exposição das pragas à fosfina, deve ser de um período de 72 horas, diante temperaturas superiores a 20°C, 96 horas, entre faixa de 16 a 20° C, e 120 horas, mediante 10 a 15° C. Almejando um expurgo eficiente, LORINI et al., (2015) enfatizam que é necessário a distribuição do gás de forma uniforme mediante toda a massa de grãos ou sementes a serem tratadas, entretanto, quando o local a ser expurgado dispor de temperatura inferior a 10°C ou a umidade relativa do ar for inferior a 25%, não é recomendado a realização do expurgo, devido a dificuldade de ocorrer a reação de liberação do gás fosfina. CARDOSO (2009) acentua que a toxicidade do fumigante sobre o inseto-praga depende, a temperaturas definidas, principalmente da concentração e do tempo de exposição dos grãos ao gás.

LORINI et al., (2015) ressalta que o tratamento preventivo normalmente é realizado após o expurgo e, consiste na aplicação dos inseticidas líquidos diretamente ao grão, na correia transportadora, no momento de carregamento da unidade armazenadora, ou no momento de ensaque das sementes, de modo a visar à proteção dos grãos armazenados contra possíveis infestações, destacando que o mesmo só pode ser realizado em um período de armazenagem superior a três meses. Conforme FARINHA et al., (2005) em grãos destinados à alimentação humana ou animal, só podem ser empregados inseticidas liberados pela legislação

fitossanitária, tendo em consideração os limites máximos de tolerância concedido para resíduos.

Os inseticidas preventivos podem ser utilizados por meio da modalidade de pulverização residual, pulverização protetora ou nebulização. Na pulverização residual, o inseticida é pulverizado internamente e externamente, entre paredes, pisos, tetos, equipamentos existentes dentro e em volta da unidade armazenadora, de modo a eliminar os insetos que transitem no local posteriormente tratado, bem como aqueles que estejam presentes em vãos, depressões e fendas, em razão do poder residual que esses inseticidas apresentam. Na pulverização protetora, o inseticida é pulverizado diretamente sobre a sacaria ou os grãos a granel em esteira transportadora, mediante o processo de enchimento do silo, na qual em pequenas quantidades de grãos armazenados, a aplicação do inseticida pode ser na forma de pó (polvilhamento). Na nebulização, a produção de gotas é obtida mediante a utilização de calor. Recomenda-se que o inseticida seja bastante volátil, de modo que, quando misturado ao óleo mineral ou diesel, através do equipamento denominado de termonebulizador, origine uma fumaça com pequenas partículas, dispondo do princípio ativo do inseticida, de forma a permanecer estável no ar durante um tempo mais prolongado (FARONI e SILVA, 2008).

De acordo com CUNHA e CLÁUDIO (2011) os inseticidas piretróides, organofosforados e fumigantes em geral, são os principais produtos sintéticos no uso para proteção dos grãos armazenados, na qual possuem alta periculosidade, assim como período de carência específico. LORINI et al., (2015) destacam que em uso dos inseticidas pirimifós-metílico, fenitrothion (grupo químico: organofosforado), deltametrina, bifentrina ou lambda-cyhalothrin (grupo químico: piretróide), de acordo com a espécie-praga, recomenda-se uma pulverização sobre os grãos com dosagem de 1,0 L a 2,0 L de calda/t, na qual os inseticidas pirimifós-metílico e o fenitrothion são indicados para o controle do *Sitophilus zeamais*.

FARONI e SILVA (2008) enfatizam que dentre as vantagens dos inseticidas preventivos sobre os fumigantes, estão: a persistência prolongada, mediante meses a anos; segurança na aplicação; menor imposição de equipamentos especializados; prevenção contra infestações de pragas e, apresentando maior eficiência em unidades construídas para estocagem, na qual não podem ser expurgadas de modo eficaz.

PIMENTEL et al., (2007) destaca que o uso desordenado de inseticidas protetores e fumigantes no controle de pragas de grãos armazenados, associado a métodos inapropriados de utilização, têm propiciado populações resistentes de insetos-praga. Segundo RIBEIRO (2001) a resistência a inseticidas configura-se em mecanismos de resistência em decorrência de mudanças no genoma da espécie, de modo a capacitá-lo a sobreviver a uma dosagem anteriormente letal.

Avaliando a eficiência de inseticidas durante o armazenamento de grãos de milho, ANTUNES e DIONELLO (2017) constataram que o organofosforado líquido da marca Actellic (princípio ativo: Pirimifós-metílico, fabricante Syngenta, Brasil) apresentou posteriormente a 30 dias da aplicação, mortalidade de 80,52 e 97,10%, em doses de 8 mL e 6 mL, respectivamente; visto que o resultado obtido se deu em razão do maior número de insetos emergentes na dose de 8 mL (34 contra 18 da dose 6 mL), os quais sobreviveram em maior número. Contudo, os mesmos autores avaliaram o piretróide líquido da marca Starion (ingrediente ativo: Bifentrina) de forma a verificarem que aos 30 dias após a aplicação, o produto apresentou mortalidade de 51,04 e 11,66%, em doses de 8 mL e 6 mL, respectivamente; sendo que posterior a 60 dias, as aplicações de 6 e 8 mL de bifentrina e 6 mL de pirimifós-metílico propiciaram uma mortalidade inferior a 40 % no controle de *S. zeamais*, levando em conta a resistência da praga ao produto Bifentrina e destacando a não eficiência do pirimifós-metílico ao uso de dose abaixo do recomendado pelo fabricante.

PIMENTEL et al., (2005) analisaram a influência da temperatura do ar no momento da pulverização, sobre a eficácia do produto deltametrina em grãos de milho armazenados, ao qual observaram que a eficiência do inseticida foi maior sobre o *S. zeamais*, quando aplicado às temperaturas mais baixas (25 a 30° C), obtendo posteriormente a pulverização, uma taxa de mortalidade de 95 a 100 % dos insetos-praga; entretanto, à temperatura de 50° C, houve redução da taxa de mortalidade, de modo a apresentar índices inferiores a 50 %, aos 90 dias de armazenamento, assim constatando que quanto maior a temperatura do ar ambiente no momento da pulverização, mais rápida é a degradação do inseticida ao decorrer do período de armazenamento. ARTHUR et al., (1992) destacaram que a mortalidade do inseto-praga é estabelecida pelos resíduos dos inseticidas que perdura nos grãos, uma vez que podem ser influenciados por fatores como

temperatura e umidade do ambiente e do grão, bem como a própria formulação do produto.

MEJIA et al., (2004) avaliaram concentrações de clorpirifos-metil e deltametrina no controle do *S. zeamais*, de modo a constatarem que a deltametrina apresentou melhor eficiência diante todas as concentrações analisadas, proporcionando uma melhor proteção das sementes armazenadas, ao ataque do inseto-praga. Em estudo realizado por GUEDES e SILVA (1992), foram analisadas a eficiência do inseticida abamectin em comparação com pirimifós-metílico, fenitrothion e deltametrina, na qual o inseticida abamectin em concentrações de 3,00 e 5,00 ppm, apresentou resultados equivalentes aos dos pirimifós-metílico e deltametrina, que são os que mais têm-se destacados atualmente no controle de pragas de grãos armazenados, sobretudo ao *S. zeamais*.

Sendo cada vez mais reportada a resistência de pragas de grãos armazenados a inseticidas sintéticos nos últimos anos, pesquisas têm se tornado mais frequentes, em busca de estratégias de manejo dessas pragas, de modo a retardar a evolução de resistência aos principais inseticidas em uso para controle (SATO, 2008). Contudo, ainda sendo contínua e indispensável o uso desses inseticidas para a produtividade agrícola, GASSEN (1993) destaca que os inseticidas sintéticos devem ser usados somente como um complemento de práticas de armazenamento, a fim de dar ênfase às estratégias de um manejo integrado, como os fatores físicos de controle, tal como a estrutura de armazenamento.

2.4.2 Uso do pó inerte terra de diatomácea

Sendo um dos destaques no controle de inseto-praga de grãos armazenados, a terra de diatomácea é um pó inerte oriundo a partir de carapaças de algas diatomáceas fossilizadas, tendo como principal elemento o dióxido de sílica. A componente sílica adere ao corpo do inseto, por forma física de contato, na qual danifica a camada de cera da epicutícula da espécie (Figura 10), levando à desidratação corporal e conseqüentemente a morte do mesmo em um período variável de um a sete dias, dependendo da espécie-praga (LORINI et al., 2001).

Segundo LORINI et al., (2003) os insetos morrem por desidratação quando perdem cerca de 30% de seu peso total ou 60% do teor corpóreo de água. KORUNIC (1998) ressalta que o inseto tem suas moléculas de cera da camada

superficial adsorvidas pelo elemento de sílica, de modo a romper a camada lipídica protetora, propiciando assim a evaporação dos líquidos do corpo do inseto-praga.

De acordo com MARIANO (2005) a terra de diatomácea é caracterizada como um material leve, assim como baixa massa específica de modo aparente, na qual possui oscilação na coloração, advindo do branco ao cinza escuro. Conforme SANTOS (2016) além de apresentar ação inseticida sobre os insetos-praga, a terra de diatomácea também provoca efeito irritante e repelente. BERARDIN (2012) acentua que após a aplicação da terra de diatomácea, o grão tratado pode ser utilizado de imediato para consumo humano, uma vez que não proporciona riscos a saúde.

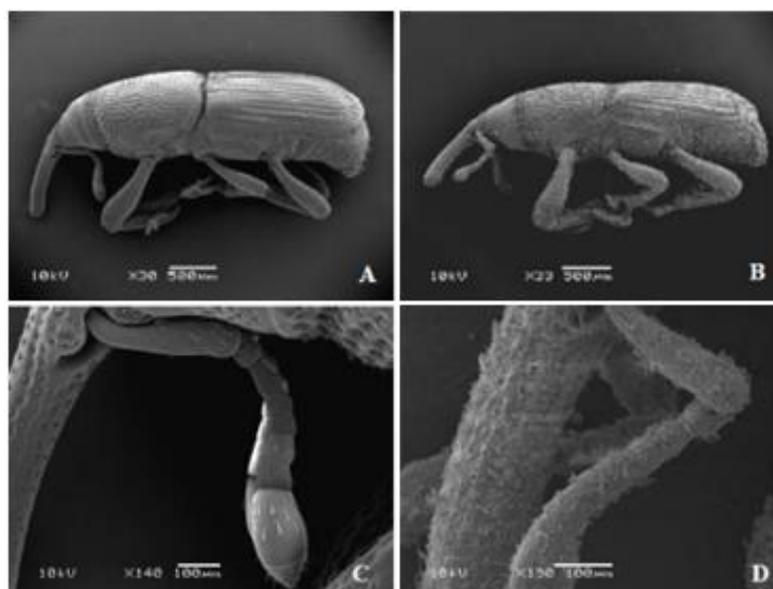


Figura 10. Eletromicrografias de *Sitophilus zeamais*: **A** e **C** corpo e antena, respectivamente, sem tratamento com terra de diatomácea; **B** e **D** corpo e antena, respectivamente, com partículas de terra de diatomácea adsorvidas.

Fonte: Ribeiro, 2010.

Segundo a AGROFIT (2010) a Keepdry e Insecto são as duas formulações comerciais de pós inertes à base de terra de diatomáceas, contendo 860 g/kg e 867 g/kg de dióxido de sílica, respectivamente; estando registrados no Brasil em uso ao controle de pragas de armazenamento. RIEDO et al., (2010) destaca que as formulações comerciais de pós inertes disponíveis no mercado brasileiro são registrados como inseticidas de classe toxicológica IV, que são considerados pouco ou muito pouco tóxicos. LORINI et al., (2003) ressalta que o preparo da terra de

diatomáceas para uso comercial é realizado por meio da extração, secagem e moagem do material fóssil, o qual resulta em pó seco, de fina granulometria.

MARIANO (2005) acentua que nos Estados Unidos da América, o produto comercial Insecto também é registrado como aditivo alimentar em rações, uma vez que no país, o dióxido de sílica amorfa, à base de terra de diatomáceas, é geralmente reconhecido como seguro para consumo humano e animal, assim podendo ser consignado como aditivo alimentar. Conforme MENDES (2016) a terra de diatomácea é utilizada também como um meio de filtração de uma ampla complexidade de tipos de bebidas, açúcar e adoçante, licores, óleos, produtos farmacêuticos.

CANEPPELE et al., (2010) avaliando a eficácia do pó inerte Terra de diatomácea (Insecto), constataram que o produto apresentou efeito inseticida diante todas as dosagens (125, 500, 750 g t⁻¹) e temperaturas (25, 30 e 35°) testadas no controle do *Sitophilus zeamais*. Os mesmos autores relataram que a mortalidade iniciou prontamente ao terceiro dia após o tratamento com o pó inerte, diante as três temperaturas estudadas; sendo que no terceiro dia, diante a temperatura de 25° C, a mortalidade dos insetos já atingia 60% para as dosagens de 500 e 750 g t⁻¹, e manifestando mortalidade próxima a 100 % no período de exposição de sete dias. Os autores ainda frisaram que para atingir mortalidade máxima diante a utilização da dosagem de 125 g t⁻¹, é necessário um tempo de exposição superior a 21 dias; contudo, com temperatura de 30°, a utilização de dosagens de 500 e 750 g t⁻¹ atingiram 100% de mortalidade dos insetos em período de exposição de 14 dias e, sobretudo, na temperatura de 35°, a partir do terceiro dia a mortalidade dos insetos não diferiu, atingindo o máximo, independentemente das dosagens utilizadas, inferindo assim de modo geral, que a interação entre doses de terra de diatomácea e temperatura permite uma melhor eficiência no controle do *S. zeamais*.

RIEDO et al., (2010) ao avaliarem o início do efeito da terra de diatomácea na mortalidade do *S. zeamais* em grãos de milho armazenados, tal como o tempo de exposição de cada tratamento, verificaram que ocorreu uma diferença significativa na taxa de mortalidade, somente nove dias após o tratamento e, de modo a destacar que o melhor tratamento obteve-se na dosagem de 250 g t⁻¹, diferindo significativamente da testemunha em um índice de mortalidade de 13 %, tendo em consideração a concepção de que quanto maior a dosagem, menor é o tempo para se obter um controle satisfatório dos insetos praga. De acordo com RIBEIRO et al.,

(2018) o curto intervalo de tempo diante altas concentrações está relacionado ao modo mais acelerado do processo de adsorção e abrasividade ocasionadas pela terra de diatomácea (Figura 11), em comparação a concentrações menores.



Figura 11. Efeito das doses de terra de diatomácea misturada com grãos de milho na cutícula de *S. zeamais*. (A) dose 1000 g/t e (B) dose de 500 g/t.

Fonte: Santos, 2016.

Em estudos realizados por SMIDERLE e CICERO (1999), as terras de diatomáceas Insecto e Keepdry proporcionaram um índice de mortalidade dos insetos-praga de 99,7% e 99%, respectivamente; tendo em vista que a aplicação dos produtos não provocou qualquer efeito fitotóxico para as sementes de milho armazenadas. Analisando a formulação de terra de diatomácea (Insecto) como alternativa de controle do *Sitophilus zeamais* em grãos armazenados, TOLEDO (2016) verificou que após um período de exposição de 14 dias, o tratamento com 3g de TD/kg de milho apresentou um índice de mortalidade superior a 90%, constatando a eficiência do produto.

Avaliando o comportamento locomotor das diferentes populações de *Sitophilus zeamais*, SANTOS (2016) ressaltou que a locomoção dos insetos tende a diminuir com o aumento das doses de terra de diatomácea. Segundo GUEDES et al., (2008) de modo a evitar ou minimizar a exposição ao inseticida, os insetos alteram seu comportamento locomotor.

KORUNIC (1998) destaca que fatores como mobilidade dos insetos, número e distribuição de pelos na cutícula, diferenças quantitativas e qualitativas nos lipídios cuticulares das diferentes espécies de insetos, tempo de exposição e umidade relativa do ar influenciam na taxa de perda de água, de modo a afetar a eficiência da ação inseticida do pó inerte.

Segundo MALIA (2012) a ação do pó inerte terra de diatomácea é diferenciado, visto que para o início da sua atividade de controle basta somente uma pequena locomoção do inseto no ambiente tratado, para que ocorra o processo de adesão das partículas ao seu corpo. De acordo com CANELO et al., (2011) os fabricantes de terra de diatomácea destacam que as culturas indicadas na ficha técnica do produto, sejam elas destinadas para uso na alimentação humana, bem como para a animal, podem ser tratadas com o pó inerte; de forma que o único pré-requisito para o tratamento é que as sementes ou grãos disponham de teor de umidade abaixo de 15%, de modo a não afetar a eficiência do produto.

Entre as principais vantagens do tratamento com terra de diatomácea, evidencia-se o não comprometimento do controle dos insetos ao decorrer do tempo, em razão de efetividade em ação inseticida; por ser um produto natural, não deixa resíduos tóxicos no ambiente; na dosagem recomendada, o mesmo não oferece riscos à saúde do consumidor, tal como para os operadores que entram em contato com o produto; não promove resistência em insetos e, possui fácil manuseio mediante a aplicação em pequena escala, visto que não necessita de equipamento específico (LORINI, 2002). Entretanto, conforme FIELDS (1998) o uso da terra de diatomácea detém de algumas limitações, tais como, o efeito na redução da fluidez e densidade dos grãos, o desgaste de forma antecipada dos equipamentos e, sobretudo, a exposição prolongada sobre a atmosfera de poeira da terra diatomácea, podendo ser prejudicial ao sistema respiratório humano, devido à substância sílica cristalino.

Dado a relevância da preservação dos grãos armazenados, de modo a garantir a qualidade e, sobretudo, tendo em vista os problemas que os inseticidas sintéticos vêm ocasionando devido seu uso intensivo, à terra de diatomácea configura-se como um controle interessante, visto que imprime menor risco de contaminação ambiental, e contribui como medida de proteção dos grãos, na qual propicia efeitos como mortalidade e repelência, sobre o *Sitophilus zeamais*.

2.4.3 Plantas com propriedades inseticidas e repelentes

Historicamente, os inseticidas provenientes de origem vegetal foram demasiadamente utilizados até a época de 1940, tendo como destaque a nicotina, extraída principalmente das folhas da espécie *Nicotiana tabacum* e *Nicotiana rustica*, pertencente à família Solanaceae. Sob forma de extratos de fumo, foi utilizada pela

primeira vez na França, em 1690. Contudo, a partir da Segunda Guerra Mundial, foram desenvolvidos inseticidas sintéticos que detinham das características de serem mais eficientes, bem como dispor de maior período residual do que os inseticidas botânicos, tornando-se o principal método de controle preventivo diante as pragas de armazenamento, assim como o mais utilizado desde então (LAHÓZ, 2008).

Caracterizado como um controle alternativo que detém de perspectivas promissoras diante o controle de pragas em grãos armazenados, o desenvolvimento de inseticidas botânicos tem-se demonstrado eficientes diante o controle de variadas espécies de insetos-praga. Os inseticidas botânicos são produtos oriundos de plantas que, sintetizam metabólicos secundários com características inseticidas, isto é, apresentam ação tóxica contra os insetos, por efeito do aprimoramento que adquiriram no decorrer de sua evolução (MENEZES, 2005).

Designados como fitotoxinas ou aleloquímicos, os metabólicos secundários são numerosos e variáveis, na qual tem como função proporcionar as plantas a sua própria defesa química contra os insetos, de modo a assegurar sua sobrevivência no ecossistema. VENDRAMIM e CASTIGLIONI (2000) destacaram que já foram identificadas mais de 200.000 espécies de plantas, compreendendo mais de 100.000 metabólicos secundários, produzidos durante a fase de crescimento e desenvolvimento. Segundo VILARINHO (2012), as pesquisas com plantas inseticidas são realizadas com a finalidade de se descobrir novas moléculas para fabricação de produtos sintéticos e utilização direta dessas plantas no controle de pragas.

De acordo com CABRAL (2011), a mostarda (*Brassica rapa* - Brassicaceae), pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* - Solanaceae), eucalipto (*Eucalyptus sp.* - Myrtaceae), erva-de-santa-maria (*Chenopodium ambrosioides* - Amaranthaceae), nim (*Azadiractha indica* - Meliaceae) e pimenta-do-reino (*Piper nigrum* - Piperaceae) são algumas das espécies estudadas que proporcionam eficiência de seus extratos no controle de pragas de grãos armazenados.

Os inseticidas botânicos podem ser empregados em forma de extratos aquosos ou hidroalcoólicos, pós e óleos, na qual são tóxicos aos insetos por meio de contato, ingestão, bem como fumigação. Conforme MENEZES (2005), as substâncias que atuam por contato, caracterizam o modo de ação de um inseticida que age e é absorvido pelo tegumento do inseto, na qual afetam o sistema nervoso

central, que é acessível para as substâncias em toda a superfície do corpo do inseto ou pelas vias respiratórias, causando rapidamente a morte do inseto. O mesmo autor destaca que as substâncias que atuam por ingestão, caracteriza o modo de ação de um inseticida que age e penetra no organismo por via oral, na qual afetam o sistema de digestão, o sistema de biossíntese dos hormônios da ecdise ou a formação da camada de quitina da cutícula do inseto. Em relação à fumigação, o controle dos insetos ocorre via intoxicação em meio à exposição ao gás ou vapor.

Com atividade inseticida, os produtos naturais podem apresentar variados efeitos sobre os insetos, tais como, repelência, inibição de oviposição e da síntese de quitina, influência no desenvolvimento, na alimentação, na reprodução, tal como provocam a mortalidade na fase adulta ou imatura. Presentes nos extratos vegetais, as substâncias inseticidas podem ser encontradas em variadas partes da planta, incluindo desde a raiz até os frutos e, sobretudo, envolvendo óleos essenciais e resinas (MORDUE e BLACKWELL, 1993).

O ressurgimento do interesse nos inseticidas botânicos está refletido na indispensabilidade de obter substâncias novas para o uso no controle de pragas, de forma a não provocar efeitos negativos equivalentes aos inseticidas sintéticos. No que se refere à aplicação dos inseticidas botânicos, a degradação rápida é evidenciada como uma das vantagens mais expressivas, visto que se deterioram rapidamente, principalmente em condições de luminosidade, umidade, chuva, ar, assim apresentando menos persistência dos resíduos no meio ambiente e alimentos e, sobretudo, proporcionando menores riscos de desenvolvimento de pragas com resistência, por apresentar estrutura química bem complexa. Outra vantagem é a ação rápida dos inseticidas naturais, pois ainda que não proporcione a morte do inseto no pequeno espaço de horas ou dias, o mesmo pode promover a paralisação da alimentação da espécie de modo imediato. Entretanto, vale ressaltar que sua ação no geral é caracterizada como tardia, se comparada com os inseticidas sintéticos. A baixa moderada toxicidade é caracterizada como outra vantagem na utilização dos inseticidas botânicos, uma vez que não provocam intoxicações ao aplicador, desta forma garantindo sua segurança e, além disso, não acarretam riscos à saúde do consumidor. Envolvendo outro benefício significativo, a seletividade ocasiona menor nocividade aos organismos benéficos, assim sendo mais seletivos aos insetos-praga. A baixa fitotoxicidade compreende mais uma vantagem, devido diversos inseticidas botânicos não se caracterizarem como

fitotóxicos, diante a aplicação de doses recomendadas. Os inseticidas saponáceos, sulfurosos e sulfato de nicotina podem ser tóxicos a alguns vegetais e ornamentais (KATHRINA e ANTONIO, 2004).

No entanto, os inseticidas botânicos detêm de uma presença inexpressiva no mercado de insumos agrícolas, em atenção aos obstáculos existentes em sua comercialização. Primeiramente, por apresentar baixa persistência, os inseticidas derivados de plantas podem demandar de um maior número de aplicações para almejar um controle satisfatório de inseto-praga, logo, os custos serão mais elevados. Outra barreira a se destacar, é a carência de pesquisas nessa área, uma vez que nota-se a indisponibilidade de resultados científicos acerca de eficiência e toxicidade de alguns inseticidas botânicos. O principal entrave à chegada dos inseticidas botânicos ao mercado é o registro, por motivo de não se tratar de uma única substância de origem vegetal, senão um complexo de substâncias quimicamente similares, de maneira que as instituições de registro em todos os países solicitam a identificação de todas as substâncias e os correspondentes testes toxicológicos (MENEZES, 2005).

No que diz respeito aos extratos aquosos, BARBOSA (2015) ressalta que para obtenção dos mesmos, após a coleta, a secagem e moagem, os pós são submetidos à imersão em água (a frio ou a quente), homogeneização e extração propriamente dita (por aproximadamente 24 horas) e filtração (com a utilização de um tecido fino, peneira ou papel filtro). No que se refere aos óleos essenciais, são caracterizados como um grupo de substâncias naturais, na qual o processo de extração das diversas partes das plantas se dá por meio da destilação a vapor ou extração por solvente. Conforme SANTOS et al. (2013), a obtenção de extratos vegetais se baseia na extração da matéria vegetal, subsequentemente o fracionamento do extrato ou óleo, a purificação do princípio ativo e, a passagem do mesmo por um solvente (água, álcool etílico, etc.).

CABRAL (2011) avaliou a eficácia das espécies *Chenopodium ambrosioides* (erva-de-santa-maria) da qual utilizou a planta inteira, bem como a *Piper nigrum* (pimenta-do-reino), sendo utilizadas as sementes, para a obtenção dos inseticidas vegetais. Segundo o autor, foram observados efeitos significativos no controle do inseto-praga com uso das espécies em forma de pó, uma vez que mostraram eficientes no controle do *Sitophilus zeamais*, ocasionando mortalidade de aproximadamente 90% após 96 horas de exposição. O mesmo destacou que na

forma de extratos aquosos, o *C. ambrosioides* foi mais eficiente diante o controle do gorgulho do milho, com mortalidade acima de 30%, sendo que para a *Piper nigrum* a mortalidade foi inferior a 30%.

A atividade tóxica de *Chenopodium ambrosioides* rente ao *Sitophilus zeamais* também foi evidenciada no trabalho de PROCÓPIO et al., (2003a), no qual se constatou mortalidade de 100% dos adultos do gorgulho, posteriormente a 10 dias de contato com o pó vegetal. Em seu trabalho, os autores também avaliaram o efeito do pó de folhas de eucalipto-cidrô (*E. citriodora*), na qual foi comprovada repelência significativa sobre os adultos do *Sitophilus zeamais*.

COITINHO et al., (2006) também obtiveram resultados positivos ao analisar o óleo de *Eucalyptus citriodora* como alternativa de controle do *S. zeamais* em milho armazenado, no qual avaliaram efeitos sobre a mortalidade, repelência e redução da emergência, resultando em 87,5; 92 e 100%, respectivamente.

Pertencente à família Meliaceae, o nim (*Azadirachta indica*) que pode ser encontrado nas regiões de clima tropical e subtropical da América, é acentuado como outra planta que detém de efeito inseticida, apresentando potencial no controle de pragas em grãos armazenados. Dentre os compostos presentes na planta do nim, a azadiractina é caracterizada como o principal princípio ativo responsável pelo efeito tóxico no inseto-praga (MARTINEZ, 2008). VIEGAS JÚNIOR (2003) relatou que a azadiractina que é extraída principalmente das sementes do nim, é conhecida pelo seu sabor amargo e, age de forma a coibir a alimentação do inseto, inibir o crescimento, e normalmente não é prejudicial aos predadores naturais do mesmo, ainda que seja perspicaz a uma vasta quantidade de insetos. BORSONARO et al., (2013) analisaram o extrato aquoso das folhas de nim como alternativa no controle do *S. zeamais*, na qual diante a aplicação da solução com concentração de 30,3%, proporcionou uma mortalidade de 44%, bem como a redução populacional desse inseto-praga.

COITINHO et al., (2006) testaram a eficiência do óleo de nim (*Azadirachta indica*) sobre o *Sitophilus zeamais*, apresentando efetividade de 100 % de mortalidade apenas no período inicial de armazenamento, sendo inexpressiva ao decorrer dos 60 aos 120 dias; contudo, aos 120 dias de armazenamento, o óleo manifestou melhor desempenho no manejo da praga, com relação ao número de insetos emergidos. Os mesmos autores destacaram a importância da ação repelente que os óleos vegetais proporcionam diante o controle de pragas de grãos

armazenados, ressaltando a tendência de quanto maior a repelência, menor será a infestação, assim ocasionando redução ou supressão da postura e, conseqüentemente, do número de insetos emergidos.

RABELO JÚNIOR et al., (2011) analisaram os efeitos do pó vegetal de nim (*Azadirachta indica*) visando o controle do *Sitophilus zeamais* em grãos de milho armazenados, na qual observaram que a atividade inseticida da planta provocou a mortalidade dos adultos em uma margem de 64%, diminuição na oviposição, redução de insetos emergidos, diminuição da viabilidade de ovos, tal como do crescimento populacional. Segundo PROCÓPIO et al. (2003b) é preferível optar pela utilização de pós quanto ao uso de extratos ou óleos, tendo em vista a maior facilidade na obtenção, assim como na aplicação do produto.

Avaliando a eficiência dos extratos hidroalcoólicos de *Mormodica charantia* - Cucurbitaceae (melão-de-são-caetano) e *Capsicum baccatum* – Solanaceae (pimenta dedo-de-moça) no controle do *Sitophilus zeamais*, ALMEIDA et al., (2013) verificaram que após 48 horas de exposição, diante a variável de mortalidade, os extratos da planta completa e dos frutos do *M. charantia* controlaram 100% dos insetos quando utilizadas doses a partir de 8 ml, ao passo que o extrato de *Capsicum baccatum* que foi obtido do fruto, controlou 100% dos insetos adultos, utilizando doses, a partir de 6 ml. Em análise ao uso dos extratos de *Mormodica charantia* e *Capsicum baccatum* em forma de pós vegetais, os autores observaram diante a variável de atratividade/repelência, que a pimenta dedo-de-moça apresentou maior ação repelente (94%) do que o melão-de-são-caetano (64,03%), de maneira a concluírem que os extratos são em média mais repelentes (79,01%) ao *S. zeamais*, do que atrativos (20,97%).

Em um experimento, considerando sete extratos vegetais, ALMEIDA et al., (2005) avaliaram suas propriedades inseticidas no controle do gorgulho-do-milho, na fase imatura (ovo) e adulta do inseto, de modo a destacar que após 48 horas de exposição, pelo método de vapor, os extratos hidroalcoólicos das espécies *Citrus cinensis* - Rutaceae (laranja), *Cymbopogon citratus* - Poaceae (capim santo) e *Nicotiana tabacum* - Solanaceae (fumo), foram significativos na mortalidade dos insetos adultos, apresentando diante todas as dosagens aplicadas uma eficiência média de 98,62; 97,87 e 96,50%, respectivamente. Além disso, os mesmos autores relataram que ao analisar o efeito de inviabilidade dos ovos de *S. zeamais*, na qual o tratamento consistiu da aplicação dos extratos diretamente sobre os grãos de milho,

os extratos das plantas de *N. tabacum* e *C. citratus* apresentaram ação ovicida com efeitos significativos de 96,55 e 95,07%, respectivamente.

Em estudo realizado por OOTANI et al., (2011) os óleos essenciais de Eucalipto (*Eucalyptus citriodora*) e citronela (*Cymbopogon nardus* - Poaceae) apresentaram taxa de toxicidade expressiva para o controle do gorgulho do milho, em razão da predominância do constituinte tóxico citronelal, na qual foi o componente isolado majoritário com 61,78% no óleo de eucalipto e 36,53% no óleo de citronela. Em resultado à menor toxicidade do citronelal sobre a emergência do inseto, os autores partiram do pressuposto que o constituinte dispõe de menor capacidade de penetração no grão, logo, não afetando a fase de desenvolvimento do *S. zeamais*.

ALMEIDA et al., (2014) ao utilizarem extratos hidroalcoólicos obtidos das sementes de pimenta do reino (*Piper nigrum* - Piperaceae) e pinha (*Annona squamosa* - Annonaceae) sobre o *S. zeamais*, observaram que as taxas em referência a repelência e mortalidade foram de 79,25% e 98% da *P. nigrum* e 86,75% e 100% com a *A. squamosa*, respectivamente. RESTELLO et al. (2009) avaliaram o efeito do óleo essencial do cravo-de-defunto (*Tagetes patula* - Asteraceae) sobre o *S. zeamais* e verificaram que o óleo obtido das folhas e caules apresentou atividade repelente e inseticida. Os mesmos autores constataram que o óleo essencial da *Tagetes patula* foi repelente para o inseto em concentrações de 10 µL, bem como apresentou maior ação inseticida em concentrações de 20 µL, 30 µL e 50 µL, resultando em taxas de mortalidade de 97, 100 e 100%, respectivamente.

Conhecida popularmente como aroeira, o *Schinus molle* L. (Anacardiaceae) foi analisado por FERNANDES e FAVERO (2014), de modo que apresentou efeito insetistático por contato, fumigação e repelência sobre o *Sitophilus zeamais*; contudo, o óleo manifestou menor efeito de intoxicação por via de contato. ASTOLFI et al. (2007) ao utilizarem óleo essencial obtido das cascas de laranja valência (*Citrus sinensis* - Rutaceae) sobre o *S. zeamais*, constataram uma eficácia em mortalidade de 100% com concentração de 0,5%(v/p) de óleo, bem como taxas de eficácias de 50% e 20% em concentrações de 0,4% e 0,3%, respectivamente, acentuando grande redução de eficácia em concentrações mínimas.

CORRÊA e SALGADO (2011) ressaltam que é necessário dispor de cautela diante a utilização de óleos essenciais botânicos, tal como seus constituintes, isto posto que aqueles que apresentam alta eficácia podem também possuir maior

fitotoxicidade. Além disso, os mesmos autores enfatizam que a atividade tóxica sobre plantas pode retardar o desenvolvimento e diminuir a produtividade, tal como levá-la até a morte; todavia a manifestação dos efeitos fitotóxicos depende da forma como as substâncias são aplicadas e da dose empregada.

À vista disso, o uso de inseticidas botânicos tem se configurado como recurso promissor aos propósitos do manejo integrado de pragas, uma vez que atendam requisitos de eficácia, seletividade e segurança. SILVA et al., (2007) destaca que o uso de produtos naturais como controle alternativo tem apresentado resultados satisfatórios, de modo a favorecer principalmente o pequeno agricultor, visto que detém de fácil aquisição, preparo, utilização, bem como baixo custo de produção. Entretanto, comercialmente, são poucos inseticidas botânicos presentes no mercado de insumos agrícolas, em razão da necessidade de estudos complementares que apresentem objetividade sobre mecanismos de ação, toxicidade, fitotoxicidade, tais como sua real segurança a mamíferos e outros vertebrados (MORAIS e PRADO, 2016).

Apesar de o *Sitophilus zeamais* ser considerado um dos insetos significantes no setor de armazenamento, a quantidade de trabalhos abrangendo essa área de pesquisa ainda é bastante sucinta, partindo de um cenário que desfruta de uma gama de espécies vegetais que representam um amplo e contínuo atrativo no controle de pragas em grãos armazenados.

2.4.4 Controle biológico

Caracterizada como uma medida eficiente utilizada em controle de pragas em âmbito de campo, o controle biológico ainda é pouco pertinente ao ecossistema de armazenagem (LORINI et al., 2015). O controle biológico é o método que abrange o uso de inimigos naturais, tais como, predadores, parasitoides ou patógenos, com intuito de suprimir as populações de insetos-praga (SOARES et al., 2009). O predador é o organismo de vida livre, que mata a presa, na qual usualmente é maior que a mesma, de forma a demandar de mais de um indivíduo para completar seu desenvolvimento. Evidenciado como organismo que instala em um hospedeiro e, conseqüentemente ocasiona a morte do mesmo, o parasitoide exige somente de um único indivíduo para completar seu ciclo biológico. O patógeno refere-se ao microrganismo que habita e se alimenta dentro ou sobre o hospedeiro (BERTI FILHO e MACEDO, 2011).

BROWER et al., (1996) destacam que o controle biológico de pragas de grãos armazenados demanda de cuidado e planejamento, visto que a maioria dos inimigos naturais são específicos de certas pragas, sendo fundamental identificar e estabelecer quais insetos-praga estão ocasionando maiores danos e, haja vista que para a implantação da medida, é necessário determinar as espécies a serem empregadas como agentes de controle biológico, estipular o número e a frequência das liberações desses inimigos naturais, bem como a época mais adequada para liberação. PARRA et al., (2002) destaca que diante os vários revés para implementação do controle biológico, estão, a falta de estudos básicos, programas que não detém de continuidade, projetos inadequadamente planejados, assim como a inexistente credibilidade a cerca do controle, uma vez que a utilização de inseticidas sintéticos se caracteriza como tradição.

Compreendendo os preceitos fundamentais da introdução, conservação e multiplicação, o controle biológico pode ser utilizado de três formas: controle biológico natural, controle biológico clássico e controle biológico aplicado. O controle biológico natural baseia-se no preceito da conservação, através da manutenção de densidade populacional dos inimigos naturais já existentes no agroecossistema, de forma que para que seja mais efetivo o incremento dessas populações de inimigos naturais, decorra a manipulação de fatores bióticos e abióticos, tais como o uso de inseticidas seletivos em épocas corretas, redução de dosagens, evitar práticas culturais inadequadas, manutenção de habitat ou fontes de alimentação para inimigos naturais. Caracterizado pelo preceito básico da introdução, o controle biológico clássico refere-se à importação e colonização de parasitoides ou predadores, com intuito de controlar pragas eventualmente nativas. Envolvendo o preceito da multiplicação, o controle biológico aplicado consiste em liberações inundativas de parasitoides, predadores ou patógenos, posteriormente as suas criações massais em laboratório, visando uma rápida redução da população do inseto-praga para seu nível de equilíbrio (BERTI FILHO e MACEDO, 2011).

O controle biológico apresenta como vantagens: a ausência de efeitos colaterais; alto poder de controle em baixo custo; após a implantação, dispõe de um custo reduzido, se comparada ao controle químico; propicia um controle mais extenso; elevada seletividade sobre a espécie-praga; o não surgimento de resistência das espécies. Em contrapartida, contém como limitações: a exigência de qualificação técnica e científica para difusão; a falta de recursos como fator limitante

de implantação, pois apresenta custos iniciais relativamente elevados; requer mais tecnologia e, em alguns casos, demanda de uma técnica complementar para obter resultado esperado sobre a população da praga (WILSON e HUFFAKER, 1976).

A espécie *Anisopteromalus calandrae* (Hymenoptera: Pteromalidae) já foi relatada como parasitoide dos coleópteros *Lasioderma serricorne*, *Rhyzopertha dominica* e *Sitophilus zeamais*, nos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, São Paulo e Alagoas, entretanto, os registros de ocorrência desse parasitoide no país ainda são primícias (GUZZO et al., 2012). Caracterizado como um ectoparasitoide solitário, o *Theocolax elegans* parasita larvas e pupas de *Rhyzopertha dominica* (Coleoptera: Bostrichidae), *Sitophilus* spp. (Coleoptera: Curculionidae), *Stegobium paniceum* (Coleoptera: Anobiidae), *Callosobruchus* spp. (Coleoptera: Bruchidae), *Sitotroga cerealella* (Lepidoptera: Gelechiidae) (SOARES et al., 2009). Conforme TANG (2016), esta vespa, pertencente à família Pteromalidae, apresenta potencial para suprimir pragas de grãos armazenados, de modo a retratar impacto positivo na qualidade dos cereais armazenados. Segundo NARDI (2003) em associações de parasitoides com as pragas de grãos armazenados, a espécie *Theocolax elegans* é correlacionada como parasitoide do *S. zeamais*.

Visto que o *Theocolax elegans* é considerado inimigo natural do *S. zeamais*, OLIVEIRA et al., (2002) avaliaram a seletividade dos inseticidas malation, deltametrina, cipermetrina, permetrina, clorpirifós-metílico e pirimifós-metílico ao parasitoide *T. elegans*, em relação ao seu hospedeiro, sendo que todos os inseticidas foram considerados altamente tóxicos ao parasitoide, no qual a maior e menor taxa de mortalidade foram, respectivamente, cipermetrina e deltametrina.

Sendo destaque entre os agentes patógenos do controle biológico de pragas, os fungos discorrem de um amplo espectro, visto que podem infectar os diferentes ciclos evolutivos dos insetos, desde o ovo até a fase adulta, acentuado como uma característica importante desse grupo. A maioria desses patógenos não carece de serem ingeridos para ocasionarem a morte dos seus hospedeiros, visto que seus esporos aderem e penetram no hospedeiro via tegumento, detendo assim de vantagem se comparado com outros grupos de patógenos que adentram no inseto via oral, de modo a penetrar através do mesêntero (ALVES, 1998).

SILVA (2006) ressalta que o fungo entomopatogênico *Beauveria bassiana* é um dos mais empregados no Brasil e no mundo, uma vez que apresenta fácil produção a baixo custo, além da sua ação de contato via cutícula do hospedeiro,

sem que haja a necessidade de ingestão dos conídios pelos insetos, assim sendo utilizado em variados programas de controle de pragas, tais como do moleque-de-bananeira (*Cosmopolites sordidus* – Curculionidae), do cupim de montículo (*Cornitermes cumulans* – Termitidae), broca-do-café (*Hypothenemus hampei* - Curculionidae), da broca dos citrus (*Diploschema rotundicolle* – Cerambycidae), bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis* – Curculionidae), besouro da batata (*Leptinotarsa decemlineata* – Chrysomelidae), tais como insetos de grãos armazenados, como o besouro-castanho (*Tribolium castaneum* – Tenebrionidae), o gorgulho-do-milho (*Sitophilus zeamais* – Curculionidae), entre outros.

Outro fungo importante usado em grande escala no controle biológico de pragas é o *Metarhizium anisopliae*, sendo empregado principalmente em controle de cigarrinhas, incluindo a cigarrinha da raiz (*Mahanarva fimbriolata*) e a cigarrinha das folhas (*M. posticata*), que são pragas que atacam a cana-de-açúcar, e as cigarrinhas dos gêneros *M. fimbriolata*, *Deois flavopicta* e *Notozulia entreriana*, consideradas as principais pragas de pastagens no Brasil (MICHEREFF FILHO et al., 2009). Embora não detenha de notoriedade em contexto de comercialização de inimigos naturais, principalmente de predadores e parasitoides, o Brasil possui respectiva prática no comércio de patógenos, sendo que desde a década de 70 já comercializava o fungo *Metarhizium anisopliae* em virtude do controle de cigarrinhas da cana-de-açúcar e das pastagens, *Baculovirus anticarsia* em controle à lagarta-da-soja (*Anticarsia gemmatilis*) e, *Beauveria bassiana* para controle de moleque da bananeira (*Cosmopolites sordidus*) (PARRA, 2002).

MOINO JUNIOR e ALVES (1997) analisando as concentrações de dois isolados de *B. bassiana* a serem aplicados em grãos armazenados, de modo a visar o controle do *Sitophilus oryzae*, *S. zeamais* e *Rhyzopertha dominica*, constataram que os isolados foram mais virulentos a espécie *R. dominica*, entretanto, mediante as duas espécies de *Sitophilus*, os dois isolados em concentrações de 0,1 g de conídios/ 100 g de grãos, apresentaram maior suscetibilidade do *S. zeamais* ao fungo, se comparada ao *S. oryzae*.

AYALA et al., (2013) em seleção de isolados de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* mais tolerantes a temperaturas elevadas (28, 30, 32, e 34 ° C) durante o controle do *S. zeamais*, verificaram que todos os isolados foram patogênicos a uma concentração de 1 x 10⁹ conídios / mL, média de 53-93% de mortalidade, com TL₅₀ de 3,5 a 5,1 dias, no entanto, os isolados de *B. bassiana*

foram mais patogênicos que o *M. anisopliae* sobre os insetos, na qual o isolado B11-1 foi o mais eficaz, ocasionando mortalidade de 93,3% em 3,5 dias. Apesar disso, os fungos *M. anisopliae* foram mais tolerantes as temperaturas elevadas, entre 28 a 34° C, sendo conveniente ao controle do *S. zeamais* em grãos de milho armazenados, em cenário de instalações que disponham dessas condições de temperaturas.

Avaliando a toxicidade de produtos formulados à base dos fungos entomopatogênicos *B. bassiana* (Boveril®) e *M. anisopliae* (Metarril®) sobre *S. zeamais*, PIMENTEL e FERREIRA (2012) observaram que a taxa de mortalidade do inseto-praga, aumentou com o período de exposição, independentemente da concentração utilizada de ambos os produtos, sendo que os maiores índices foram constatados dez dias após a aplicação, na qual o Metarril ocasionou mortalidade de 85 e 83%, em concentrações de 125 ml l⁻¹ e 200 ml l⁻¹, respectivamente; e 85 e 98,3%, em concentrações de 4,0 g l⁻¹ e 5,0 g l⁻¹, respectivamente.

No que diz respeito ao controle biológico através de parasitoides, NARDI (2003) enfatiza que é fundamental que sejam realizados estudos acerca da dinâmica dos insetos-praga e seus inimigos naturais, de modo a aferir os níveis de interações entre os mesmos, bem como agregar informações em compilação com as poucas existentes em âmbito de armazenagem. PIMENTEL e FERREIRA (2012) ressaltam que ainda é carente o cenário de trabalhos que avaliam produtos comerciais formulados à base de fungos entomopatogênicos em aplicação protetora diretamente nos grãos de milho, em que simulam aplicações efetuadas em unidades de armazenamento de grãos e sementes, de modo que a maioria dos trabalhos disponíveis na literatura analisa a eficácia de isolados por meio da pulverização sobre os insetos, ou mediante a imersão dos insetos sobre a solução com os fungos.

MOINO JUNIOR e ALVES (1997) destacam que o programa inicial de seleção é de fundamental importância, uma vez que se podem avaliar aspectos de virulência, persistência, capacidade de reprodução dos patógenos, de modo a favorecer a obtenção de um isolado com maior eficiência em menores concentrações, assim proporcionando a aplicação do controle em condições de armazenamento, em larga escala e, tendo em vista que os isolados em condições de laboratório tendem a demonstrar potencial de controle similar em ambiente de armazenamento, já que as condições são estáveis, de modo a não discernir daquelas ao qual o patógeno foi selecionado. VACARI e BORTOLI (2010) enfatizam que programas de controle biológico não devem ser procedidos isoladamente, visto

que para a sua implementação, demanda de vários estudos, como por exemplo, a seletividade de produtos fitossanitários, a conservação de inimigos naturais, entre outros.

Diante baixos investimentos na pesquisa e no processo de produção ou formulação, poucas são as empresas que possuem laboratórios, equipamentos e pessoal especializado para efetuar um programa de controle de qualidade, de modo que a maioria dos produtos ainda não está oficialmente registrada no Brasil e, sobretudo, sendo vendidos na forma de concentrados técnicos, não apresentando nenhum tratamento posterior ou adição de substâncias que propiciem melhorias no decorrer de etapas como transporte e armazenamento, praticidade de manuseio, persistência no agroecossistema ou eficiência de controle (FARIA e MAGALHÃES, 2001). É imprescindível uma legislação efetiva, no qual disponha de uma fiscalização rigorosa de qualidade em relação aos agentes de controle, bem como sendo necessário o acompanhamento de todas as etapas, tais como a quarentena, controle de qualidade, seleção dos inimigos naturais e execução criteriosa dos procedimentos que devem ser executados (VACARI e BORTOLI, 2010).

POTRICH et al., (2006) evidenciam que diante a exigência de uma demanda mundial de alimentos mais saudáveis, tendo em vista a redução dos inseticidas sintéticos, o controle biológico é uma alternativa importante, sendo considerada uma ferramenta que pode ser efetiva e implementada as outras estratégias de manejo integrado de pragas em unidades armazenadoras. De modo que esse método possa ser consolidado no Brasil, se torna de fundamental importância o incentivo do governo, departamentos e instituições relacionadas, para que supere obstáculos que obstruem a utilização gradativa desse controle, haja vista que o país já possui programas inerentes a essa área (SILVA e BRITO, 2015).

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tendo em vista o uso de inseticidas sintéticos no controle do *Sitophilus zeamais*, constatou-se que o pirimifós-metílico, a deltametrina e abamectin são os que mais se destacam no controle do inseto-praga, embora já tendo sido reportada em alguns casos a resistência do mesmo à deltametrina. O uso das duas formulações comerciais à base de terra de diatomácea (Keepdry e Insecto) disponíveis no mercado brasileiro se mostraram eficientes no controle do gorgulho, de modo a não apresentarem diferenças entre si.

Diante as linhas de pesquisa promissoras de inseticidas vegetais no controle do *S. zeamais*, as espécies *Chenopodium ambrosioides* e *Capsicum baccatum* se mostraram eficientes quando utilizadas na forma de pó. Os extratos hidroalcoólicos das espécies *Mormodica charantia*, *Capsicum baccatum*, *Annona squamosa*, *Citrus cinensis*, *Piper nigrum*, *Cymbopogon citratus* e *Nicotiana tabacum* apresentaram resultados significativos, visto que proporcionaram maior eficácia em mortalidade dos insetos. Em relação aos óleos, as espécies *Azadirachta indica*, *Tagetes patula* e *Citrus sinensis* manifestaram potencial inseticida expressivo em controle ao gorgulho-do-milho.

No que diz respeito ao uso de agentes biológicos, o ectoparasitóide *Theocolax elegans*, tal como os fungos entomopatogênicos *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae*, são caracterizados por sua ação positiva de controle sobre o *S. zeamais*, constituindo de um método alternativo ao controle de inseticidas sintéticos. Contudo, convém apontar a necessidade de se realizar vários outros estudos que integrem os existentes.

4 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRAER. **Cultura do milho**: manual de recomendações técnicas. Disponível em: <http://www.agraer.ms.gov.br/wpcontent/uploads/sites/68/2015/05/Manual_de_recomendações_técnicas_cultura_do_milho.pdf>. Acesso em: 04 mar. 2018.
- AGROFIT. **Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 03 ago. 2018.
- AIBA - Associação de Agricultores e Irrigantes da Bahia. **Classificação de grãos**. Barreiras, 2017. 23p.
- ALENCAR, E. R.; FARONI, L. R. D. A.; FERREIRA, L. G.; COSTA, A. R.; PIMENTEL, M. A. G. Qualidade de milho armazenado e infestado por *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum*. **Revista Engenharia na Agricultura**. Viçosa. v. 19, n. 1, p. 9-18, 2011.
- ALMEIDA, F. A. C.; PESSOA, E. B.; GOMES, J. P.; SILVA, A. S. Emprego de extratos vegetais no controle das fases imatura e adulta do *Sitophilus zeamais*. **Revista Agropecuária Técnica**. Campina Grande. v. 26, n.1, p.46-53, 2005.
- ALMEIDA, F. A. C.; SILVA, J. F.; MELO, B. A.; GOMES, J. P.; SILVA, R. G. Extratos botânicos no controle de *Sitophilus zeamais* Motschulsky 1885 (Coleoptera: Curculionidae). **Revista Verde**. Mossoró. v. 8, n. 3, p.163-168, 2013.
- ALMEIDA, F. A. C.; SILVA JUNIOR, P. J.; QUEIROGA, V. P.; FIGUEIREDO NETO, A.; OLIVIER, N. C.; ROJAS, A. B. G. Eficiência de extratos vegetais como inseticida em *Sitophilus zeamais* em grãos de milho armazenados. **Revista de Ciências Técnicas Agrícolas**. v. 23, n. 2, p.57-62, 2014.
- ALVES, S. B. **Controle microbiano de insetos**. 2 ed. Piracicaba: Fealq, 1998. 1163p.
- ANDRADE, E. T. **Simulação da variação de temperatura em milho armazenado em silo metálico**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 147p. 2001.
- ANTUNES, C. I. F. **Susceptibilidade de variedades de arroz ao ataque de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae)**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrônômica) – Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa. 76p. 2010.
- ANTUNES, L. E. G. **Efeito da dose e tempo de exposição à terra de diatomácea e inseticidas em adultos de *Sitophilus zeamais* (Col., Curculionidae) e *Tribolium castaneum* (Col., Tenebrionidae) em grãos de milho armazenado**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia Ênfase Entomologia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 65p. 2011.
- ANTUNES, L. E. G.; DIONELLO, R. G. Eficiência de inseticidas durante o armazenamento de grãos de milho. **Revista Eletrônica Científica**. Porto Alegre. v. 3, n. 1, p. 83-94, 2017.
- ANTUNES, L. E. G.; VIEBRANTZ, P. C.; GOTTARDI, R.; DIONELLO, R. G. Características físico-químicas de grãos de milhos atacados por *Sitophilus zeamais* durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande. v. 15, n. 6, p. 615-620, 2011.

- ARAÚJO, A. A. Forrageiras para ceifa, capineiras, pastagens, fenação e ensilagem. Citado por MATTOS, J. L. S. Gramíneas forrageiras anuais alternativas para a região do Brasil central. **Revista de Ciências Agroambientais**. Alta Floresta. v.2 , n.1 , p.52-70.
- ARTHUR, F. H.; THRONE, J. E.; SIMONAITIS, R. A. Chlorpyrifos methyl degradation and biological efficacy toward maize weevils (Coleoptera: Curculionidae) on corn stored at four temperatures and three moisture contents. **Journal of Economic Entomology**. Lanham. v. 84, n. 1, p. 1926-1932, 1991.
- ASTOLFI, V.; BORGES, L. R.; RESTELLO, R. M.; MOSSI, A. J.; CANSIAN, R. L. Estudo do efeito repelente e inseticida do óleo essencial das cascas de *Citrus sinensis* L. Osbeck no controle de *Sitophilus zeamais* Mots. em grãos de milho (*Zea mays* L.). In: CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, 8, 2007, Caxambu. **Anais...** São Paulo: USP, 2007. p. 21-22.
- AYALA, R. D. R.; GUTIÉRREZ, C. G.; TORRES, A. A. Seleção de *Beauveria bassiana* e *Metarhizium anisopliae* isolados mais tolerantes a temperaturas elevadas durante o controle de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Sociedade de Sudoeste Entomologistas**. v. 38, n. 2, p. 313-324, 2013.
- AZEVEDO, L. F.; OLIVEIRA, T. P.; PORTO, A. G.; SILVA, F. S. A capacidade estática de armazenamento de grãos no Brasil. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., 2008, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Enegep, 2008. p. 1-14.
- BARBOSA, E. A. S. **Efeitos de extratos de *Casearia javitensis* Kunth (Salicaceae) sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae)**. Dissertação (Mestrado em Biologia - Entomologia) – Ministério da Ciência e Tecnologia, Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Manaus. 54p. 2015.
- BARONI, G. D.; BENEDETI, P. H.; SEIDEL, D. J. Cenários prospectivos da produção e armazenagem de grãos no Brasil. **Revista Thema**. Passo Fundo, v.14, n.4, p.55-64, 2017.
- BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. **A cultura do milho**. Évora: Departamento de Fitotecnia, 2014. 52 p.
- BELMONTE, B. R. **Determinação do potencial inseticida de extratos e lectinas de casca e cerne de *Myracrodruon urundeuva* contra o gorgulho do milho (*Sitophilus zeamais*)**. Dissertação (Mestrado em Bioquímica e Fisiologia) – Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 74p. 2015.
- BERALDIN, R. M. **Diatomita para prevenção de pragas em silos**. Monografia (Doutorado em Economia e Meio Ambiente) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 41p. 2012.
- BERTI FILHO, E.; MACEDO, L. P. M. Tipos de agentes de controle biológico. In: BERTI FILHO, E.; MACEDO, L. P. M. **Fundamentos de controle biológico de insetos-praga**. Natal: IFRN Editora, 2011. cap. 7, p. 40-96.
- BEZERRA, L. L.; SILVA FILHO, J. H.; FERNANDES, D.; ANDRADE, R.; MADALENA, J. A. S. Avaliação da aplicação de biofertilizante na cultura do milho: crescimento e produção. **Revista verde de agroecologia e desenvolvimento sustentável grupo verde de agricultura alternativa**. Mossoró, v. 3, n. 3, p. 131-139, 2008.
- BIANCHIN, D. **Fundações para bases de silos metálicos de fundo plano**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí. 105p. 2013.
- BOGDAN, A.V. **Tropical pasture and fodder plants: grasses and legumes**. London: Logman, 1977. 475p.

BRASIL. **Decreto n.3855, de 03 de jul. 2001.** Regulamenta a Lei n. 9973, de 29 de maio de 2000, que dispõe sobre o sistema de armazenagem dos produtos agropecuários. Diário Oficial, Brasília, 18 jan. 2010.

BRITO, S. M. **Manejo de *Sitophilus zeamais* em milho doce através da resistência hospedeira por antixenose e antibiose.** Monografia (Mestrado em Agronomia) - Universidade de Brasília, Brasília. 45p. 2015.

BROOKER, D. B.; BAKKER ARKEMA, F. W.; HALL, C. W. **Drying and storage of grains and oilseeds.** New York: Van Nostrand Reinhold, 1992. 450p.

BROWER, J. H.; SMITH, L.; VAIL, P. V.; FLINN, P.W. Biological control. In: SUBRAMANYAM, B.; HAGSTRUM, D. W. **Integrated Management of Insects in Stored Products.** New York: Marcel Dekker, 1996. p. 223-286.

BUCKLER, E. S.; STEVENS, N. M. Maize origins, domestication, and selection. In: MOTLEY, T. J.; ZEREGA, N.; CROSS, H. **Darwin's harvest: new approaches to the origins, evolution, and conservation of crops.** New York: Columbia, 2006. p.67-90.

CABRAL, D. **Eficácia de *Piper nigrum* e *Chenopodium ambrosioides* no controle do inseto-praga de grãos armazenados *Sitophilus zeamais*.** Monografia (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília. 31p. 2011.

CAMPOS, T. B. Pragas dos Grãos Armazenados. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 12., 2005, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Instituto Biológico, 2005. p. 5-12.

CANELO, R. A.; DERMANIO, A. S.; FERREIRA, T. L.; DELAI, R. M. Efeito do pó-inerte na conservação e armazenamento dos grãos de trigo. **Revista Cultivando o Saber.** Cascavel. v. 4, n. 2, p.71-80, 2011.

CANEPPELE, M. A. B.; ANDRADE, P. J.; SANTAELLA, A. G. Diferentes dosagens de pó inerte e temperaturas em milho armazenado para controle de gorgulho-do-milho. **Scientia Agraria.** Curitiba. v. 11, n. 4, p. 343-347, 2010.

CARDOSO, J. R. **Manejo integrado de pragas em grãos armazenados.** Monografia (Especialização em Tecnologias Inovadoras no Manejo Integrado de Pragas e Doenças de Plantas) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 33p. 2009.

CARVALHO, B. L.; GUILHERME, S. R.; GUEDES, M. L.; FERREIRA, R. A. D. C.; CARDOSO, G. A.; NHANENGUE, C. L.; RODRIGUES, C. S.; TEIXEIRA, R. K. S.; ALVES, N. B.; RAMALHO, M. A. P. **Síndrome da domesticação das plantas cultivadas.** Lavras: Fundecc, 2014. 42 p.

CBI. Guia do milho. Disponível em: <http://www.cib.org.br/pdf/guia_do_milho_CIB.pdf>. Acesso em: 27 fev. 2018.

COGO, C. H. **Armazenagem de soja na fazenda: análise da rentabilidade com base na sazonalidade dos preços e na evolução da capacidade estática no Brasil.** Monografia (Especialização em Agronegócio) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 61p. 2014.

COITINHO, R. L. B. C.; OLIVEIRA, J. V.; JUNIOR, M. G. C. G.; CÂMARA, C. A. G. Atividade inseticida de óleos vegetais sobre *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae) em milho armazenado. **Revista Caatinga.** Mossoró. v.19, n. 2, p. 176-182, 2006.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos – safra 2016/17**. Brasília, v. 4, n. 12, 2017. 158 p.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Armazenagem agrícola no Brasil**. Brasília, 2005. 46 p.

CORRÊA, J. C. R.; SALGADO, H. R. N. Atividade inseticida das plantas e aplicações: revisão. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**. Botucatu. v. 13, n. 4, p.500-506, 2011.

COSTABILE, L. T. **Estudo sobre as perdas de grãos na colheita e pós colheita**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Paulista, São Paulo. 157p. 2017.

CRUZ, J. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; ALVARENGA, R. C.; GONTIJO NETO, M. M.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F.; MATRANGOLO, W. J. R.; FILHO, M. R. A. **Cultivo do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. 10 p.

CRUZ, J. C.; WAQUI, J. M.; VIANA, P. A.; MENDES, S. M. **Cultivo do milho: pragas**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2007.

CUNHA, A. R.; CLÁUDIO, R. F. **Avaliação da eficácia de diferentes doses de terra de diatomáceas sobre o gorgulho do milho *Sitophilus zeamais***. Dissertação (Mestrado em Tecnologia em Gestão Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira. 36p.

D'ARCE, M. A. B. R. **Pós colheita e armazenamento de grãos**. 2006. Disponível em: <<http://sinueloagropecuaria.com.br/wp-content/uploads/2016/09/armazenamento-de-graos-1.pdf>>. Acesso em: 30 set. 2018.

DOEBLEY, J.; STEC, A.; HUBBARD, L. The evolution of apical dominance in maize. **Nature**. v.386, p. 485-488,1997.

DUARTE, P. A. Milho safrinha se consagra e caracteriza um sistema peculiar de produção. **Revista Visão Agrícola**. Piracicaba. n. 13, p. 78-82, 2015.

ELIAS, M. C. **Pós-colheita de arroz: secagem, armazenamento e qualidade**. Pelotas: UFPEL, 2007. 422p.

EMBRAPA. **Recomendações da Comissão Centro-Sul Brasileira de Pesquisa de Trigo para Mato Grosso do Sul - 2002**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2002. 79p.

FARIA, M. R.; MAGALHÃES, B. P. O uso de fungos entomopatogênicos no Brasil. **Biotecnologia, Ciência & Desenvolvimento**. v.4, p.18-21, 2001.

FARINHA, A. E. C. C.; BARCI, L. A. G.; POTENZA, M. R.; SANTOS, A. S.; SCARPELLINI, J. R.; FARIA, A. M. Pragas agroindustriais. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 12., 2005, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: Instituto Biológico, 2005. p. 07-19.

FARONI, L. R. D. A. **Fatores que influenciam a qualidade dos grãos armazenados**. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/20168821/Fatores-Influenc-Qualid-Graos>>. Acesso em: 23 abr. 2018.

FARONI, L.R.A. Manejo das pragas dos grãos armazenados e sua influência na qualidade do produto final. **Revista Brasileira de Armazenamento**. Viçosa. v.17, n.1, p. 36-42, 1992.

FARONI, L. R. D. A.; SILVA, J. S. Manejo de pragas no ecossistema de grãos armazenados. In: SILVA, J. S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. 2. ed. Viçosa: Aprenda Fácil, 2008. cap. 15, p. 345-382.

FARONI, L. R. D. A.; SILVA, J. F.; SILVA, F. A. P. Pragas e métodos de controle. In: SILVA, J. S. **Pré-processamento de produtos agrícolas**. Juiz de Fora: Instituto Maria, 1995.

FARONI, L. R. A.; SOUSA, A. H. Aspectos biológicos e taxonômicos dos principais insetos-praga de produtos armazenados. In: ALMEIDA, F. A. C.; DUARTE, M. E. M.; MATA, M. E. R. M. C. **Tecnologia de armazenagem em sementes**. Campina Grande: UFCG, 2006. p.371-402.

FERNANDES, E. T.; FAVERO, S. Óleo essencial de *Schinus molle* L. para o controle de *Sitophilus zeamais* Most. 1855 (Coleoptera: Curculionidae) em milho. **Revista Brasileira de Agroecologia**. Pelotas. v. 9, n. 1, p.225-231, 2014.

FERNANDES, J. R. C. *Sitophilus zeamais* e *Sitotroga cerealella*: pragas do milho. **Revista Agrotec**. Porto. n.2, p. 72-76, 2012.

FERNANDES, Q. S. **Análise da capacidade estática de armazenagem de grãos no Brasil no período de 1980 a 2015**. Dissertação (Mestrado em Gestão Organizacional) – Universidade Federal de Goiás, Catalão. 79p. 2016.

FIELDS, P. Alternatives to chemical control of stored-product insects in temperate regions In: INTERNACIONAL WORKING CONFERENCE ON STORED PRODUCT PROTECTION, 9., 2006, Campinas. **Proceedings...** Campinas: Abrapós, 2006. p. 653-662.

FIELDS, P. G. Diatomaceous earth: advantages and limitations. In: INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE ON STORED-PRODUCT PROTECTION, 7., 1998, Beijing. **Proceedings...** Beijing: Cereal Research Centre, 1998. p. 25-28.

FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S. In: FONTANELI, R. S.; SANTOS, H. P.; FONTANELI, R. S. **FORAGEIRAS PARA INTEGRAÇÃO LAVOURA-PECUÁRIA-FLORESTA NA REGIÃO SUL-BRASILEIRA**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2009. cap. 10, p.185-198.

FONTES, L. S.; FILHO, A. J. A.; ARTHUR, V. Danos causados por *Sitophilus oryzae* (Linné, 1763) e *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera: Curculionidae) em cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.). **Arquivo Instituto Biológico**. São Paulo. v. 70, n.3, p. 303-307, 2003.

GASSEN, D. N. Aspectos sobre o manejo de pragas em grãos armazenados. In: SIMPÓSIO DE PROTEÇÃO DE GRÃOS ARMAZENADOS, 1993, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1993. p. 96-103.

GLÓRIA, E. M.; DOMINGUES, M. A. C. Qualidade do milho é classificada por padrões oficiais, de acordo com o uso. **Revista Visão Agrícola**. Piracicaba. n. 13, p. 130-134, 2015.

GUEDES, R. N. C.; CAMPBELL, J. F.; ARTHUR, F. H.; OPIT, G. P.; ZHU, K. Y.; THRONE, J. E. Acute lethal and behavioral sublethal responses of two stored-product psocids to surface insecticides. **Pest Management Science**. v. 64, p.1314-1322, 2008.

GUEDES, R. N. C.; SILVA, F. A. P. Avaliação do efeito residual do inseticida abamectin no controle de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) em milho armazenado. **Revista Ceres**. Viçosa. v. 39, n. 225, p. 435-442, 1992.

GUZZO, E. C.; NEGRISOLI JUNIOR, A. S.; SANTOS, N. L.; SANTOS, D. L.; COSTA, V. A. Parasitismo de *Sitophilus* sp. (Coleoptera: Curculionidae) por *Anisopteromalus calandrae* (Howard, 1881) (Hymenoptera: Pteromalidae) no estado de Alagoas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 24., 2012, Curitiba. **Anais...** Curitiba: SEB, 2012. p. 1-807.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal – milho (em grão) 1º e 2º safras**. Rio de Janeiro, 2008. 163 p.

KATHRINA, G. A.; ANTONIO, L. O. J. Controle biológico de insetos mediante extratos botânicos. In: CARBALL, M.; GUAHARAY, F. **Controle biológico de pragas agrícolas**. Managua: CATIE, 2004. p.137-160.

KORUNIC, Z. Diatomaceous earth: a group of natural insecticides. **Journal of Stored Product Research**. Oxford. v. 34, p. 87-98, 1998.

LAHÓZ, A. C. **Eficiência agrônômica do Etofenprox no controle de *Sitophilus zeamais* Motsch., 1855 (Coleoptera: Curculionidae) em grãos armazenados de milho e a relação entre o seu ataque e a variação de umidade e atividade de água dos grãos**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 48p. 2008.

LEITE, G. L. D. **Capacidade de armazenamento e escoamento de grãos do estado do Mato Grosso**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília. 34p. 2013.

LOECK, A. E. **Pragas de produtos armazenados**. Pelotas: EGUFPEL, 2002. 113p.

LORINI, I. Aplicação do manejo integrado de pragas em grãos armazenados. In: SIMPÓSIO DE PROTEÇÃO DE GRÃOS ARMAZENADOS, 1993, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT, 1993. p. 117-126.

LORINI, I. **Manejo integrado de pragas de grãos armazenados**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2000. 4 p.

LORINI, I. **Manual técnico para o manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2001. 80p.

LORINI, I. **Produto natural à base de terra de diatomáceas para controle das pragas de grãos armazenados**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2002. 8p.

LORINI, I.; FERREIRA FILHO, A.; BARBIERI, I.; DEMAMAN, N. A.; MARTINS, R. R.; DALBELLO, O. Terra de diatomáceas como alternativa no controle de pragas de milho armazenado em propriedade familiar. **Revista Agroecologia**. Porto Alegre. v. 2, n. 4, p. 32-36, 2001.

LORINI, I.; KRZYZANOWSKI, F. C.; NETO, J. B. F.; HENNING, A. A.; HENNING, F. A. **Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenadas**. Brasília: Embrapa Soja, 2015. 82p.

LORINI, I.; MORÁS, A.; BECKEL, H. **Tratamento de sementes armazenadas com pós inertes à base de terra de diatomáceas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 4 p.

MACHADO, G. C. **Diagnóstico da produção e comercialização das commodities agrícolas soja e milho no Brasil e no mundo**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 58p. 2016.

MALIA, H. A. E. **Terra de diatomácea, individualidade e balanço de água no caruncho do milho *Sitophilus zeamais***. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 70p. 2012.

MARIANO, F. D. **Terra de diatomácea no controle de pragas em grãos armazenados**. Monografia (Licenciatura em Ciências com Habilitação em Química) – Centro Universitário da Fundação Educacional, Guaxupé. 40p. 2005.

MARTINEZ, S. S. **O nim - *Azadirachta indica* - um inseticida natural**. Paraná: IAPAR, 2008. 5p.

MEJIA, E. B.; PARRA, F. F.; BADILHO, M. E. V.; RODRÍGUEZ, E. G.; VILLA, V. Z.; AMBRIZ, S. J. Control del *Sitophilus zeamais* Motschulsky en almacén con aplicación de clorpirifos metil y deltametrina y su efecto en la calidad de semilla de maíz. **Revista Agraria**. Saltillo. v. 52, n. 1, p.29-36, 2004.

MENDES, R. B. **Produção e qualidade de sementes e raízes de cenoura em solo adubado com biofertilizante enriquecido com resíduo de terra diatomácea**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Minas Gerais, Montes Claros. 73p. 2016.

MENEGALDO, J. G. **A importância do milho na vida das pessoas**. Grupo Cultivar. Disponível em: <http://www.grupocultivar.com.br/ativemanager/uploads/arquivos/artigos/27-05_gc_milho_-_a_importancia_do_milho_na_vida_das_pessoas.pdf>. Acesso em: 28 març. 2018.

MENEZES, E. L. A. **Inseticidas botânicos: seus princípios ativos, modo de ação e uso agrícola**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 31p.

MICHEREFF FILHO, M.; FARIA, M.; WRAIGHT, S. P.; SILVA, K. F. A. S. Micoínseticidas e micoacaricidas no Brasil: como estamos após quatro décadas?. **Arquivos do Instituto Biológico**. São Paulo. v. 76, n. 4, p. 769-779, 2009.

MOINO JUNIOR, A.; ALVES, S. B. Determinação de concentrações de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. para o controle de insetos-pragas de grãos armazenados. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**. v. 26, n. 1, p. 15-20, 1997.

MORAIS, L. A. S.; PRADO, J. S. M. Plantas com atividade inseticida. In: VIEIRA, B. A. H.; PRADO, J. S. M.; NECHET, K. L.; MORANDI, M. A. B.; BETTIOL, W. **Defensivos agrícolas naturais: uso e perspectivas**. Brasília: Embrapa, 2016. p. 542-593.

MORDUE LUNTZ, A. J.; BLACKWELL, A. Azadirachtin: an update. **Journal of Insect Physiology**. Oxford. v. 39, p. 903-924, 1993.

NARDI, C. **Sinopse dos himenópteros parasitóides associados a pragas de grãos armazenados no Brasil**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 45p. 2003.

OLIVEIRA, E. E.; AGUIAR, R. W. S.; SARMENTO, R. A.; TUELHER, E. S.; GUEDES, R. N. C. Seletividade de inseticidas a *Theocolax elegans* parasitóide de *Sitophilus zeamais*. **Bioscience Journal**. Uberlândia. v. 18, n. 2, p. 11-16, 2002.

OOTANI, M. A.; AGUIAR, R. W. S.; MELLO, A. V.; DIDONET, J.; PORTELLA, A. C. F.; NASCIMENTO, I. R. Toxicidade de óleos essenciais de eucalipto e citronela sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae). **Bioscience Journal**. Uberlândia. v. 27, n. 4, p. 609-618, 2011.

PAES, M. C. D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 6 p.

PARRA, J. R. P. Comercialização de inimigos naturais no Brasil: uma área emergente. In: PARRA, J. R.; BOTELHO, P. S. M.; FERREIRA, S. C.; BENTO, J. M. S. **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p. 343-349.

PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.; FERREIRA, B. S. C.; BENTO, J. M. Controle biológico: uma visão inter e multidisciplinar. In: PARRA, J. R. P.; BOTELHO, P. S. M.;

FERREIRA, B. S. C.; BENTO, J. M. **Controle biológico no Brasil: parasitóides e predadores**. São Paulo: Manole, 2002. p.125-142.

PATURCA, E. Y. **Caracterização das estruturas de armazenagem de grãos: um estudo de caso no Mato Grosso**. Dissertação (Mestrado em Logística Agroindustrial) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 35p. 2014.

PIMENTEL, M. A. G.; FARONI, L. R. A.; OLIVEIRA, C. R. F.; GONÇALVES, J. R.; QUEIROZ, M. E. L. R. Efeito da temperatura do ar no momento da pulverização sobre a eficácia biológica de deltametrina em milho armazenado. **Bioscience Journal**. Uberlândia. v. 21, n. 1, p. 41-47, 2005.

PIMENTEL, M. A. G.; FARONI, L. R. A.; TÓTOLA, M. R.; GUEDES, R. N. Phosphine resistente, respiration rate and fitness consequences in stored-product insects. **Pest Management Science**. West Sussex. v. 63, n. 9, p. 876-881, 2007.

PIMENTEL, M. A. G.; FERREIRA, E. G. Toxicidade de produtos formulados à base de fungos entomopatogênicos para o caruncho-do-milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**. v. 11, n. 2, p. 209-215, 2012.

PIMENTEL, M. A. G.; VIEIRA, V. A.; MENDES, S. M.; COSTA, R. V.; ALBEMAZ, W. M. **Recomendações de boas práticas de armazenamento de milho em espiga para agricultura familiar**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 11p.

PINTO, N. F. J. A.; SANTOS, M. A.; WRUCK, D. S. M. Principais doenças da cultura do milho. **Revista Informe Agropecuário**. Belo Horizonte. v.27, n.233, p. 82-94, 2006.

POTRICH, M.; ALVES, L. F. A.; MERTZ, N. R.; SILVA, E. R. L. Avaliação de *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. e *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) Sorok. para controle de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **BioAssay**. v. 1, n. 12, p.1-9, 2006.

PROCÓPIO, S. O.; VENDRAMIM, J.D.; JÚNIOR, J. I. R.; SANTOS, J. B. Bioatividade de diversos pós de origem vegetal em relação a *Sitophilus zeamais* MOTS. (Coleoptera: Curculionidae). **Revista Agrotec**. Lavras. v. 27, n.6, p. 1231-1236, 2003a.

PROCÓPIO, S. O.; VENDRAMIM, J.D.; JÚNIOR, J. I. R.; SANTOS, J. B. Efeito de pós vegetais sobre *Acanthoscelides obtectus* (SAY) e *Zabrotes subfasciatus* (BOH.) (Coleoptera: Bruchidae). **Revista Ceres**. Viçosa. v. 50, n. 289, p. 395-405, 2003b.

QUIRINO, J. R. **Resfriamento artificial de grãos de milho em armazém graneliro horizontal**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia. 97p. 2008.

RABELO JÚNIOR, J. A. A.; MELO, A. F.; BARBOSA, D. R. S.; OLIVEIRA, J. C.; FONTES, L. S. Efeitos de pós vegetais de Nim (*Azadirachta indica*) e de Fedegoso (*Senna occidentalis* (L.), na oviposição, sobrevivência e emergência de adultos de *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Coleoptera: Curculionidae) em grãos de milho armazenados. In: SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFPI, 20., 2011, Teresina. **Anais...**, Teresina: Universidade Federal do Piauí, 2011. p. 1-3.

RESTELLO, R. M.; MENEGATT, C.; MOSSI, A. J. Efeito do óleo essencial de *Tagetes patula* L. (Asteraceae) sobre *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera, Curculionidae). **Revista Brasileira de Entomologia**. São Paulo. v. 53, n.2, p.304-307, 2009.

REZENDE, A. C. Metodologias de controle de pragas em grãos e produtos armazenados. **Revista O Biológico**. São Paulo. v.70, n.2, p.101-103, 2008.

RIBEIRO, B. M. **Resistência de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) a inseticidas: detecção e mecanismos.** Tese (Doutorado em Entomologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 51p. 2001.

RIBEIRO, L. P.; LOVATTO, M.; VENDRAMIM, J. D. Avaliação da eficácia de duas formulações comerciais de terra de diatomácea no controle do gorgulho-do-milho com base em parâmetros toxicológicos. **Agropecuária Catarinense**. Florianópolis. v. 31, n.1, p.56-60, 2018.

RIEDO, I. C.; NEITZKE, J.; OLIVEIRA, N. C. Controle de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) em milho (*Zea mays* L.) tratado com terra de diatomácea. **Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia**. Guarapuava. v. 3, n. 1, p.185-188, 2010.

SALUM, M. I. F. S. **Infraestrutura Logística no Brasil: Uma busca por maior competitividade.** Florianópolis: UFSC, 2010. 12p.

SANTOS, I. B. **Eficácia inseticida da terra diatomácea e resposta comportamental de populações de *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera, Curculionidae).** Dissertação (Mestrado em Produção Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns. 44p. 2016.

SANTOS, J. C.; FARONI, L. R. A.; SIMOES, R. O.; PIMENTEL, M. A. G.; SOUSA, A. H. Toxicidade de inseticidas piretróides e organofosforados para populações brasileiras de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Revista Bioscience Journal**. Uberlândia. v. 25, n. 6, p. 75-81, 2009.

SANTOS, J. P. **Controle de pragas durante o armazenamento de milho.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 20 p.

SANTOS, P. L.; PRANDO, M. B.; MORANDO, R.; PEREIRA, G. V. N.; KRONKA, A. Z. Utilização de extratos vegetais em proteção de plantas. **Enciclopédia Biosfera**. Goiânia. v.9, n.17, p.2562-2576, 2013.

SATO, M. E. Resistência de insetos pragas em grãos armazenados. **Revista Biológico**. v. 70, n. 2, p. 93-95, 2008.

SAUER, D. B. **Storage of cereal grains and their products.** Minnesota: American Association of Cereal Chemists, 1992. 615p.

SCHÖLLER, M.; PROSELL, S.; AL-KIRSHI, A. G.; REICHMUTH, C. H. Towards biological control as a major component of integrated pest management in stored product protection. **Journal of Stored Products Research**. Oxford, v.33, p.81-97, 1997.

SERAPHIM, L. S. B. H. **Qualidade e quebra técnica de milho armazenado em diferentes ambientes.** Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) – Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá. 95p. 2006.

SILVA, A. B.; BRITO, J. M. Controle biológico de insetos-pragas e suas perspectivas para o futuro. **Revista Agrotec**. v. 36, n. 1, p. 248-258, 2015.

SILVA, J. S.; LACERDA FILHO, A. F.; NOGUEIRA, R. M.; REZENDE, R. C. Estruturas para armazenagem de grãos. In: SILVA, J. S. **Secagem e armazenagem de produtos agrícolas**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. cap. 14, p. 343-370.

SILVA, P. H.; TRIVELIN, P. C. O.; GUIRADO, N.; AMBROSANO, E. J.; MENDES, P. C. D.; ROSSI, F.; ARÉVALO, R. A. Controle alternativo de *Sitophilus zeamais* Mots., 1855 (Col.: Curculionidae) em grãos de milho. **Revista Brasileira Agroecologia**. Piracicaba. v. 2, n. 1, p. 902-905, 2007.

SILVA, R. Z. **Formulação e armazenamento de conídios de *Beauveria Bassiana* (Bals.) Vuill.** Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 98p. 2006.

SMIDERLE, O. J.; CICERO, S. M. Tratamento inseticida e qualidade de sementes de milho durante o armazenamento. **Scientia Agrícola**. Piracicaba. v. 56, n. 4, p.1245-1254, 1999.

SOARES, M. A.; ZANUNCIO, J. C.; LEITE, G. L. D.; REIS, T. C.; SILVA, M. A. Controle biológico de pragas em armazenamento: uma alternativa para reduzir o uso de agrotóxicos no Brasil?. **Revista Unimontes Científica**. Montes Claros. v.11, n.1, p. 52-59, 2009.

SOUZA, A. W. A.; PIRES, G. A. **Cultura do milho**. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAgH8kAE/cultura-milho#>>. Acesso em: 27 fev. 2018.

STRIQUER, L. P.; BERVIAN, C. I. B.; FAVERO, S. Ação repelente de plantas medicinais e aromáticas sobre *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). **Revista Ensaios e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde**. Campo Grande. v. 10, n. 1, p. 55-62, 2006.

TANG, Q. *Sitophilus zeamais* - induced rice grain volatiles: attractiveness towards the generalist parasitoid wasp, *Theocolax elegans*. **Zoological Society of Pakistan**. v. 48, n. 6, p.1817-1824, 2016.

TERRA, T. F. **Variabilidade genética em populações de teosinto (*Zea mays* subsp. *mexicana*) visando à contribuição para o melhoramento genético do milho (*Zea mays* subsp. *mays*).** Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre. 175p. 2009.

TOLEDO, P. F. S. **Eficácia de terra de diatomáceas como alternativa de controle para duas importantes pragas de grãos armazenados *Sitophilus oryzae* (L.) e *Sitophilus zeamais* (Motsch.).** Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 22p. 2016.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Grain: World Markets and Trade**. Foreign Agricultural Service/USDA - Office of Global Analysis. 2017. p. 1-59.

VACARI, A. M.; BORTOLI, S. A. Situação atual e perspectivas da comercialização de agentes de controle biológico no Brasil. In: BUSOLI, A. C.; ANDRADE, D. J.; JANINI, J. C.; BARBOSA, C. L.; FRAGA, D. F.; SANTOS, L. C.; RAMOS, T. O.; PAES, V. S. **Tópicos em Entomologia Agrícola III**. Jaboticabal: Multipress, 2010. p. 91-102.

VALICENTE, F. H. **Manejo integrado de pragas na cultura do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 13p.

VENDRAMIM, J. D.; CASTIGLIONI, E. Aleloquímicos, resistência de plantas e plantas inseticidas. In: GUEDES, J. C.; COSTA, I. D.; CASTIGLIONI, E. **Bases e técnicas do manejo de insetos**. Santa Maria: UFSM/CCR/DFS, 2000. cap. 8, p. 113-128.

VENDRAMIM, J. D.; NAKANO, O.; PARRA, J. R. P. Pragas dos produtos armazenados. Citado por RIBEIRO, L. P. **Bioprospecção de extratos vegetais e sua interação com protetores de grãos no controle de *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae).** Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 155p. 2010.

VIEGAS JÚNIOR, C. Terpenos com atividade inseticida: uma alternativa para o controle químico de insetos. **Química Nova**. Araraquara. v. 26, n. 3, p. 390-400, 2003.

VILARINHO, M. K. C. **Inseticidas químicos e extratos vegetais aquosos no controle de *Sitophilus zeamais* em grãos de milho sob condições de armazenamento.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Federal de Mato Grosso, Rondonópolis. 84p. 2012.

VORPAGEL, A. G. **Inoculação de *Azospirillum*, isolado e associado a bioestimulante, em milho, no noroeste do RS.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí. 56p. 2010.

WEBER, E. A. **Armazenagem Agrícola.** 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 2001. p. 191-193.

WILSON, F.; HUFFAKER, C. B. The physiology scope and importance of biological control. In: HUFFAKER, C. B.; MESSENGER, P. S. **Theory and practice of biological control.** New York: Academic Press, 1976. p. 3-14.