

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOTECNIA

MANEJO DE *SITOPHILUS ZEAMAI*S (COL., CURCULIONIDAE) EM GRÃOS
DE MILHO COM DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS E TERRA DE
DIATOMÁCEAS

Henrique Delevati Fagundes
Engenheiro Agrônomo/UFSM

Dissertação apresentada com um dos requisitos
à obtenção do Grau de Mestre em Fitotecnia
Ênfase Entomologia

Porto Alegre (RS) Brasil
Abril de 2016

CIP - Catalogação na Publicação

Fagundes, Henrique Delevati
Manejo de *Sitophilus zeamais* (Col.,
Curculionidae) em grãos de milho com diferentes
materiais genéticos e terra de diatomáceas /
Henrique Delevati Fagundes. -- 2016.
84 f.

Orientador: Rafael Gomes Dionello.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do
Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa
de Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS,
2016.

1. gorgulho do milho. 2. pós colheita. 3.
controle. 4. terra de diatomáceas. 5. milho. I.
Dionello, Rafael Gomes, orient. II. Título.

HENRIQUE DELEVATI FAGUNDES
Engenheiro Agrônomo - UFSM

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

MESTRE EM FITOTECNIA

Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 29.04.2016
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 13.12.2016
Por

RAFAEL GOMES DIONELLO
Orientador - PPG Fitotecnia

SIMONE MUNDSTOCK JAHNKE
Coordenadora do Programa de
Pós-Graduação em Fitotecnia

ANA PAULA OTT
PPG Fitotecnia/UFRGS

LUIDI ERIC GUIMARÃES ANTUNES
UERGS-Campus Vacaria

LAURI LOURENÇO RADÜNZ
UFFS-Universidade Federal da
Fronteira Sul

PEDRO ALBERTO SELBACH
Diretor da Faculdade de
Agronomia

DEDICO
Aos meus pais, Carlos Alberto Alves Fagundes e Olga Margarete Delevati Fagundes

AGRADECIMENTOS

Ao professor Rafael Gomes Dionello, pela amizade, pela parceria e principalmente pela orientação.

Ao professor Lauri Lourenço Radunz da Universidade Federal da Fronteira Sul, Erechim, pelo auxílio na realização das análises estatísticas.

Aos bolsistas e colegas do Laboratório de Pós Colheita e Armazenagem da UFRGS, principalmente a Rafael Friedrich de Lima pela amizade e auxílio nas análises.

Aos bolsistas e funcionários do Laboratório de Nutrição Animal da Faculdade de Zootecnia da UFRGS, pelas análises químicas realizadas.

MANEJO DE *SITOPHILUS ZEAMAI*S (COL., CURCULIONIDAE) EM GRÃOS DE MILHO COM DIFERENTES MATERIAIS GENÉTICOS E TERRA DE DIATOMÁCEAS¹

Autor: Henrique Delevati Fagundes
Orientador: Rafael Gomes Dionello

RESUMO

O Brasil atualmente tem uma produção agrícola de aproximadamente 190 milhões de toneladas de grãos anuais e dentre os principais problemas são as perdas nas etapas de pós-colheita, principalmente no armazenamento desses grãos. Sendo assim, os objetivos deste trabalho foram avaliar os danos e a suscetibilidade dos grãos de milho (*Zea mays*) ao ataque de *Sitophilus zeamais* (Col., Curculionidae) e testar a eficácia de diferentes dosagens de terra de diatomácea nas temperaturas de 22 e 30 °C, em condições de laboratório, para o controle de *Sitophilus zeamais* em grãos de milho. Os experimentos foram realizados no Laboratório de Pós-Colheita e Armazenagem do Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. No primeiro experimento foram realizadas as análises de sobrevivência e mortalidade de insetos, umidade do grão, massa específica, peso de mil grãos, microbiológica, tecnológica, proteína, extrato etéreo, matéria mineral e acidez. No segundo experimento foram executadas as análises de umidade do grão, massa específica, variação de massa seca e sobrevivência, mortalidade e emergência de insetos. Os híbridos de milho Dekalb e Syngenta apresentaram os menores índices de suscetibilidade a esta praga. O híbrido Pioneer é o mais suscetível ao ataque de *S. zeamais* em grãos de milho. Na temperatura de 22 °C ocorreram reduções na mortalidade em todas as doses avaliadas, ao longo do armazenamento. Na temperatura de 30 °C ocorreu aumento na mortalidade em todas as doses avaliadas, ao longo do armazenamento. Os resultados obtidos permitem concluir que os híbridos de milho Dekalb e Syngenta apresentam a menor suscetibilidade ao ataque de *S. zeamais*. O híbrido Pioneer apresenta o maior nível de suscetibilidade a esta praga. No experimento, os resultados permitiram concluir que na temperatura de 22 °C ocorreram reduções na mortalidade em todas as doses avaliadas, ao longo do armazenamento. Na temperatura de 30 °C ocorreram aumento na mortalidade em todas as doses avaliadas, ao longo do armazenamento.

¹ Dissertação de Mestrado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (84 f.) Abril, 2016.

**MANAGEMENT *SITOPHILUS ZEAMAI* (COL., CURCULIONIDAE)
IN CORN GRAINS WITH DIFFERENTS GENETIC MATERIALS AND
DIATHOMACEOUS EARTH ¹**

Author: Henrique Delevati Fagundes
Adviser: Rafael Gomes Dionello

ABSTRACT

Brazil currently has an agricultural production of approximately 190 million tons of grain annually and among the main problems are the losses in the stages of post-harvest, particularly in storing grains. Thus, the objectives of this study were to evaluate the damage and the susceptibility of grains of maize (*Zea mays*) to *Sitophilus zeamais* attack (Col., Curculionidae) and test the efficacy of different dosages of diatomaceous earth in temperatures of 22 and 30 °C in laboratory conditions, for the control of *Sitophilus zeamais* in corn kernels. The experiments were conducted at the Laboratory of Postharvest and Storage Department of Plant Protection of the Faculty of Agronomy of the Federal University of Rio Grande do Sul. In the first experiment were performed survival analysis and mortality of insects, grain moisture, density, thousand kernel weight, microbiological, technology, protein, ether extract, ash and acidity. In the second experiment were performed the grain moisture analysis, density, dry weight change and survival, mortality and emergency insects. The Dekalb corn hybrids and Syngenta had the lowest rates of susceptibility to this pest. The hybrid Pioneer is more susceptible to insects of the species *Sitophilus zeamais* in corn kernels. At 22 °C there were reductions in mortality in all studied doses during storage. At 30 °C increase in mortality occurred at all doses evaluated, during storage. The results showed that in Experiment 1 corn hybrids Dekalb and Syngenta had the lowest susceptibility to attack the species *Sitophilus zeamais*. The hybrid Pioneer had the highest level of susceptibility to this pest. In the experiment, the results showed that at 22 °C there were reductions in mortality in all evaluated doses during storage. At 30 °C increase in mortality occurred at all doses evaluated, during storage.

¹ Master's dissertation in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (84 p.) April, 2016.

SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Importância da cultura do milho.....	3
2.2 <i>Sitophilus zeamays</i> Mots 1855 (Coleoptera, Curculionidae).....	4
2.3 Manejo de Insetos	6
2.3.1 Terra de diatomáceas.....	6
2.3.2 Uso de Cultivares Resistentes.....	7
2.4 Qualidade de grãos no armazenamento.....	8
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1 Experimento 1.....	12
3.1.1 Teor de água.....	13
3.1.2 Massa específica	13
3.1.3 Peso de mil grãos	14
3.1.4 Análise tecnológica	14
3.1.5 Análise microbiológica.....	15
3.1.6 Análises químicas.....	15
3.1.6.1 Acidez titulável.....	15
3.1.6.2 Carboidratos ou extrativo não-nitrogenado.....	16
3.1.6.3 Extrato etéreo ou gordura bruta	16
3.1.6.4 Material mineral ou cinzas	16
3.1.6.5 Proteína bruta.....	16
3.2 Experimento 2.....	17
3.2.1 Sobrevivência, mortalidade, emergência e perda de peso	18
3.2.2 Massa específica	18
3.2.3 Teor de água.....	18
3.3 Delineamento experimental e análise estatística.....	18
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20

	Página
4.1 Experimento 1.....	20
4.1.1 População de insetos e resíduo produzido.....	20
4.1.2 Teor de água.....	23
4.1.3 Massa específica.....	25
4.1.4 Peso de mil grãos.....	27
4.1.5 Redução de massa seca.....	29
4.1.6 Análise tecnológica de defeitos.....	31
4.1.7 Análise fúngica.....	34
4.1.8 Análise bromatológica ou química.....	37
4.1.9 Análise de agrupamento.....	43
4.2 Experimento 2.....	45
4.2.1 Massa Específica.....	45
4.2.2 Mortalidade de insetos.....	48
4.2.3 Sobrevivência de insetos.....	53
4.2.4 Emergência de insetos.....	55
4.2.5 Variação de massa seca.....	58
4.2.6 Teor de água.....	60
5 CONCLUSÕES.....	63
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64

RELAÇÃO DE TABELAS

	Página
1. Limites máximos de tolerância expressos em percentual (%).....	14

RELAÇÃO DE FIGURAS

	Página
1. Mortalidade dos insetos ao longo do armazenamento, durante 180 dias. Porto Alegre, RS, 2014.....	21
2. Produção de resíduos (%) em quatro híbridos de milho ao longo de 180 dias de armazenagem. Porto Alegre, RS, 2014.....	23
3. Teor de água (%) em quatro híbridos de milho ao longo de 180 dias de armazenagem. Porto Alegre, RS, 2014.	24
4. Massa específica (kg.m^{-3}) em quatro híbridos de milho ao longo de 180 dias de armazenagem. Porto Alegre, RS, 2014.....	26
5. Peso de mil grãos (g) em quatro híbridos de milho ao longo de 180 dias de armazenagem. Porto Alegre, RS, 2014.	28
6. Redução de massa seca (%) em quatro híbridos de milho ao longo de 180 dias de armazenagem. Porto Alegre, RS, 2014.....	30
7. Grãos carunchados (%) em quatro híbridos de milho ao longo de 180 dias de armazenagem. Porto Alegre, RS, 2014.	32
8. Impurezas (%) em quatro híbridos de milho ao longo de 180 dias de armazenagem. Porto Alegre, RS, 2014.	33
9. Fungos do gênero <i>Aspergillus</i> (%) em quatro híbridos de grãos de milho durante armazenamento por 180 dias. Porto Alegre, RS, 2014.....	35
10.Fungos do gênero <i>Fusarium</i> (%) em quatro híbridos de grãos de milho durante o armazenamento por 180 dias. Porto Alegre, RS, 2014.	36
11.Fungos do gênero <i>Penicillium</i> (%) em quatro híbridos de milho durante o armazenamento por 180 dias. Porto Alegre, RS, 2014.	37
12.Teor de acidez do óleo (%) em quatro híbridos de milho ao longo de 120 dias de armazenagem. Porto Alegre, RS, 2014.....	38
13.Teor de proteína (%) em quatro híbridos de milho armazenado por 120 dias. Porto Alegre, RS, 2014.....	40

	Página
14. Teor de lipídios (%) em quatro híbridos de armazenado por 120 dias. Porto Alegre, RS, 2014.....	41
15. Teor de cinzas (%) em quatro híbridos de milho armazenado por 120 dias. Porto Alegre, RS, 2014.....	42
16. Dendograma de agrupamentos hierárquicos, a partir da distância euclidiana, para os quatro híbridos de milho, durante 180 dias de armazenamento, quanto à suscetibilidade ao ataque de <i>S. zeamais</i> . Porto Alegre, RS, 2014.	44
17. Massa específica de grãos de milho armazenado em temperatura de 22 °C e tratados com quatro doses de terra de diatomáceas ao longo de 90 dias. Porto Alegre, RS, 2015.....	45
18. Massa específica de grãos de milho armazenado em temperatura de 30 °C e tratados com quatro doses de terra de diatomáceas ao longo de 90 dias. Porto Alegre, RS, 2015.....	47
19. Insetos mortos em grãos de milho armazenado em temperatura de 22 °C e tratados com quatro doses de terra de diatomáceas ao longo de 90 dias. Porto Alegre, RS, 2015.....	49
20. Insetos mortos em grãos de milho armazenado em temperatura de 30 °C e tratados com quatro doses de terra de diatomáceas ao longo de 90 dias. Porto Alegre, RS, 2015.....	51
21. Insetos vivos em grãos de milho armazenado em temperatura de 22 °C e tratados com quatro doses de terra de diatomáceas ao longo de 90 dias. Porto Alegre, RS, 2015.....	53
22. Insetos vivos em grãos de milho armazenado em temperatura de 30 °C e tratados com quatro doses de terra de diatomáceas ao longo de 90 dias. Porto Alegre, RS, 2015.....	54
23. Emergência de insetos em grãos de milho armazenado em temperatura de 22 °C e tratados com quatro doses de terra de diatomáceas ao longo de 90 dias. Porto Alegre, RS, 2015.....	56
24. Emergência de insetos em grãos de milho armazenado em temperatura de 30 °C e tratados com quatro doses de terra de diatomáceas ao longo de 90 dias. Porto Alegre, RS, 2015.....	57
25. Variação de massa seca (g) de grãos de milho armazenado em temperatura de 22 °C e tratados com quatro doses de terra de diatomáceas ao longo de 90 dias. Porto Alegre, RS, 2015.....	58
26. Variação de massa seca (g) de grãos de milho armazenados em temperatura de 30 °C e tratados com quatro doses de terra de diatomáceas ao longo de 90 dias. Porto Alegre, RS, 2015.....	59

	Página
27. Teor de água (%) em grãos de milho armazenados e tratados com quatro doses diferentes de terra de diatomáceas. Porto Alegre, RS, 2015.....	61
28. Teor de água (%) em grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas e tratados com quatro doses diferentes de terra de diatomáceas. Porto Alegre, RS, 2015.....	62

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays*) é um dos grãos mais produzidos no mundo e de maior importância alimentar. Este cereal possui grande importância tanto no aspecto econômico quanto social. De acordo com CONAB (2016) o Brasil está entre os três maiores produtores mundiais de milho, com cerca de 83 milhões de toneladas produzidas.

Segundo a FAO (2006), anualmente nos países que estão em processo de desenvolvimento, milhões de toneladas de cereais, raízes, tubérculos, frutas e hortaliças, não irão chegar à mesa do consumidor devido a problemas que ocorrem nos processos relacionados à pós-colheita, como a fragilidade nos procedimentos e equipamentos de secagem e armazenamento, danos ocasionados por insetos, fungos, roedores dentre outras pragas, além de problemas relacionados à logística, transporte e comercialização.

Perdas tanto qualitativas quanto quantitativas ocorrem tanto no processo de colheita como em todas as etapas do processo de pós-colheita, como secagem, armazenamento, transporte, processamento, comercialização e nos pontos finais de distribuição aos consumidores. Atualmente, no Brasil, as perdas que ocorrem nas etapas da pós-colheita alcançam valores de 10 a 15% do total de grãos produzidos.

Em função das perdas elevadas durante o armazenamento dos grãos de milho, uma das formas de reduzir os problemas ocasionados por insetos é a utilização de

inseticidas naturais, como a terra de diatomáceas. Este inseticida possui algumas vantagens em relação aos inseticidas químicos, como a não poluição do meio ambiente, não oferece riscos a saúde tanto humana quanto animal, não existe relatos de resistência a terra de diatomáceas, por parte dos insetos.

Outra alternativa no manejo de insetos é o uso de variedades resistentes ou menos suscetíveis ao ataque de pragas de produtos armazenados, e que também tem como vantagem, de reduzir ou evitar controle químico, e que pode auxiliar dentro de um programa de manejo integrado de pragas de produtos armazenados.

Os objetivos deste trabalho foram: 1) avaliar as perdas qualitativas e quantitativas ocasionadas por insetos-pragas da espécie *Sitophilus zeamais* a grãos de diferentes híbridos de milho durante o armazenamento e 2) avaliar a mortalidade, sobrevivência, emergência e perdas quantitativas de insetos-pragas da espécie *Sitophilus zeamais* em grãos de milho quando tratados com terra de diatomáceas.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Importância da cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é originário da América, provavelmente, da região onde hoje se localiza o México. Foi domesticado num período entre 7 mil e 10 mil anos. Como resultado da seleção, tanto artificial, praticada pelo homem, como natural, para adaptação as diferentes condições ambientais, o homem civilizado herdou dos povos mais antigos cerca de 300 raças de milho, caracterizadas pelas mais diversas adaptações, tanto para condições climáticas, como para os vários usos do cereal (Paterniani, 1993).

De acordo com a classificação botânica, o milho é uma monocotiledônea, que pertence à família Poaceae, subfamília Panicoidae, gênero *Zea* e espécie *Zea mays* L. (Siloto, 2002). É uma planta herbácea, monóica, portanto possui os dois sexos na mesma planta em inflorescências diferentes, completa seu ciclo em quatro a cinco meses caracterizando uma planta anual (Pons & Bresolin, 1981).

Sua importância econômica esta relacionada às suas várias formas de utilização, da alimentação animal a indústria de alta tecnologia. Seu uso em grãos na alimentação de animais representa a maior parte do consumo, sendo que no Brasil varia de 70 a 90% da produção total. Embora o percentual destinado a alimentação humana não seja tão grande em relação a sua

produção, é um cereal de grande importância, principalmente para a população de baixa renda. Também possui grande importância social, principalmente porque no Brasil grande parte de seus produtores não são tecnificados, não possuem grandes extensões de terras e dependem de sua produção para viver (Cruz *et al.*, 2011).

Os Estados Unidos, a China e o Brasil são os maiores produtores mundiais de milho (USDA, 2016). Apesar de ser o terceiro maior produtor mundial do cereal, o Brasil possui uma média de produtividade considerada baixa (3.593 kg ha⁻¹) (CONAB, 2016) quando comparada com a China (4.933 kg ha⁻¹) e com os Estados Unidos (8.672 kg ha⁻¹) (Duarte, 2008; CONAB, 2016).

O Brasil participa com 7% do total da safra mundial com área de 15,4 milhões de hectares (ha) e tem no Estado do Paraná, a parcela de 29% da safra. A produtividade média atingiu 85 sacos ha⁻¹ e gerou 84 milhões de toneladas no ano de 2016, com 56 milhões destinados ao consumo; 28 milhões de toneladas destinaram-se a exportação e 6,5 milhões a armazenagem (CONAB, 2016).

2.2 *Sitophilus zeamays* Mots 1855 (Coleoptera, Curculionidae)

Sitophilus zeamais (Motschulsky, 1855) conhecido popularmente como gorgulho-do-milho pertence à ordem Coleoptera e a família Curculionidae (Rees, 1996).

Este inseto apresenta elevado potencial biótico, grande número de hospedeiros, infestação cruzada e facilidade na penetração na massa de grãos. Os adultos são de coloração castanho-escuros, apresentam o pronoto

fortemente pontuado, os élitros densamente estriados e medem cerca de 3,0 mm de comprimento (Gallo *et al.*, 2002). As larvas desse inseto são de coloração amarelo-clara com a cabeça mais escura e as pupas são brancas (Lorini & Schneider, 1994).

Trata-se de uma praga primária interna, pois os adultos causam danos aos grãos sadios e intactos enquanto as larvas se alimentam em seu interior. A fêmea deposita os ovos individualmente nos grãos, em orifícios que perfuram com as mandíbulas. A cavidade é fechada por uma substância gelatinosa secretada pelas glândulas associadas ao ovipositor. A larva escava um túnel ao se desenvolver no interior do grão e passa por quatro ínstares. A fase de pupa ocorre também no interior do grão e o adulto assim que emerge cava sua saída para o exterior, deixando orifícios (Evans, 1981).

O gorgulho-do-milho apresenta elevado potencial de multiplicação. A postura é realizada no grão onde a larva completa o seu desenvolvimento, passa ao estágio de pupa culminando com a emergência do adulto do seu interior (Loeck, 2002). As fêmeas podem viver até 140 dias, sendo o período de oviposição de 104 dias e o número médio de ovos por fêmea de 282. O período de incubação oscila entre três e seis dias sendo que o ciclo biológico de ovo até a emergência de adultos é de 34 dias tendo o milho como hospedeiro (Lorini & Schneider, 1994).

O controle dessa praga é realizado, principalmente, através da utilização de inseticidas sintéticos (Miranda *et al.* 1995). Porém, o uso excessivo desses produtos tem contribuído para a seleção de populações de insetos resistentes a esses químicos, assim como, para a contaminação de grãos e seus subprodutos com resíduos dos ingredientes ativos (Lorini, 2001).

2.3 Manejo de Insetos

2.3.1 Terra de diatomáceas

A terra de diatomáceas é um pó inerte proveniente de carapaças de algas diatomáceas fossilizadas que possui o dióxido de sílica como principal ingrediente (Lorini *et al.*, 2001). A terra de diatomáceas é conhecida como inseticida há séculos, sendo o seu efeito avaliado contra formigas, cupins, lagartas, baratas, besouros desfolhadores, pulgas, grilos, lesmas, diplópodes (Korunic, 1998).

É um produto natural, estável, não produz resíduos químicos tóxicos e não reage com outras substâncias (Korunic, 1998). A terra de diatomáceas tem sido estudada por diversos pesquisadores, visando à proteção de grãos armazenados (Korunic, 1998; Nielsen, 1998, Antunes *et al.*, 2011, 2012).

A terra de diatomáceas tem como componente majoritário a sílica a qual é encontrada na forma hidratada além de alumínio, ferro, magnésio e sódio. É um material leve e de baixa massa específica aparente, cuja coloração varia do branco ao cinza escuro. Por ser praticamente atóxica, pode ser facilmente manuseada por trabalhadores rurais e de unidades armazenadoras, conferindo proteção à massa de grãos não deixando resíduos nos alimentos destinados ao consumo humano (Mariano *et al.*, 2006).

O uso de terra de diatomáceas e de outros pós inertes vem se tornando uma alternativa para o controle de insetos de grãos armazenados em vários países do mundo como Austrália, Brasil, Canadá e Estados Unidos (Atui *et al.*, 2003). Seu modo de ação é baseado na desidratação, pois as partículas do pó aderem ao tegumento do inseto provocando a remoção da cera epicuticular

devido à abrasão e adsorção, levando à perda excessiva de água e morte (Alves *et al.*, 2006).

O grão tratado pode ser consumido imediatamente não precisando esperar um período de carência do produto (Lorini *et al.*; 2001). Assim, algumas das muitas vantagens da utilização do pó de terra de diatomáceas, é que na dose recomendada, não oferece risco para quem consome os grãos e outros seres que possam entrar em contato com o produto tratado. Não apresenta nenhum resíduo tóxico e muito menos algum contaminante ao ambiente, possui ação inseticida altamente eficiente, não comprometendo o controle dos insetos ao longo do tempo, sendo um produto de fácil manuseio, que não necessita de equipamento específico quando aplicado em pequena escala (Martins & Oliveira, 2008).

2.3.2 Uso de Cultivares Resistentes

As plantas, apesar de não possuírem um sistema imunológico como os animais, elas apresentam uma série de mecanismos que as fazem resistentes a doenças e pragas. A resistência pode ser aumentada por mudanças na anatomia (por exemplo: células epidérmicas mais espessas e maior grau de lignificação e/ou silicificação) e mudanças nas propriedades fisiológicas e bioquímicas (por exemplo: maior produção de substâncias repelentes ou inibidoras) (Taiz & Zeiger, 2004).

De acordo com Bueno *et al.* (2006) a resistência de plantas a insetos é definida como a soma relativa de qualidades hereditárias possuídas pela planta a qual influencia o resultado do grau de dano que o inseto causa o que representa a capacidade que possuem certas plantas de alcançarem maior

produção de boa qualidade, do que outras cultivares, em geral, em igualdade de condições. Portanto a resistência é uma condição genética.

Os estudos sobre a resistência de plantas a insetos começaram por volta do séc. XIX quando pesquisadores da França conseguiram controlar *Phylloxera vitifolia* Fitch 1855 (Hemiptera: Phylloxeridae) com o uso de porta enxertos resistentes. Na década de 40 os pesquisadores dos Estados Unidos obtiveram três cultivares de trigo resistente à mosca de Hesse e cultivares de alfafa resistente ao pulgão *Therioaphis maculata* Buckton 1899 (Homoptera: Aphididae). No Brasil, pesquisadores criaram cultivares de sorgo resistente a *Contarinia sorghicola* Coquillett 1898 (Diptera: Cecidomyiidae) inseto que causa 80-100% de perdas na lavoura (Bueno, 2006).

Dentre as características que ajudam a reduzir o ataque de insetos ao milho estão à dureza do grão e o maior empalhamento da espiga (Faleiro *et al.* 1995; Miranda *et al.* 1995; Picanço *et al.* 2000).

Diferenças na composição química do grão relativo a quantidades de açúcares, proteínas e amido podem intervir no ataque dos insetos e, assim, alterar o ciclo biológico destes (Miranda *et al.*, 1996). As larvas de ovos de insetos que se desenvolveram em grãos de milho com elevados teores de amilase levaram o dobro de tempo para eclodirem, em relação aos que se desenvolveram em grãos normais (Peters *et al.*, 1960), sendo assim o desenvolvimento dos adultos também prejudicados (Mills, 1972).

2.4 Qualidade de grãos no armazenamento

Atualmente, a busca pela qualidade dos grãos e subprodutos é prioridade para produtores, processadores e, finalmente, para os distribuidores

desses produtos. Segundo Brooker *et al.* (1992), são muitos os fatores que contribuem para a perda de qualidade e quantidade dos alimentos e, dentre eles, destacam-se: características da espécie e da variedade, condições ambientais durante o seu desenvolvimento, época e procedimento de colheita, método de secagem e práticas de armazenagem. De acordo com Bakker-Arkema (1994) para se avaliar a qualidade de grãos devem-se considerar diversas propriedades qualitativas, como teor de água, massa específica, presença de fungos e insetos, conteúdo de proteínas, teor de impurezas e matérias estranhas.

O gênero *Aspergillus* possui mais de cem espécies, e pertence à divisão Eucomycota, subdivisão Deuteromycotina, classe Hyphomycetes, ordem Moniliales, família Moniliaceae (Berchieri & Macari, 2000). A reprodução ocorre de forma assexuada através de conídios, embora algumas espécies apresentem a forma sexuada do tipo ascosporada, como é o caso do *Aspergillus nidulans* Winter 1884 (Eurotiales:Trichocomaceae) e *Aspergillus glaucus* Micheli 1729 (Eurotiales:Trichocomaceae) (Sidrim & Rocha, 2004). Entre os prejuízos causados pelos fungos está o emboloramento visível, a descoloração, o odor desagradável, a perda de matéria seca, o aquecimento, as mudanças químicas e nutricionais, além da produção de compostos tóxicos, as micotoxinas (Lazzari, 1997). Essa contaminação pode fazer com que grãos tornem-se impróprios para o consumo humano e animal, resultando em grandes perdas econômicas (Caneppele & Caneppele, 2013).

Os fungos do gênero *Fusarium* pertencem ao domínio Eukaryota, reino Fungi, subreino Dikarya, filo Ascomycota, subfilo Pezizomycotina, classe Sordariomycetes, subclasse Hypocreomycetidae, ordem dos

Hypocreales, família Nectriaceae, gênero *Fusarium*, classificado e descrito pela primeira vez pelo micólogo alemão Link, em 1809 (Urban *et al.*, 2009). Os fungos do gênero *Fusarium* estão entre os mais importantes na cultura do milho, causando doenças diversas como podridão radicular, morte de plântulas, podridão de espiga, podridão de colmo, podendo levar a reduções na produtividade e qualidade de grãos em todo o mundo (Munkvold, 2003). Outro fator que torna este fungo importante do ponto de vista de saúde humana e animal é a capacidade de colonizar assintomaticamente a planta e/ou os grãos (fungo endofítico). Conseqüentemente, essa colonização faz com que os fungos e suas toxinas sejam processados e consumidos (Atayde *et al.*, 2012).

Os fungos do gênero *Penicillium* pertencem à classe dos Eurotiomycetos, ordem Eurotiales e família Trochocomaceae (Reis *et al.*, 2004). Os fungos do gênero *Penicillium* são considerados fungos de armazenamento, contaminando os grãos após a colheita e possuem a capacidade de viver associados a grãos com teor de umidade mais baixo (13 a 13,5%) e temperaturas mais elevadas (25 °C) (Santos, 2006). Na cultura do milho a principal característica observada nas espigas infectadas por *Penicillium* é a coloração verde-azulada entre os grãos e o sabugo (Ramos, 2008).

Segundo Santin (2005) os fungos do gênero *Aspergillus* e *Penicillium* necessitam de menores teores de umidade variando de 13 a 18%, já os do gênero *Fusarium* precisam de maiores teores de umidade variando de 20 a 21%. O requerimento perante água divide os fungos presentes nos grãos em dois grupos ecológicos, denominados de fungos de campo e armazenagem.

Os grupos de fungos de campo invadem os grãos no estágio de pré-colheita, ou nas espigas pós-colheita antes do debulhamento e inclui os gêneros *Alternaria* (Pleosporales: Pleosporaceae), *Cladosporium* (Capnodiales: Davidiellaceae), *Fusarium* e *Helminthosporium* (Pleosporales: Pleosporaceae). Os grupos de fungos de armazenagem requerem teor de umidade na faixa de 16% para a invasão micelial e compreendem as espécies pertencentes ao gênero *Aspergillus* e *Penicillium* (Watson & Ramstad, 1987).

Normalmente, a incidência de fungos nos grãos ocorre devido a fatores que favorecem a infecção da espiga, como injúrias causadas por insetos, clima favorável e mau empalhamento (Duarte *et al.*, 2009). Durante o período de armazenamento, fungos xerófilos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*, chamados fungos de armazenagem, progressivamente substituem os fungos de campo (Marini *et al.*, 2007).

Trabalhos realizados por Saul & Steele (1966) demonstraram que para sistemas abertos, a taxa de perda de matéria seca aumenta na medida em que se aumenta o tempo de armazenamento, a temperatura e o teor de água dos grãos. Estes mesmos autores afirmam ainda que grãos de milho armazenados em sistemas abertos tenham seu padrão de qualidade comprometido quando atingem níveis de perda de matéria seca de aproximadamente 0,5%. Entretanto, Ng *et al.* (1998), afirmam que o máximo permitido de perda de matéria seca para os grãos de milho colhidos mecanicamente deve ser de 0,35% para que não tenham seu padrão de qualidade reduzido.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os grãos de milho (*Zea mays*) utilizados são provenientes da safra 2013/2014, sendo os do experimento 1 cultivados na Estação Experimental do Instituto Riograndense do Arroz (IRGA), localizada no município de Cachoeirinha, RS (29° 57' 03" S 51° 05' 38" O e altitude média de 10 m). Os grãos do experimento 2 foram cultivados na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (EEA-UFRGS), localizada no km 47 da BR 290 em Eldorado do Sul - RS (30°05'52" S, 51°39'08" O e altitude média de 46 m).

Os insetos foram criados em câmaras com controle de temperatura ($25 \pm 2^\circ\text{C}$) e umidade relativa ($60 \pm 5\%$), e mantidos em recipientes plásticos com tampa, apresentando abertura superior coberta por tela para permitir as trocas gasosas. Os insetos das criações foram alimentados com dietas contendo grãos de milho diferentes das variedades estudadas no experimento 1.

A partir daqui o trabalho está dividido em dois experimentos.

3.1 Experimento 1

Foram utilizadas quatro variedades de milho: Dekalb 240 (semidentado); Dow 2B587HR (dentado); Pioneer 30R50 (semidentado); Syngenta Status (duro), sendo estas variedades escolhidas por serem cultivadas no estado do Rio Grande do Sul. Os grãos sofreram um tratamento

prévio em freezer durante 20 dias na temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Para a realização do experimento foram utilizados 60 recipientes de plástico com capacidade de 500 mL contendo 140 gramas de grãos de milho, sendo em seguida infestados com 50 insetos adultos, com idade de 20 a 50 dias, de *Sitophilus zeamais* não sexados e posteriormente os recipientes foram fechados com tecido tipo “voile”, a fim de evitar a fuga dos insetos e possibilitar as trocas gasosas, sendo mantidos em sala climatizada com temperatura de $25 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $60 \pm 5\%$. Cada tratamento foi realizado com três repetições.

Foram abertos três recipientes de cada tratamento aos 30, 60, 120 e 180 dias após o início do armazenamento, sendo avaliada a mortalidade dos insetos em cada recipiente através de sua contagem e produção de resíduos através de sua pesagem. Foram considerados mortos os insetos que por um período de cinco minutos não apresentaram nenhum movimento. Também foram analisados os seguintes parâmetros nos mesmos intervalos:

3.1.1 Teor de água

A determinação da umidade foi realizada pelo método da estufa a $105 \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$, com circulação natural de ar, por 24 horas, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em porcentagem (%) de umidade, em base úmida.

3.1.2 Massa específica

Foi determinado pela pesagem dos grãos em balança eletrônica com precisão de 0,001 g, a partir de uma quantidade de grãos colocados em

recipiente de volume conhecido. Os resultados da massa específica foram convertidos para serem expressos em kg. m^{-3} .

3.1.3 Peso de mil grãos

O peso de 1000 grãos foi determinado, através da média de oito repetições de 100 grãos pesados em balança analítica (BRASIL, 2009). Os resultados foram multiplicados por dez e expressos em gramas.

3.1.4 Análise tecnológica

Na análise tecnológica foram observados os seguintes defeitos nos grãos: ardidos, mofados, fermentados, germinados, carunchados, chochos ou imaturos, gessados e impurezas ou matérias estranhas. Na tabela 1 estão demonstrados os valores máximos permitidos pela legislação (Instrução Normativa nº 60, de 2011) para o enquadramento de tipo de grãos de milho (Brasil, 2011).

TABELA 1. Limites máximos de tolerância expressos em percentual (%).

Tipo	Grãos Avariados		Matérias Estranhas e Impurezas	Carunchados	Grãos Quebrados
	Ardidos	Total			
1	1,00	6,00	1,00	2,00	3,00
2	2,00	10,00	1,50	3,00	4,00
3	3,00	15,00	2,00	4,00	5,00
Fora	5,00	20,00	Maior que 2,00	8,00	Maior que 2,00

Adaptada da Instrução Normativa Nº 60, de 2011 (BRASIL, 2011)

3.1.5 Análise microbiológica

A contaminação microbiológica foi analisada no Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Agronomia – UFRGS, pelo método de sanidade do papel filtro "Blotter Test", recomendado para análise de sementes pelo Ministério da Agricultura (BRASIL, 2009). A incidência foi avaliada, em porcentagem, de fungos dos gêneros *Aspergillus* spp. *Fusarium* spp. e *Penicillium* spp. Foram coletados 400 grãos de cada amostra, divididos em oito repetições de 25 grãos cada. Posteriormente, foram distribuídos em “gerbox” plástico, previamente limpo, com álcool etílico 70%, colocados sobre três folhas de papel filtro autoclavadas umedecidas com água destilada. A seguir, os recipientes foram colocados em câmara de crescimento sob iluminação com fotoperíodo de 12 horas, à temperatura de 25 ± 2 °C, por um período de nove dias. Após a incubação, os fungos foram contados e identificados. A identificação dos fungos, em nível de gênero, presentes nos grãos de milho, foi realizada por meio de lupa estereoscópica e microscópio ótico. Os resultados foram expressos em % de incidência de cada gênero.

3.1.6 Análises químicas

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal – LNA, localizado no Departamento de Zootecnia da UFRGS. Estas análises foram realizadas nos períodos de 0, 30, 60 e 120 dias.

3.1.6.1 Acidez titulável

A acidez titulável foi determinada conforme descrito no método Ca 5-40 A.O.C.S. (1985). O índice de acidez foi expresso em % de ácido oléico.

A quantificação foi realizada a partir da seguinte equação:

$$\frac{v \times f \times 100 \times 0,0282}{P} = \text{acidez em \% de ácido oléico, onde:}$$

v = n.º de ml de solução de hidróxido de sódio 0,1N gasto na titulação

f = fator de correção da solução de hidróxido de sódio 0,1N

P = número de g da amostra

3.1.6.2 Carboidratos ou extrativo não-nitrogenado

A determinação de carboidratos foi realizada por análise proximal, subtraindo-se de 100 o somatório dos teores determinados para proteína, extrato etéreo e cinzas. Os resultados foram expressos em %.

3.1.6.3 Extrato etéreo ou gordura bruta

A extração e a determinação do teor de extrato etéreo foram realizadas conforme o método A.O.C.S. (1996), com a utilização do aparelho Soxleht. Os resultados foram expressos em %.

3.1.6.4 Material mineral ou cinzas

O teor de cinzas ou material mineral foi determinado conforme, descrito na A.O.A.C. (1990), com incineração prévia e calcinação em mufla a 560-580 °C, até peso constante. Os resultados foram expressos em %.

3.1.6.5 Proteína bruta

O teor de proteína bruta foi obtido pelo método Kjeldahl, descrito pela A.A.C.C. (2000). Os resultados foram expressos em %.

3.2 Experimento 2

O experimento foi realizado no Departamento de Fitossanidade da Faculdade de Agronomia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Foi utilizada terra de diatomáceas da marca comercial Insecto, pó seco, solto, insolúvel em água e isento de matérias estranhas, com 86,5% de dióxido de sílica.

Para a realização do experimento foram utilizados 60 recipientes de plástico com capacidade de 500 mL contendo 140 gramas de grãos de milho. Em seguida foram infestados com 30 insetos adultos de *Sitophilus zeamais* não sexados, previamente marcados com tinta tempera para possibilitar a identificação de insetos emergidos e fechados com tecido do tipo “voile” para evitar a fuga dos insetos e permitir as trocas gasosas. Os grãos de milho foram misturados com a terra de diatomáceas de forma manual, utilizando-se luvas, por um período de 10 minutos em bandeja plástica.

Foram utilizadas as seguintes doses: 1) Testemunho, sem adição de Insecto®; 2) Dose de 0,035 g de Insecto® para cada 140 g de milho o que corresponde a 250 g t⁻¹; 3) Dose de 0,07 g por 140 g de milho o que corresponde a 500 g t⁻¹; 4) Dose de 0,14 g por 140 g de milho o que corresponde a 1000 g t⁻¹.

Foram abertos três recipientes aos 30, 60 e 90 dias após a aplicação da terra de diatomáceas. Depois de feito as análises, foi realizada uma nova infestação dos grãos de milho com a mesma quantidade de insetos. Em cada período foram retirados os insetos mortos, vivos e emergidos adultos.

Os grãos foram colocados em câmara B.O.D, e mantidos durante a realização do experimento em duas temperaturas, 22 e 30 °C .

Foram avaliados os seguintes parâmetros:

3.2.1 Sobrevivência, mortalidade, emergência e perda de peso

Foi determinada a sobrevivência, a mortalidade e a emergência dos insetos através de contagem manual. Os insetos foram observados por um período de cinco minutos e avaliados como vivos os que apresentaram movimento. Para a realização da contagem de emergência os insetos vivos utilizados foram marcados com tinta tempera de cor branca. Também foi realizada uma pesagem dos grãos para avaliação da variação de massa seca.

3.2.2 Massa específica

Foi determinado pela pesagem dos grãos em balança eletrônica com precisão de 0,001 g, a partir de uma quantidade de grãos colocados em recipiente de volume conhecido. Os resultados da massa específica foram convertidos para serem expressos em kg. m^{-3} .

3.2.3 Teor de água

A determinação do teor de água foi realizada pelo método da estufa a 105 ± 3 °C, com circulação natural de ar, por 24 horas, conforme as Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009). Os resultados foram expressos em percentagem (%) de umidade, em base úmida.

3.3 Delineamento experimental e análise estatística

No experimento 1 foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x4 (variedades x tempo) para

as análises químicas e em esquema fatorial 5x5 (variedades x tempo) para as demais análises, com três repetições para cada tratamento.

No experimento 2 o delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 4x2x3 (doses x temperaturas x período de avaliação) com três repetições.

Os dados foram submetidos a análise de variância, através do teste F ($p < 0,05$), e quando significativos realizados a análise de regressão não linear ($p < 0,05$) ou teste de Tukey ($p < 0,05$), conforme o caso. As análises foram realizados com auxílio do software Statistica 10® e SigmaPlot 10®.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Experimento 1

O teste F foi significativo para a interação tempo x material genético ($p < 0,05$) para todas as análises, exceto para massa específica que foi efeito simples do tempo ($p > 0,05$).

4.1.1 População de insetos e resíduo produzido

Conforme a Figura 1 percebe-se que houve diferença significativa na sobrevivência de insetos ao longo do período de armazenamento. Nota-se que os híbridos Dekalb e Syngenta apresentaram maiores índices de insetos mortos ao final do período de armazenagem.

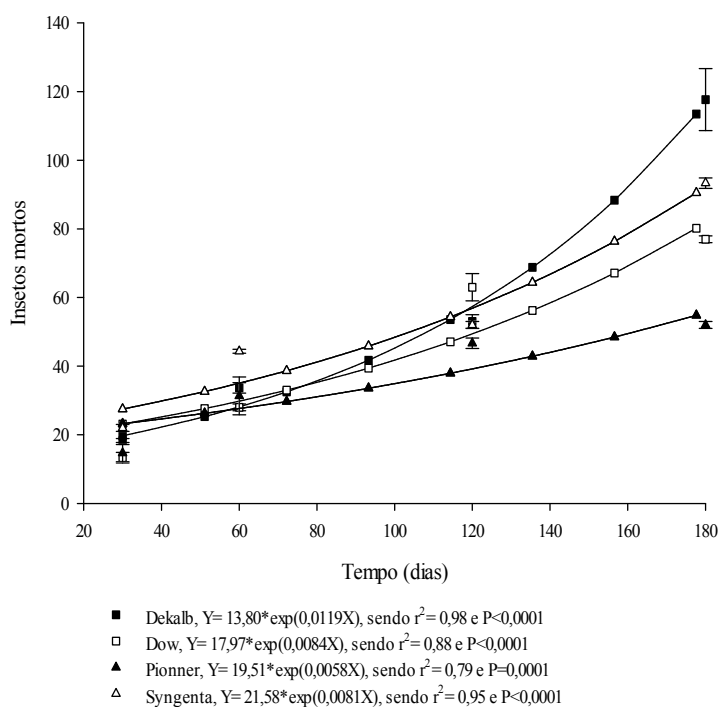


FIGURA 1. Insetos mortos em quatro híbridos de milho ao longo do armazenamento, durante 180 dias. Porto Alegre, RS, 2014.

Santos *et al.* (2002) afirmaram que a redução do valor comercial, tanto para o grão importado, quanto para o nacional, está diretamente relacionada com o número de insetos presentes na massa de grãos e, à medida que se aumenta o número de insetos, maior é a depreciação da matéria-prima durante o armazenamento, justificando redução da massa final de grãos e do peso hectolitro do grão, o que influenciará no rendimento de farinha durante a moagem.

Na Figura 1 nota-se que em todos os híbridos estudados ocorreu aumento do número de insetos mortos ao longo do período de armazenagem. Como mostrado na mesma Figura 1, Dekalb apresentou os maiores valores de mortalidade de insetos enquanto, Pioneer apresentou os menores valores de mortalidade de insetos. O aumento na mortalidade de insetos, nos híbridos

utilizados, pode estar relacionado à morte dos insetos mais velhos, uma vez que o ciclo de vida desta espécie é de 140 dias (Lorini, 2008).

Porém também pode estar relacionado à suscetibilidade, ou seja, quanto maior for a mortalidade de insetos, maior a resistência destas cultivares de milho, e isto pode estar relacionada a uma maior antibiose destas cultivares. Conforme Guzzo *et al.* (2002) um dos mais importantes indicadores de antibiose é a morte larval que pode ser expressa pelo baixo número de adultos emergidos, o que não foi calculado neste trabalho, porém, quanto maior o número de insetos vivos, maior a emergência destes insetos, ao longo do período de armazenamento.

Na Figura 2 estão demonstrados os resultados obtidos para a produção de resíduo. Pode-se observar que a produção de resíduo foi aumentando ao longo do tempo de armazenamento para todos os híbridos utilizados. O híbrido Dekalb, por ser o que apresentou o maior número total de insetos, foi o que também teve a maior quantidade de resíduo em torno de 5%.

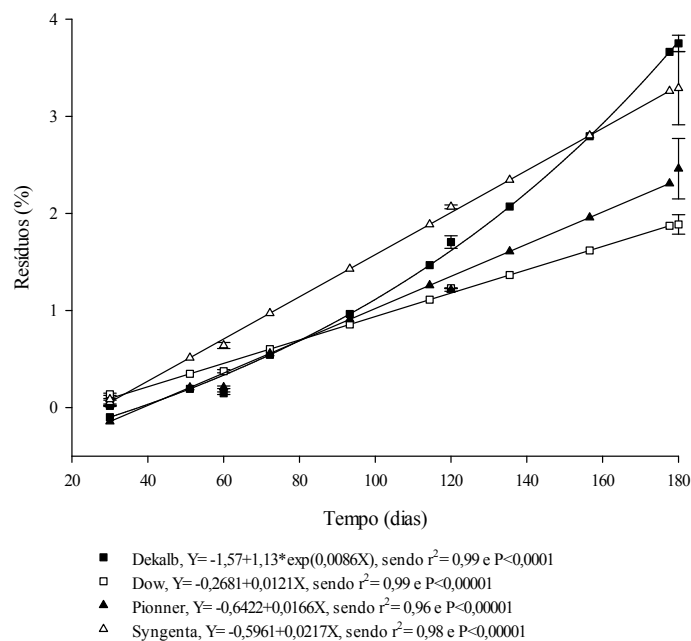


FIGURA 2. Produção de resíduos (%) em quatro híbridos de milho ao longo de 180 dias de armazenagem. Porto Alegre, RS, 2014.

De acordo com Antunes *et al.* (2011), os resíduos servem como fonte de alimento para insetos secundários, que vivem de forma associada aos insetos primário, facilitando assim a sua permanência em silos e armazéns, desta forma diminuindo a qualidade dos grãos armazenados.

Estes resíduos são gerados a partir da alimentação destes insetos, e a variedade Dow foi a que apresentou a menor quantidade de resíduos gerados após 180 dias de armazenamento.

4.1.2 Teor de água

Na Figura 3 estão apresentados os resultados de teor de água, expressos em %, para os quatro híbridos de milho estudados ao longo do

período de armazenagem. A redução do teor de água ocorreu durante todo o período de armazenagem independentemente do material genético.

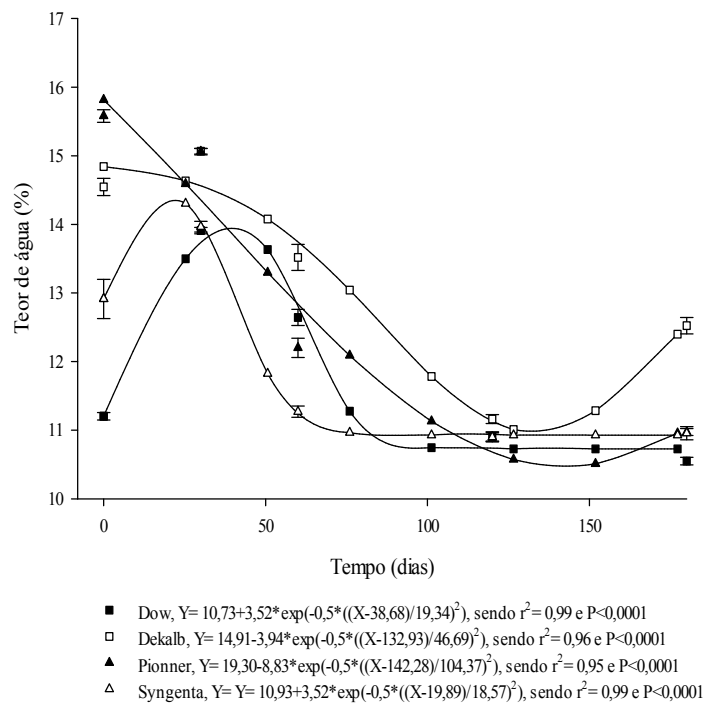


FIGURA 3. Teor de água (%) em quatro híbridos de milho ao longo de 180 dias de armazenagem. Porto Alegre, RS, 2014.

De maneira geral podemos observar que os resultados de teor de água das diferentes variedades de milho estudadas, apresentaram equilíbrio higroscópico com o ambiente, em umidade variando de 9 a 13%. O híbrido Pioneer apresentou perdas no teor de água ao longo de todo o período de armazenagem, reduzindo de 16 para 9%. O híbrido Dekalb reduziu o teor de água de 15 para 11% até o período de 120 dias de armazenamento e um pequeno aumento para 13% até o final das avaliações. O híbrido Syngenta demonstrou um aumento do teor de água de 13 para 14% até o período de 30 dias de armazenagem e reduziu para 11% a partir deste período. Já o híbrido

Dow apresentou aumento de 11 para 14% até os 60 dias, redução a partir deste período até estabilizar em 11% até o final da estocagem.

Segundo Chen (2000) o teor de água dos grãos pode variar em função da umidade relativa do ar, temperatura de secagem, histerese, composição química dos grãos, fatores ambientais e fatores genéticos. As condições de armazenamento foram de 60% de umidade relativa e 25 °C de temperatura, dois fatores que conforme Chen (2000) são importantes na variação de umidade dos grãos.

Os resultados estão de acordo com outros autores (Alencar *et al.*, 2009; Elias *et al.*, 2009; Schuh *et al.*, 2011; Tiecker *et al.*, 2014), que observaram variações no teor de água até a obtenção do equilíbrio higroscópico.

4.1.3 Massa específica

Conforme a Figura 4 ocorreu redução da massa específica em kg m^{-3} , em todos os híbridos utilizados ao longo do período de armazenamento. Não ocorreram diferenças entre os híbridos e esta variação na massa específica foi de $790,66 \text{ kg.m}^{-3}$ para 719 kg.m^{-3} ao final do armazenamento. Essa perda foi de 9%.

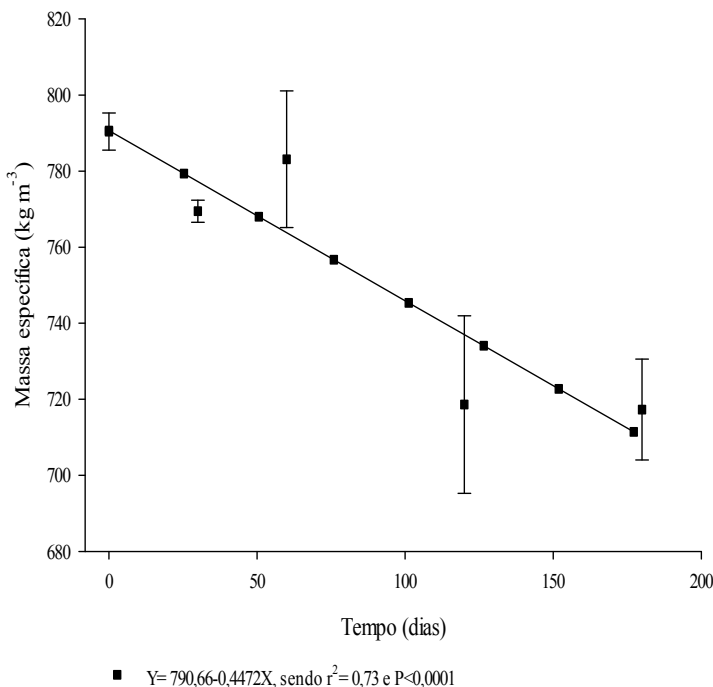


FIGURA 4. Massa específica (kg.m⁻³) em quatro híbridos de milho ao longo de 180 dias de armazenagem. Porto Alegre, RS, 2014.

Almeida Filho *et al.* (2002) avaliaram a redução de massa em diferentes cultivares de milho infestado por *S. zeamais* e *Sitophilus oryzae*, ao Linnaeus (1763) longo de 180 dias de armazenamento, e afirmaram que perdas de massa, causadas por insetos em grãos de milho, estão intimamente relacionadas com a afinidade dessas pragas aos cultivares de milho.

A massa específica está relacionada de forma direta com a integridade biológica dos grãos. A redução desta significa consumo de nutrientes, geralmente em virtude do metabolismo dos organismos associados e dos próprios grãos durante o armazenamento (Rombaldi, 1998). De acordo com Shiroma *et al.* (2010) quanto maior a massa específica melhor será a qualidade do milho dentro da mesma variedade. Segundo Silva (1997), valores baixos de massa específica são obtidos em grãos que perderam, de

forma demasiada, matéria seca por infestação de fungos e insetos durante o armazenamento, como o que ocorreu neste experimento.

Em estudo realizado por Santos *et al.* (2002) avaliando o nível de dano econômico, ocasionado por diferentes níveis de infestação por *S. zeamais* em trigo armazenado verificaram que ocorre maior decréscimo da massa específica do grão a medida que os níveis de infestação foram maiores e observaram que infestação inicial de 1,3 *S. zeamais* por quilo de grãos de trigo armazenados, a 28 °C, durante 85 dias, reduziu a massa específica de 780 kg m⁻³ para 750 kg m⁻³. Em trabalho realizado por Almeida Filho *et al.* (2002) avaliando diferentes cultivares de milho armazenados por 180 dias e infestados com *S. zeamais* e *S. oryzae*, verificaram que a redução de massa específica está relacionada com o aumento no número de insetos.

4.1.4 Peso de mil grãos

Os resultados do peso de mil grãos, para cada um dos quatro híbridos de milho estudados são apresentados na Figura 5.

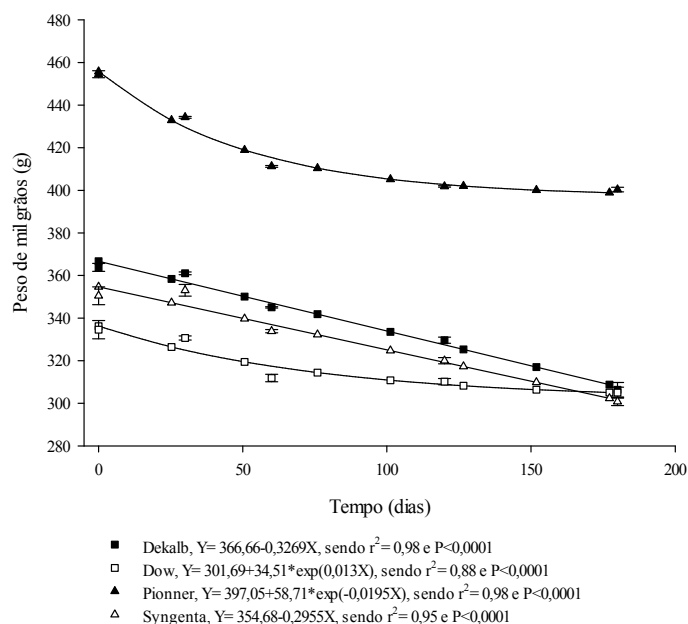


FIGURA 5. Peso de mil grãos (g) em quatro híbridos de milho ao longo de 180 dias de armazenagem. Porto Alegre, RS, 2014.

Nos quatro híbridos de milho utilizados ocorreu decréscimo significativo no peso de mil grãos ao longo do período de 180 dias de armazenagem. O híbrido Dekalb teve decréscimo de 12%, Dow de 9%, Pioneer de 13% e Syngenta de 14%.

As perdas do peso de mil grãos ocorreram porque com o passar do tempo de armazenagem maior foi a quantidade de insetos presentes em cada período. Os resultados obtidos demonstram as perdas quantitativas totais, resultantes dos processos de deterioração dos grãos, devido ao seu metabolismo intrínseco, a atividade microbiana e a das pragas associadas (Deliberali *et al.*, 2010). Quanto menores forem as perdas de peso de mil grãos melhores serão os parâmetros conservativos da massa de grãos durante o armazenamento (Puzzi, 2000). Grãos armazenados de forma incorreta irão

sofrer ataque de pragas, consumindo suas reservas de forma mais rápida e como consequência redução do peso de mil grãos (Lima, 2014).

Os resultados obtidos no presente trabalho corroboram com os observados por Antunes *et al.* (2011), onde avaliaram o peso de mil grãos de milho armazenados por 120 dias e infestados com 150 adultos de *S. zeamais*, obtendo redução do peso de mil grãos superior a 13%. Em trabalho realizado por Caneppele *et al.* (2003) também observaram redução do peso de mil grãos de milho de 15% quando armazenado por período de 120 dias e infestado inicialmente por 50 insetos.

Collares (2014) avaliou o peso de mil grãos em nove cultivares de arroz, durante o armazenamento, constatando variação na redução do peso de mil grãos nas diferentes cultivares, atingindo em média 12% em 180 dias de estocagem, semelhante ao observado neste trabalho com grãos de milho.

4.1.5 Redução de massa seca

A Figura 6 apresenta os valores obtidos para a redução de massa seca para os híbridos avaliados. Todos os híbridos apresentaram redução da massa seca, sendo maior para Dekalb, Pioneer e Syngenta com redução média de 18%, enquanto Dow teve redução de apenas 5%.

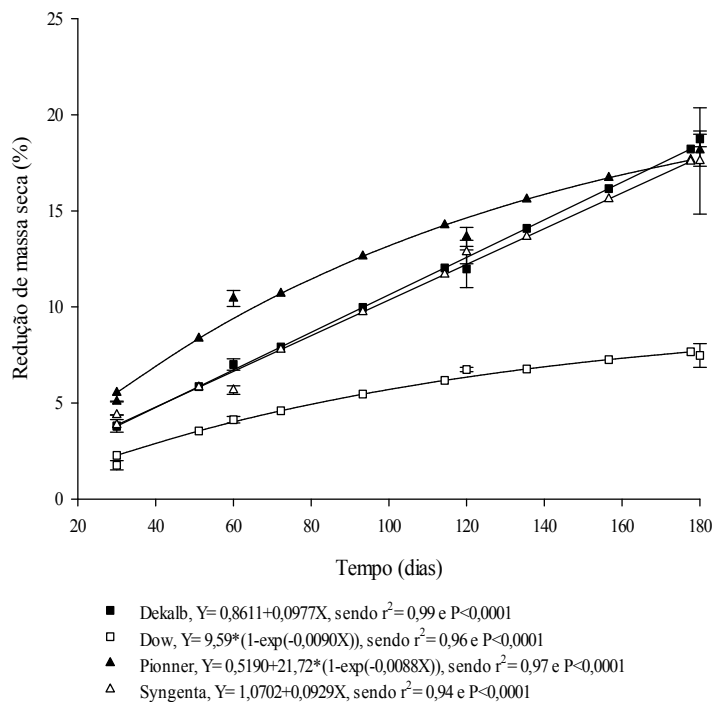


FIGURA 6. Redução de massa seca (%) em quatro híbridos de milho ao longo de 180 dias de armazenagem. Porto Alegre, RS, 2014.

Em trabalho realizado por Caneppele (2003) para avaliar a correlação entre a qualidade de armazenamento de grãos de milho e o nível de infestação de *S. zeamais* constataram que o aumento do tempo e do número de insetos está diretamente relacionado com a perda de peso desses grãos.

Os resultados obtidos no presente estudo são semelhantes aos obtidos em trabalho realizado por Almeida Filho *et al.* (2002) estudaram a variação de massa seca de sete variedades de milho armazenadas por 180 dias, e infestadas com *S. zeamais*, obtendo redução da mesma entre 9,86 e 29,74%. Em trabalho realizado por Padín *et al.* (2000) avaliaram a armazenagem de grãos de trigo por 120 dias e infestados com *S. oryzae*, onde constataram redução de 38% da massa específica ao longo do período de armazenagem.

Conforme Saul & Steele (1966) em sistemas abertos, a taxa de perda de matéria seca aumenta na medida em que aumenta o tempo de

armazenamento, a temperatura e o teor de água dos grãos. Caneppele *et al* (2003) concluem que uma redução média de massa seca de 0,36% por dia corresponde a um consumo de 0,0001% para cada inseto por mês, após 150 dias de armazenamento.

Os resultados mostram também que a variedade Dow apresentou a menor redução de massa seca, ou seja, a menor perda de peso, isto também ocorreu no peso de mil grãos, podendo ser um indicativo de variedade menos suscetível ao ataque de *S. zeamais* quando comparado as demais variedades avaliadas.

4.1.6 Análise tecnológica de defeitos

Os resultados da Figura 7 mostram a análise de grãos carunchados, ou seja, os grãos atacados por insetos durante o armazenamento. Nota-se que em todos os híbridos ocorreu aumento da porcentagem de grãos carunchados ao longo do período de armazenagem. A maior quantidade de grãos carunchados foi ao final dos 180 dias, sendo que ocorreu aumento de 50% no híbrido Dekalb, 40% no Syngenta, 30% no Pioneer e 20% no Dow.

De acordo com a Figura 7, o híbrido Pioneer já estaria fora dos limites tolerados para a comercialização desde o período inicial de avaliação, sendo o pior híbrido avaliado. Para os híbridos Dekalb e Syngenta ao final do período de 30 dias de estocagem esses grãos também estariam fora dos limites de comercialização, sendo que ocorreu um aumento de grãos carunchados de 40% em ambos os híbridos. O híbrido Dow aos 30 dias seriam classificados como Tipo 3 e a partir dos 60 dias classificados como Fora de Tipo até o final da armazenagem. Ao final do período de armazenamento os grãos estariam

abaixo dos limites tolerados para a comercialização, em função do ataque de insetos.

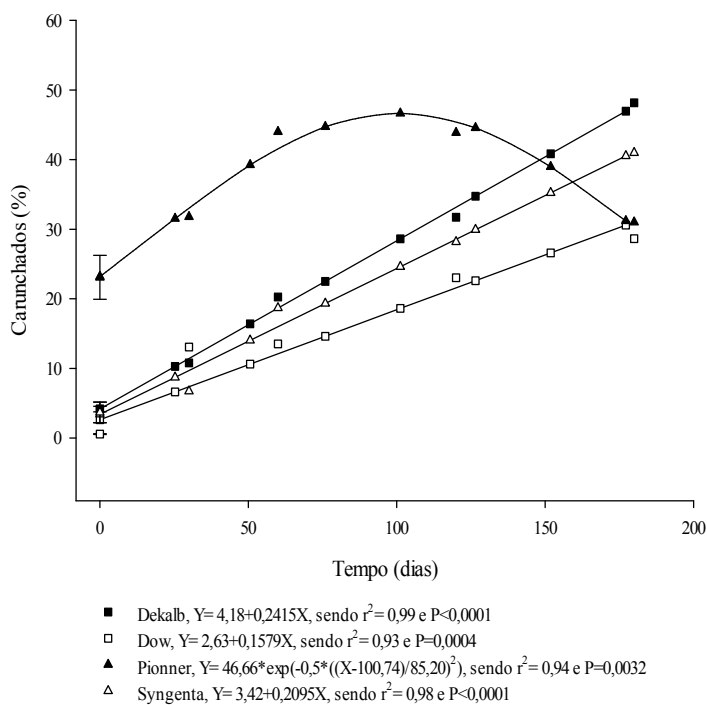


FIGURA 7. Grãos carunchados (%) em quatro híbridos de milho ao longo de 180 dias de armazenagem. Porto Alegre, RS, 2014.

Estes resultados mostram que o híbrido Dow apresentou os menores índices de carunchamento durante a estocagem, indicando uma maior resistência ou menor suscetibilidade a esta praga.

Em estudo realizado por Antunes *et al.* (2011) avaliando grãos de milho infestados com *S. zeamais* durante o armazenamento, observaram valores de 9,77% de grãos carunchados aos 60 dias de armazenamento e 34,01% aos 120 dias de armazenamento.

Na Figura 8 estão apresentados os resultados obtidos para a quantidade de impurezas e/ou materiais estranhos. Pelo demonstrados na

Figura 8 observa-se que ocorreu aumento das impurezas em todos os híbridos utilizados ao longo do período de armazenagem. Para Syngenta ocorreu aumento de 3,5%, para Dekalb 3%, para Dow 2% e para Pioneer 0,9%. Este aumento ocorreu devido aos resíduos e quebra de grãos produzidos pela alimentação dos insetos presentes na massa de grãos.

Segundo a Tabela 1, para impurezas, os grãos de milho Syngenta seria classificado como Tipo 1 até os 60 dias, Tipo 2 até aos 120 dias e Fora de Tipo aos 180 dias de armazenagem. Dekalb seria classificado como Tipo 1 até os 60 dias, Tipo 2 aos 120 dias e Fora de Tipo aos 180 dias de estocagem. Dow seria classificado como Tipo 1 até o período de 120 dias e Tipo 2 aos 180 dias de estocagem. Pioneer seria classificado como Tipo 1 ao longo de todo o período de armazenagem.

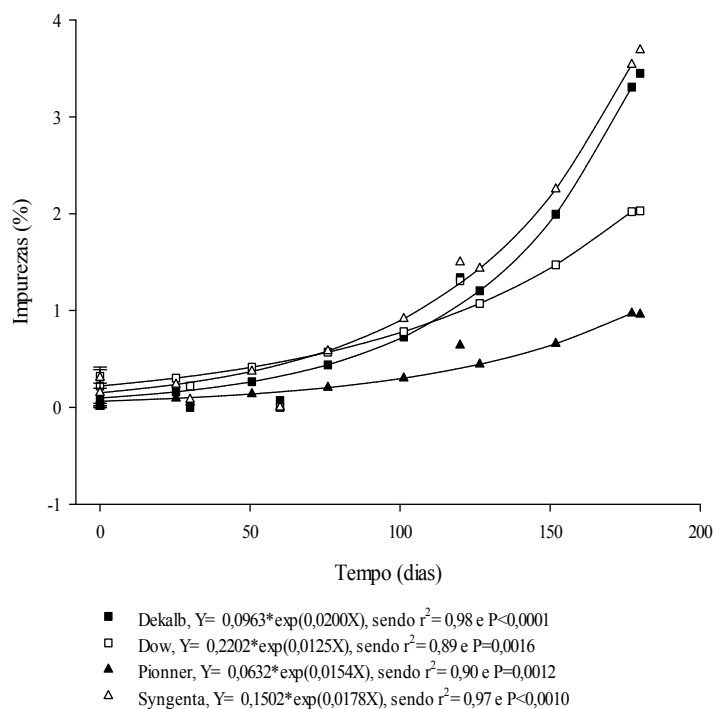


FIGURA 8. Impurezas (%) em quatro híbridos de milho ao longo de 180 dias de armazenagem. Porto Alegre, RS, 2014.

Para os demais defeitos, avariados, ardidados e quebrados não ocorreram diferenças significativas entre os híbridos avaliados.

Na classificação dos grãos de milho, os índices de defeitos são considerados como fatores de depreciação da qualidade de um lote, podendo ser defeitos de origem mecânica, física ou biológica (Lazzari, 1997). Ao se realizar a classificação desses lotes pela análise tecnológica de defeitos pode-se concluir que aos 30 dias de estocagem estes lotes de grãos já estariam abaixo do padrão de comercialização.

4.1.7 Análise fúngica

Os gêneros fúngicos observados nas cultivares de milho estudadas foram *Aspergillus* spp., *Fusarium* spp. e *Penicillium* spp. De acordo com diversos autores como Puzzi (2000), Rodriguez-Amaya & Sabino (2002), Elias (2002), Ferrari Filho (2012) e Tiecker (2013) esses três gêneros de fungos são os mais comumente citados como presentes durante o armazenamento de grãos. Conforme Mukanga *et al.*, (2010) os gêneros de fungos mais importante associados com milho são *Fusarium* e *Aspergillus*.

Nos grãos armazenados, os fungos estão sempre presentes, sendo juntamente com os insetos, as principais causas de perdas e deteriorações ao longo do armazenamento. Esses fungos são dispersos por esporos que estão presentes nos insetos de grãos (Santos, 2006). Sendo assim, Puzzi (1986) afirma que o ataque de insetos irá constituir conseqüentemente, problemas com fungos.

Na Figura 9 verifica-se que ocorreu um aumento na incidência de fungos do gênero *Aspergillus*. O híbrido Dow apresentou a maior incidência

deste fungo atingindo 12%, seguido de Syngenta com 9%, ambos no período de 60 dias de armazenamento e com redução a partir deste período. Os híbridos Dekalb e Pioneer tiveram aumento na incidência deste fungo até o período de 100 dias e redução a partir deste período até o final, variando de 0 para 5,5% de incidência.

De acordo com Meronuck (1987) os fungos do gênero *Aspergillus* são considerados iniciadores da deterioração das sementes e grãos, causando danos ao embrião, descoloração e alterações nutricionais.

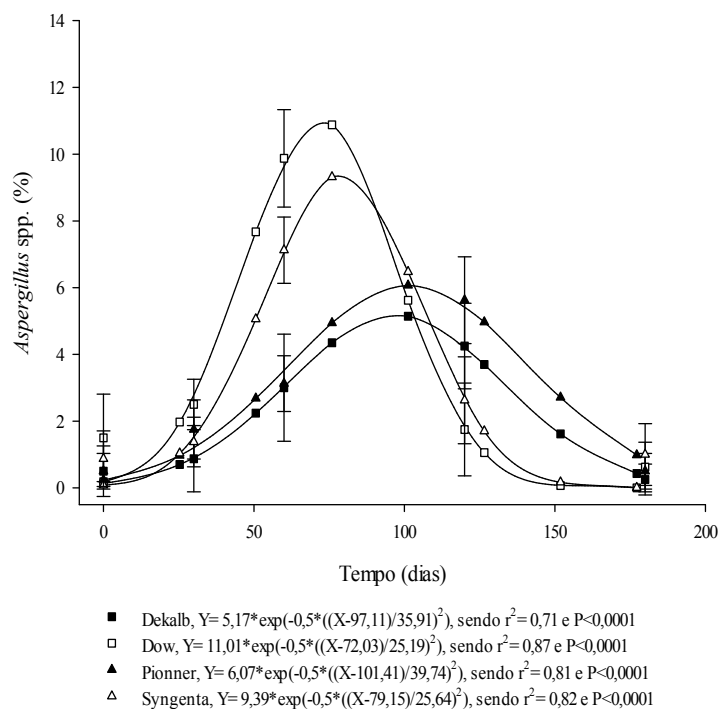


FIGURA 9. Fungos do gênero *Aspergillus* spp. (%) em quatro híbridos de grãos de milho durante armazenamento por 180 dias. Porto Alegre, RS, 2014.

A Figura 10 mostra que em todos os híbridos ocorreu um aumento da incidência de fungos do gênero *Fusarium* durante todo o período de armazenamento, variando de 0 até 3% para Dekalb, de 5 a 15% para Pioneer, de 2 a 5% para Dow e de 4 a 5% para Syngenta.

Os fungos do gênero *Fusarium*, por muito tempo foram considerados patógenos apenas de campo, mas atualmente sabe-se que algumas espécies como, por exemplo, *Fusarium verticillioides* Link 1809 (Hypocreales: Nectriaceae) também pode ocorrer na pós-colheita, no transporte e prosperar durante o armazenamento (Marin *et al.*, 2004; Chulze, 2010). Os fungos do gênero *Fusarium* invadem os grãos e sementes durante o amadurecimento, ocasionando danos (Pinto, 2005).

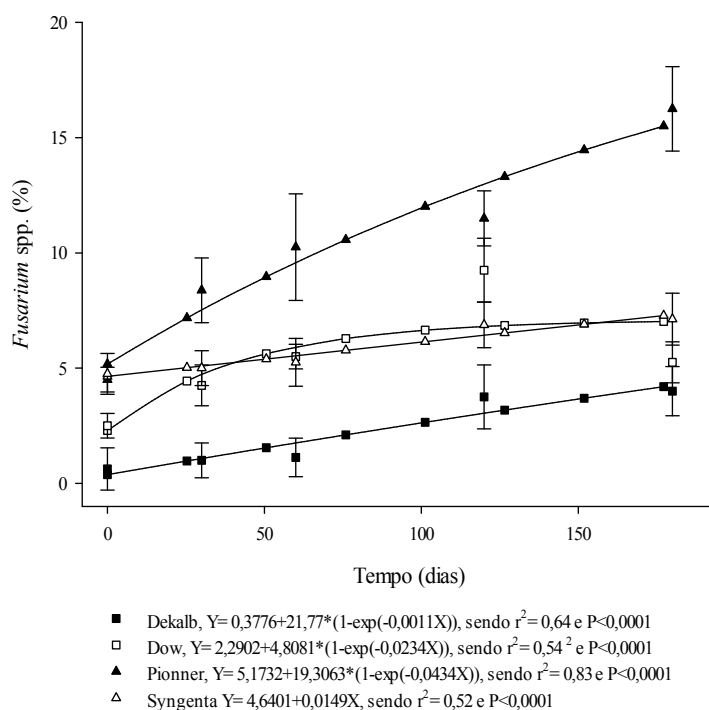


FIGURA 10. Fungos do gênero *Fusarium* spp. (%) em quatro híbridos de grãos de milho durante o armazenamento por 180 dias. Porto Alegre, RS, 2014.

Na Figura 11 está demonstrada a contaminação de fungos do gênero *Penicillium* para os híbridos estudados. Nota-se pela Figura 11 que o híbrido de milho Pioneer apresentou os maiores teores de contaminação por fungos do gênero *Penicillium* durante o período de armazenagem. Os híbridos Dow e Syngenta apresentaram um aumento na incidência deste fungo nos primeiros

60 dias de estocagem, com redução a partir deste período até o final da armazenagem, variando de 4 a 10%. O híbrido Dekalb teve aumento na incidência deste fungo até os 60 dias de armazenagem e uma redução a partir deste período até o final da estocagem, variando de 5 a 15%.

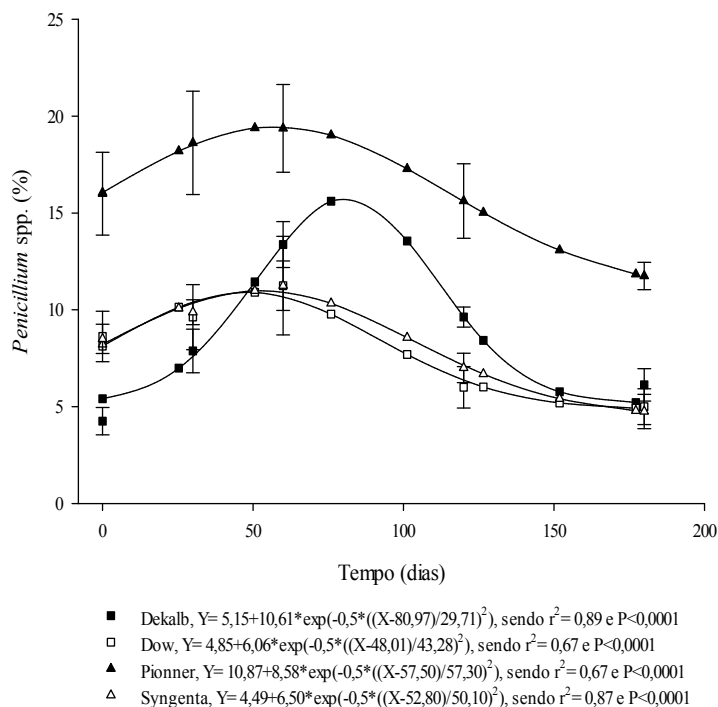


FIGURA 11. Fungos do gênero *Penicillium* spp, (%) em quatro híbridos de milho durante o armazenamento por 180 dias. Porto Alegre, RS, 2014.

4.1.8 Análise bromatológica ou química

Na análise bromatológica foram analisados os teores de proteínas, extrato etéreo, cinzas e a acidez do óleo.

Na Figura 12 estão demonstrados os valores de acidez do extrato etéreo, em porcentagem, dos híbridos estudados. Nota-se que ocorreu um aumento desta análise nos híbridos Dekalb, Dow e Pioneer até os 60 dias de armazenamento com redução a partir desse período até o final das avaliações. Já para o híbrido Syngenta não ocorreu variação significativa ao longo da

armazenagem. Para Dekalb ocorreu um aumento de 1 para 2,5% e uma redução para 2%. No Dow houve um aumento de 1 para 3,5% e uma redução para 2,5%. Já para Pioneer ocorreu aumento de 1,5 para 2% e redução para 1,5%.

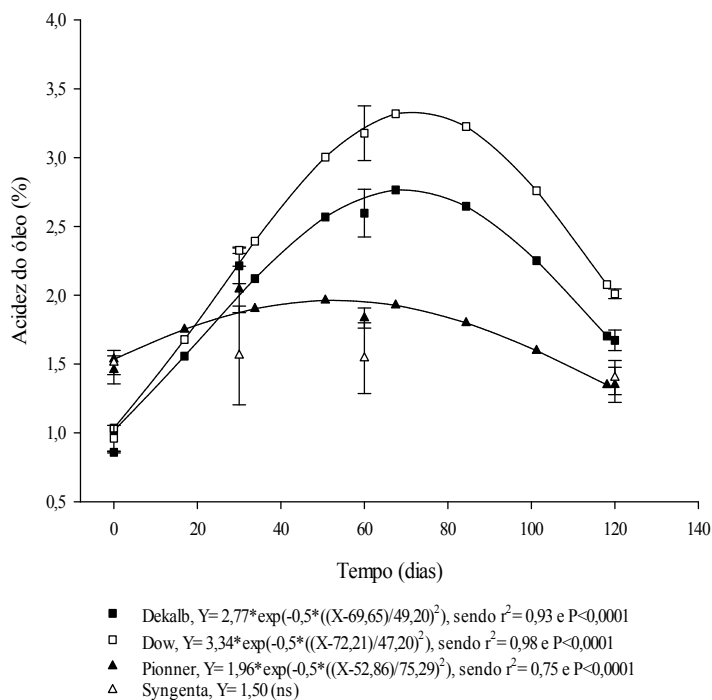


FIGURA 12. Teor de acidez do óleo (%) em quatro híbridos de milho ao longo de 120 dias de armazenagem. Porto Alegre, RS, 2014.

De acordo com Elias & Oliveira (2009) a acidez do óleo é o melhor parâmetro químico do grão para se avaliar o nível de conservação durante a armazenagem de grãos. A acidez do óleo aumenta com o aumento da deterioração dos grãos durante o armazenamento (Elias, 2008). Segundo Araújo (2004), dentre os fatores de degradação de lipídios, a oxidação é a principal causa, alterando diversas propriedades dos alimentos como a qualidade sensorial, o valor nutricional, a funcionalidade e a toxidez. De acordo com este mesmo autor embora a oxidação se inicie, geralmente, na fração lipídica, eventualmente outros componentes são afetados: proteínas,

vitaminas e pigmentos. Devido a estes fatores a acidez está diretamente relacionada com a qualidade da matéria-prima, com o processamento e, principalmente, com as condições de conservação dos óleos vegetais. Segundo Genkawa *et al.* (2008) o teor de acidez é uma variável analisada de grande importância, porque durante o armazenamento as alterações ocorrem mais rapidamente nos lipídios, quando comparados à amido e proteínas.

De acordo com Lima (2014) o aumento ou redução da acidez dos grãos, depende da velocidade em que estes são submetidos ao processo de deterioração, sendo que este processo é dependente da presença de insetos, da umidade dos grãos, da temperatura do ambiente.

Na Figura 13 estão demonstrados os resultados do teor de proteínas, em %, dos híbridos de milho usados. Pela figura percebe-se que ocorreu um aumento dos teores de proteína ao longo do período de armazenagem para todos os híbridos. Nos híbridos Dekalb e Syngenta ocorreu um aumento do teor de proteína a partir do período de 60 dias de armazenagem até o final do armazenamento, variando de 9,5 para 10,5%. Já no Dow ocorreu um aumento dos 60 dias até o final da armazenagem, variando de 11,5 para 13%. No Pioneer ocorreu aumento da proteína ao longo de todo o período de estocagem, variando de 11 para 13%.

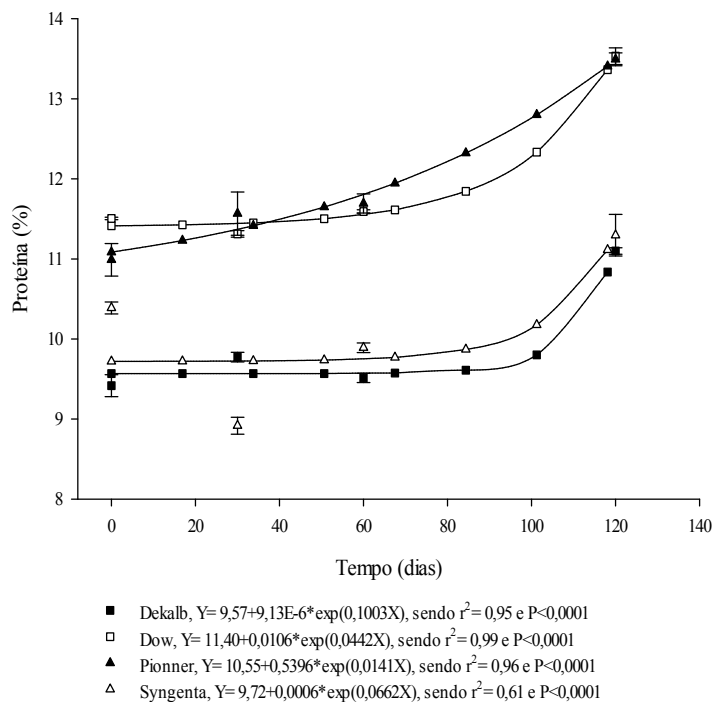


FIGURA 13. Teor de proteína (%) em quatro híbridos de milho armazenado por 120 dias. Porto Alegre, RS, 2014.

De acordo com Puzzi (1986) as fases larvais dos insetos se alimentam do endosperma e a fase adulta se alimenta do gérmen. Segundo Matioli & Almeida (1979) o aumento nos teores de proteína pode ocorrer por dois motivos: o primeiro por proporção devido a um consumo maior de gordura e menor de proteína e o segundo, pois na amostra utilizada podem ser determinadas, juntamente com as proteínas dos grãos, as proteínas fúngicas e as proteínas dos insetos presentes no interior do grão. De acordo com Gutkoski (2009) a proteína bruta serve como fonte preliminar de carbono e nitrogênio para o crescimento e o metabolismo dos fungos.

O teor de lipídeos, conforme mostrado na Figura 14 aumentou a partir do período de 90 dias de armazenagem para os híbridos Dow, Pioneer e Syngenta. Para Dow ocorreu um aumento de 4 para 8%. Pioneer houve aumento de 5 para 9%. E para Syngenta aconteceu aumento de 4 para 7%. Já

para o híbrido Dekalb houve redução de 6 para 3,5% até o tempo de 60 dias e aumento de 3,5 para 6% após este período até o final da estocagem.

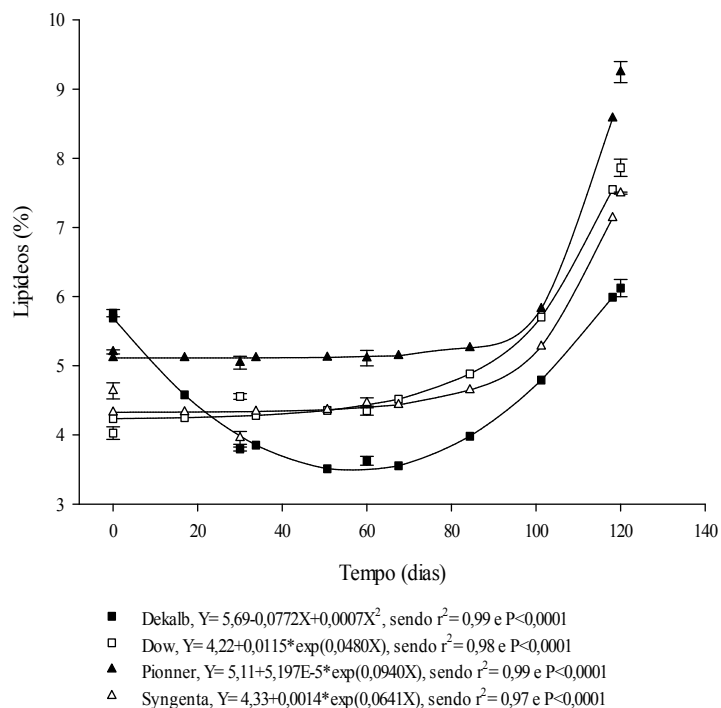


FIGURA 14. Teor de lipídios (%) em quatro híbridos de armazenado por 120 dias. Porto Alegre, RS, 2014.

A redução nos teores de lipídios nos grãos de milho do híbrido Dekalb ocorreram devido à grande presença de insetos, pois estes atacam diretamente o embrião dos grãos e consomem os nutrientes nele presentes (Antunes *et al.*, 2011). Já o aumento dos teores de lipídios que ocorreu nos demais híbridos, conforme List e Mounts (1993) pode ter acontecido, pois durante o armazenamento os fosfolipídios presentes nos grãos são destruídos formando compostos que se tornam extraíveis pelo éter de petróleo e que inicialmente não eram durante a análise. O que pode ter levado a um aumento nestas variedades e não na variedade Dekalb.

As variedades Dow e Pioneer apresentaram os maiores valores de lipídios e conforme Marsaro Junior *et al.* (2008), indicam que grãos com uma maior quantidade de lipídios levam por parte de insetos, a um maior ciclo biológico, o que, conseqüentemente, proporcionará menor número de gerações produzidas por *S. zeamais*, resultando em menor perda de qualidade, como já foi observado para peso de mil grãos, e perda de massa seca, para a variedade Dow.

Na Figura 15 podemos observar os resultados da análise de material mineral. Ocorreu um aumento dos teores de cinzas em todos os híbridos. Para o híbrido Pioneer o aumento ocorreu a partir dos 100 dias de armazenagem, variando de 1,6 para 2,8%. Para do demais híbridos o aumento ocorreu a partir dos 60 dias de estocagem, aumentando cerca de 0,5% para todos.

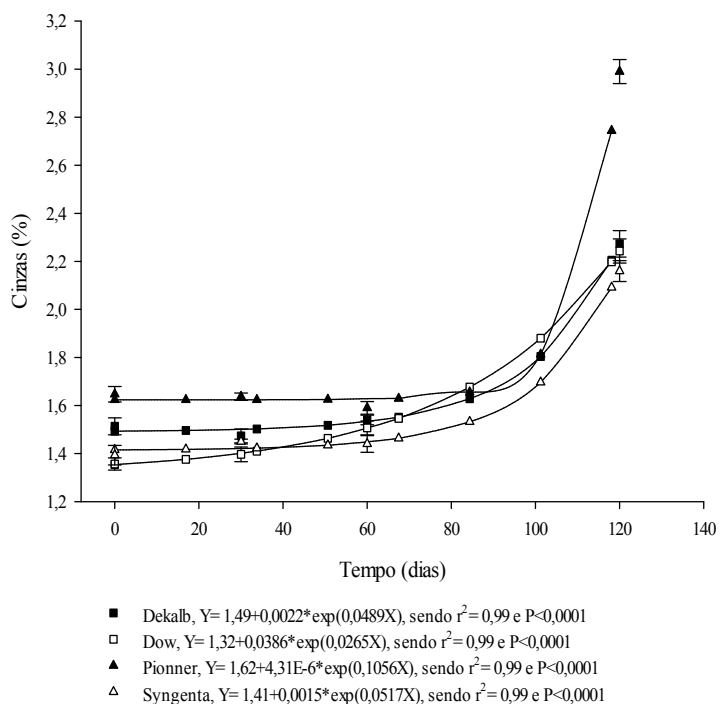


FIGURA 15. Teor de cinzas (%) em quatro híbridos de milho armazenado por 120 dias. Porto Alegre, RS, 2014.

De acordo com Salunkhe *et al.* (1985) entre os constituintes químicos do grão de milho a fração que menos varia durante o armazenamento é o teor de cinzas ou matéria mineral. O aumento que ocorreu nos teores de cinzas dos grãos se deve ao consumo do material orgânico que constituem esses grãos tanto pelo metabolismo dos grãos e ou ação dos organismos associados (Forlin, 1991). De acordo com Bhattacharya & Raha (2002), na medida em que a matéria orgânica do grão é consumida, os teores de cinzas determinados assumem valores proporcionalmente maiores, o que indica perda de qualidade.

4.1.9 Análise de agrupamento

Também, para verificar a resposta dos diferentes materiais genéticos e dos tempos de armazenamento, os dados foram submetidos à análise de agrupamentos hierárquico, pelo método de ligação simples (vizinho mais próximo), através da matriz da distância euclidiana e dispostos graficamente num dendograma, utilizando o Software Statistica 10.0[®].

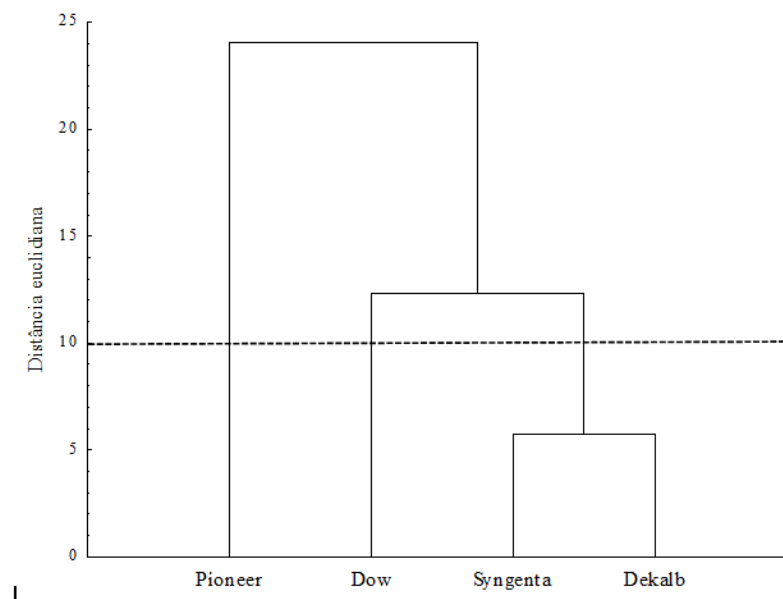


FIGURA 16. Dendrograma de agrupamentos hierárquicos, a partir da distância euclidiana, para os quatro híbridos de milho, durante 180 dias de armazenamento, quanto à suscetibilidade ao ataque de *S. zeamais*. Porto Alegre, RS, 2014.

Como se observa na Figura 16, a partir da análise das 10 respostas de forma conjunta (*Aspergillus* spp., *Fusarium* spp., *Penicillium* spp., Peso de mil grãos, Massa específica, Perda de peso de grãos, cinzas, proteína, gordura e acidez), considerando-se a distância euclidiana de 10, pode-se inferir que os grãos dos híbridos Syngenta e Dekalb foram os menos suscetíveis ao *S. zeamais*. Do mesmo modo, verifica-se que a Dow apresentou suscetibilidade intermediária, enquanto que o híbrido Pioneer foi o mais suscetível ao *S. zeamais*, ou seja, que apresentou maior possibilidade de perdas por esta praga.

Os resultados obtidos neste trabalho concordam com os de Marsaro Júnior *et al.* (2005) que também observaram diferença na suscetibilidade de diferentes genótipos de milho ao ataque de *S. zeamais*.

4.2 Experimento 2

4.2.1 Massa Específica

A Figura 17 apresenta os resultados de massa específica dos grãos de milho tratados com quatro diferentes doses de terra de diatomáceas e armazenados por 3 meses em temperatura de 22 °C.

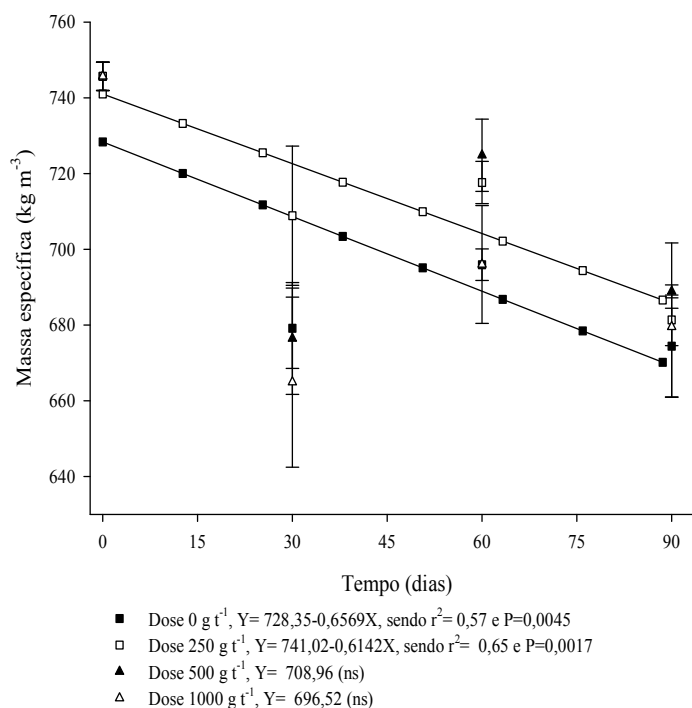


FIGURA 17. Massa específica de grãos de milho armazenado em temperatura de 22 °C e tratados com quatro doses de terra de diatomáceas ao longo de 90 dias. Porto Alegre, RS, 2015.

Ocorreram reduções significativas na massa específica apenas dos grãos sem aplicação de terra de diatomáceas e aquele com 250 g.t⁻¹. O tratamento controle (0 g.t⁻¹) apresentou a maior redução, sendo esta de 8% e o com dose de 250 g.t⁻¹ teve redução de 7%. Os demais tratamentos não apresentaram reduções significativas de massa específica.

A redução da massa específica para os tratamentos controle e 250 g.t¹, mostram que ocorreu consumo da parte interna dos grãos, por parte dos insetos. As doses de 500 e 1000 g.t¹ de terra de diatomáceas proporcionaram controle do *S. zeamais*, reduzindo o dano destes aos grãos, e por consequência, menor redução da massa específica.

Conforme Ferrari Filho *et al.* (2012) essa redução ocorreu em função do ataque de insetos pragas, da presença de microrganismos e da atividade metabólica desses grãos.

Conforme Schuh *et al.* (2011) baixos valores de massa específica ocorrem em grãos que perderam, grande quantidade de matéria seca, em função da infestação por fungos e/ou insetos, tanto em condições de campo, quanto na estocagem.

Ferrari Filho *et al.* (2012) avaliaram a qualidade de grãos de trigo armazenados de forma hermética e não hermética. Observaram que nos grãos armazenados não hermeticamente ocorreu redução de massa específica, principalmente em função do ataque de insetos da espécie *S. zeamais*.

A Figura 18 apresenta os valores obtidos para a massa específica dos grãos de milho tratados com quatro doses de terra de diatomáceas armazenados por três meses em temperatura de 30 °C.

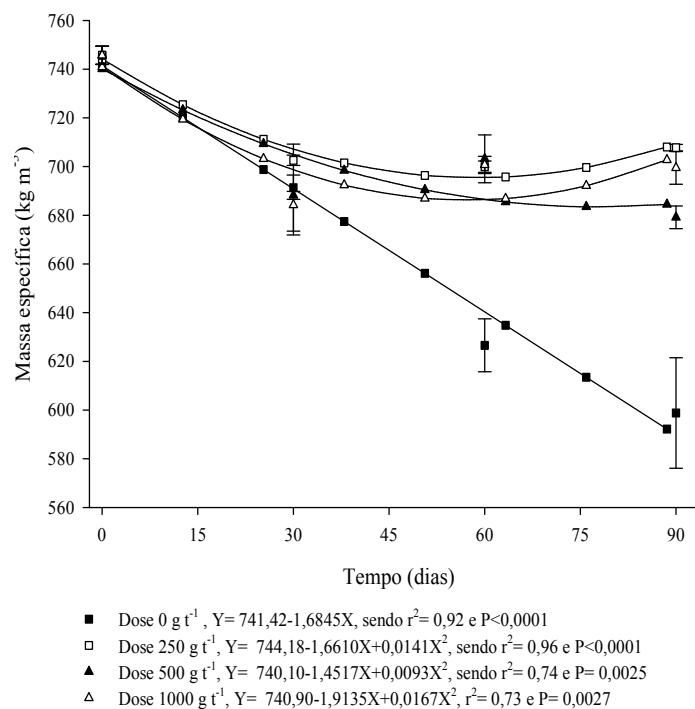


FIGURA 18. Massa específica de grãos de milho armazenado em temperatura de 30 °C e tratados com quatro doses de terra de diatomáceas ao longo de 90 dias. Porto Alegre, RS, 2015.

Os valores demonstrados na figura indicam que ocorreu redução de massa específica dos grãos de milho, ao longo do armazenamento, em todas as doses de terra de diatomáceas usadas. O tratamento testemunho apresentou a maior redução, sendo esta de 19%, mostrando o efeito do não uso de terra de diatomáceas no controle desta praga. Para as três doses de terra de diatomáceas utilizadas a redução foi semelhante, sendo esta de aproximadamente 5%.

A temperatura de 30 °C está dentro da faixa ideal para desenvolvimento desta praga, o que levou em menor grau, a esta redução na massa específica para os tratamentos de 250, 500 e 1000 g.t⁻¹.

Conforme Fields (1992) a faixa de temperatura ótima para o desenvolvimento da maioria das pragas de grãos armazenados está entre 25 e 33 °C.

Diversos autores têm observado redução de massa específica de grãos, quando não tratados, para controle da espécie em estudo e de outras espécies (Almeida Filho *et al.*, 2002; Santos *et al.*, 2002; Silva *et al.*, 2006; Ferrari Filho *et al.*, 2012).

Conforme Park *et al.* (2008) avaliando o efeito do nível de infestação em grãos de sorgo, verificaram que o peso do hectolitro foram menores, quanto maiores os níveis de infestação. O peso do hectolitro é uma medida que também relaciona a massa e o volume, como a massa específica, porém em um volume conhecido de 100 litros.

4.2.2 Mortalidade de insetos

Os resultados para a mortalidade de insetos, em função de dose de terra de diatomáceas, ao longo dos 3 meses de armazenagem, para temperatura de 22 °C, pode ser observado na Figura 19.

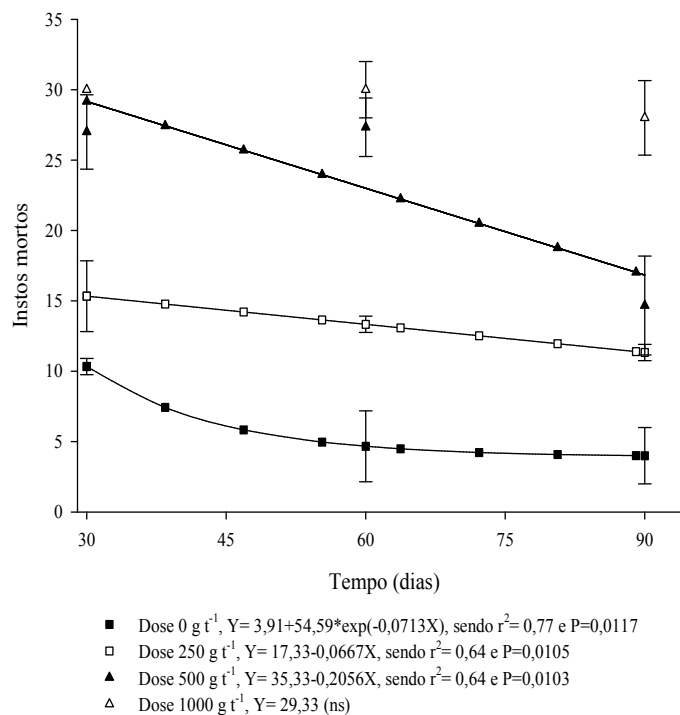


FIGURA 19. Insetos mortos em grãos de milho armazenado em temperatura de 22 °C e tratados com quatro doses de terra de diatomáceas ao longo de 90 dias. Porto Alegre, RS, 2015.

Ocorreu mortalidade para todas as doses avaliadas, porém foi decrescente ao longo do período de estocagem dos grãos de milho, com exceção da dose 1000 g.t⁻¹, que não ocorreu variação significativa ao longo do tempo, com média de 29,33 insetos mortos, o que corresponde a aproximadamente 100% de mortalidade. A menor mortalidade ocorreu no tratamento sem produto (0 g.t⁻¹). Quanto maior a dose, maior a mortalidade, estando de acordo com o encontrado por outros pesquisadores (Marsaro Júnior *et al.*, 2006; Marsaro Júnior *et al.*, 2007; Pinto Jr., 2008; Caneppele *et al.*, 2010).

A redução na mortalidade para as doses de 250 e 500 g.t⁻¹, pode ter ocorrido em função da temperatura de 22 °C, não ser a ideal para o desenvolvimento desta espécie, o que leva a uma menor movimentação dos

insetos na massa de grãos, por consequência menor contato dos insetos com a terra de diatomáceas, com menor mortalidade ao longo do tempo.

Conforme Collins *et al.* (2001) a terra de diatomáceas é menos eficiente em temperaturas baixas, isto ocorre em função da menor mobilidade dos insetos, pois tem menos contato com o produto e, por consequência menor mortalidade.

Cerutti *et al.* (2008) estudando o efeito de três temperaturas (15, 25 e 30 °C) e três doses de terra de diatomáceas (500, 750 e 1000 g.t⁻¹), observaram que quanto maior a dose maior a mortalidade, e que na dose de 500 g.t⁻¹, na menor temperatura a mortalidade foi menor. As menores mortalidades nas menores doses foram observadas neste trabalho.

Os autores supracitados, não observaram redução na mortalidade ao longo do tempo de armazenamento em função das distintas temperaturas utilizadas (15, 25 e 30 °C), o que não foi verificado no presente estudo, porém o trabalho de Cerutti *et al.* (2008) foi avaliado até 28 dias, enquanto que no experimento os dados foram analisados até 90 dias.

Os resultados de mortalidade de insetos, para a temperatura de 30 °C indica que com o passar do tempo de armazenagem ocorreu aumento no número de insetos mortos em todas as doses usadas, sendo maior na dose de 1000 g.t⁻¹.

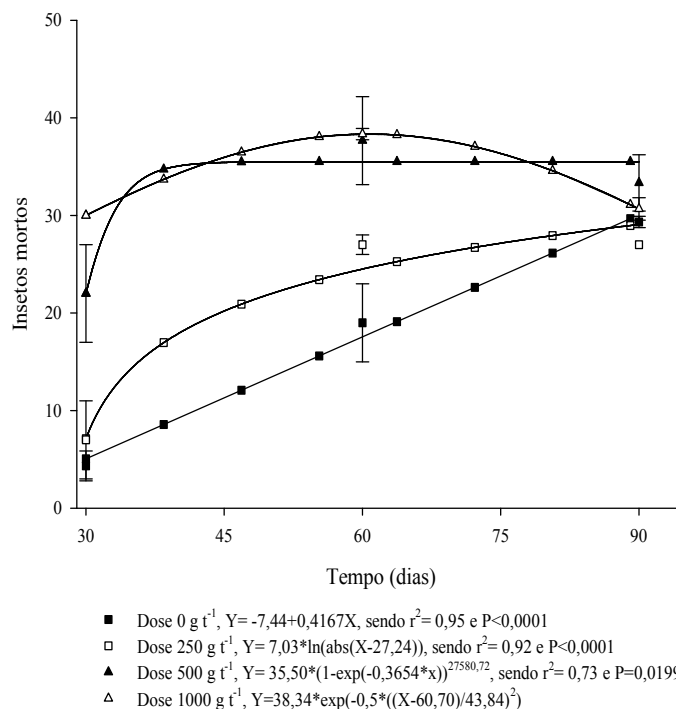


FIGURA 20. Insetos mortos em grãos de milho armazenado em temperatura de 30 °C e tratados com quatro doses de terra de diatomáceas ao longo de 90 dias. Porto Alegre, RS, 2015.

O maior efeito da terra de diatomáceas em maiores doses, ao longo do armazenamento, já foi verificado por outros pesquisadores (Marsaro Júnior *et al.*, 2006; Marsaro Júnior *et al.*, 2007; Cerutti *et al.*, 2008; Pinto Jr., 2008; Caneppele *et al.*, 2010; Athanassiou *et al.*, 2014)

Ocorreu efeito inseticida da terra de diatomáceas em todas as doses testadas e ambas as temperaturas ao longo dos 90 dias de armazenagem. Esse efeito foi maior à medida que se aumentaram a dose em ambas as temperaturas.

A maior taxa de mortalidade ocorrida na temperatura de 30 °C pode ser pelo fato de que os insetos da espécie *S. zeamais* possuem como condições ideais de desenvolvimento em temperaturas mais elevadas, sendo estas em torno dos 28 °C (Santos, 2003). Além disso, esta espécie caracteriza-

se por se movimentar bastante na massa de grãos, aumentando assim o contato com as partículas da terra de diatomáceas, conseqüentemente, aumentando a mortalidade em condições de temperatura mais alta. O valor de temperatura do ambiente possui grande importância no efeito da terra de diatomáceas, pois algumas espécies são mais suscetíveis em temperaturas baixas, como *Tribolium confusum* Du Val 1863 (Coleoptera: Tenebrionidae) e outras mais suscetíveis em temperaturas altas, como *Sitophilus granarius* Linnaeus 1758 (Coleoptera: Curculionidae) (Aldryhim, 1990).

Como a terra de diatomáceas atua por contato, com ação diretamente relacionada ao tempo de contato (McLaughlin, 1994), e que os insetos são ectotérmicos e, portanto, mais ativos em temperaturas mais elevadas, esperam-se melhor efeito a temperaturas mais altas (Fields & Korunic, 2000). Além disso, a temperatura elevada e a maior movimentação também aumentam a evaporação via espiráculos, devido ao aumento da respiração, comprometendo ainda mais o equilíbrio hídrico no inseto, podendo aumentar até três vezes a perda pela cutícula (Zachariassen, 1991).

Produtos compostos por terra de diatomácea usualmente necessitam de um tempo um pouco maior para matar os insetos, quando comparado com os inseticidas que agem por contato, entretanto, o efeito residual da terra de diatomáceas é usualmente maior (Marsaro Júnior *et al.*, 2008). Estudos realizados por Canepelle (2003) demonstraram que a terra de diatomácea causou até 50% de mortalidade da população de *Ephestia* spp (Lepidoptera: Pyralidae) em grãos milho com esse protetor após 210 dias da aplicação.

Nas doses mais altas (500 e 1000 g.ton⁻¹), ocorreu mortalidade de 100% a partir do período de 30 dias, e mantendo até o final das avaliações.

Athanassiou *et al.* (2014), avaliando o efeito de doses (50, 100, 200 e 500 g.t⁻¹) de terra de diatomácea em diferentes temperaturas do ar (20, 25 e 30 °C), na mortalidade de *S. oryzae* em grãos de trigo durante o armazenamento, observaram mortalidade de 100% aos 21 dias após a aplicação da terra de diatomáceas, o que está de acordo com o encontrado no presente trabalho para a dose de 500 e 1000 g.t⁻¹, aos trinta dias, permanecendo até 90 dias.

4.2.3 Sobrevivência de insetos

A sobrevivência de insetos em grãos de milho armazenados na temperatura de 22 °C pode ser observado na Figura 21.

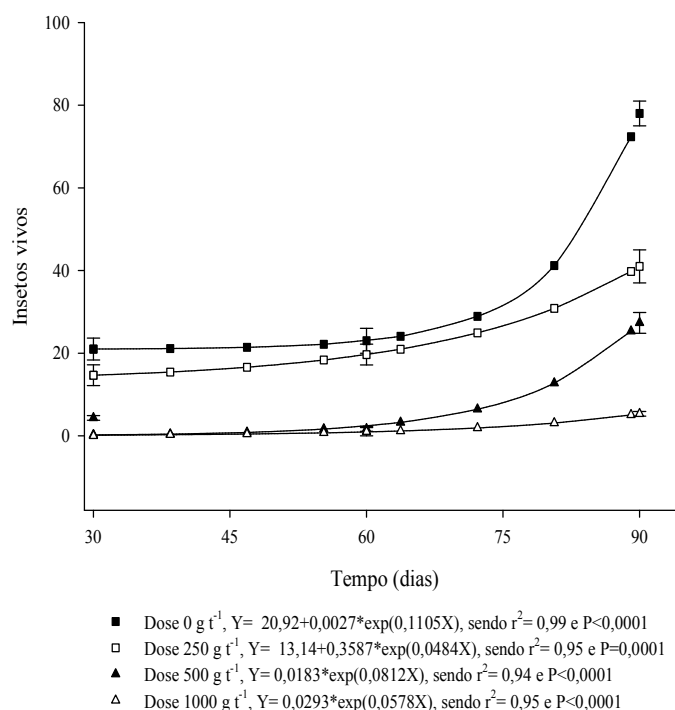


FIGURA 21. Insetos vivos em grãos de milho armazenado em temperatura de 22 °C e tratados com quatro doses de terra de diatomáceas ao longo de 90 dias. Porto Alegre, RS, 2015.

Os maiores valores de insetos vivos ocorreram ao final do período de armazenamento, sendo que a dose de 0 g.t⁻¹ apresentou a maior quantidade de

sobrevivência, seguida pela dose de 250 g.t⁻¹ de terra de diatomáceas. Sendo que em 1000 g.t⁻¹, a sobrevivência após 30 dias não ocorreu e na dose de 500 g.t⁻¹, após 60 dias ocorreu sobrevivência. Estes resultados estão de acordo com outros trabalhos que dizem que quanto maior a dose e o tempo de contato do produto com o inseto, menor é a sobrevivência das pragas (Martins & Oliveira, 2008; Antunes *et al.*, 2012).

Na menor dose e no controle a sobrevivência foi superior que nas duas doses maiores, em função de que menores quantidades podem levar a um tempo maior para serem eficientes. Produtos livres de tratamento são mais suscetíveis ao ataque de pragas no armazenamento (Antunes *et al.*, 2012).

Pela Figura 22, que mostra os valores obtidos para a sobrevivência de insetos em grãos de milho armazenados em temperatura de 30 °C.

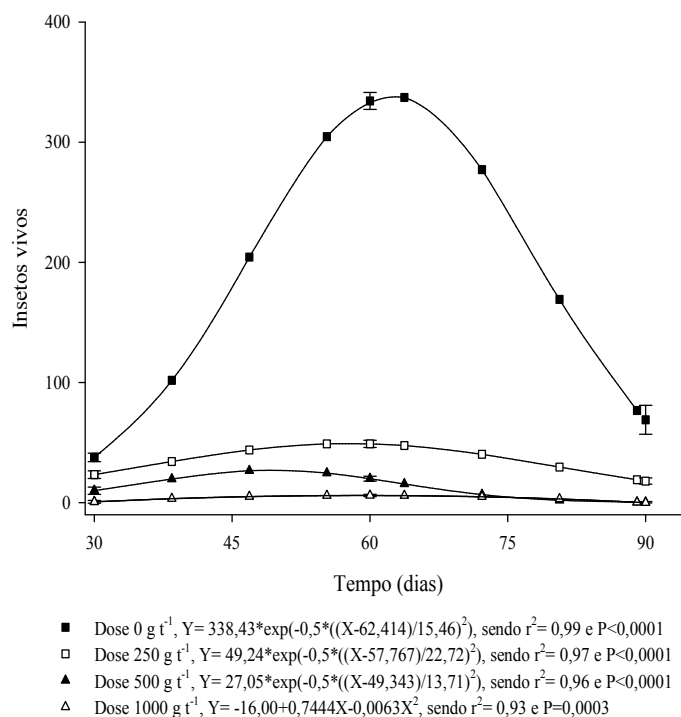


FIGURA 22. Insetos vivos em grãos de milho armazenado em temperatura de 30 °C e tratados com quatro doses de terra de diatomáceas ao longo de 90 dias. Porto Alegre, RS, 2015.

Percebe-se que ocorreu um aumento no número de insetos vivos até o período de 60 dias, com posterior redução até o final do período de armazenamento para todas as doses utilizadas. Para a testemunha ocorreu à maior quantidade de insetos vivos atingindo valores de aproximadamente 350 indivíduos, aos 60 dias e redução até o final do período de armazenamento. Produtos sem tratamento são facilmente atacados por insetos e por consequência, se desenvolvem mais rápido que os grãos tratados.

Também podemos observar que na menor dose (250 g.t⁻¹) apresentou maior sobrevivência de insetos em relação as outras duas doses. O que também está de acordo, pois outros pesquisadores também verificaram menor sobrevivência de insetos com o incremento da dose de terra de diatomáceas (Antunes *et al.*, 2012 ; Sousa *et al.*, 2013).

Pelo mostrado na figura 22, na testemunha (0 g.t⁻¹), a partir dos 60 dias de armazenagem, ocorreu redução na quantidade de insetos vivos. Isto pode ter ocorrido, pois, em temperaturas superiores a 30 °C acontece uma perda de água mais intensa nos insetos, resultando em desidratação e morte destes (Caneppele *et al.*, 2010).

4.2.4 Emergência de insetos

Na Figura 23 estão apresentados os resultados obtidos para a emergência de insetos em grãos de milho armazenados em temperatura de 22 °C.

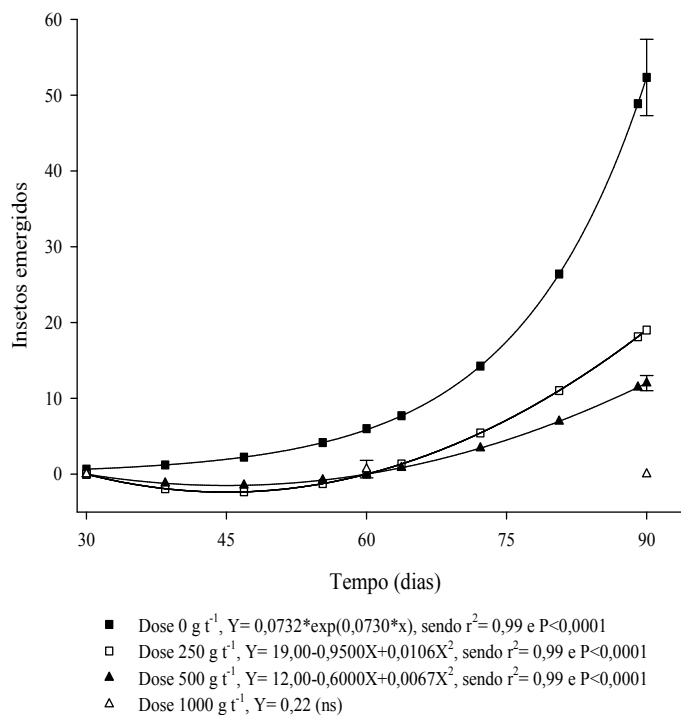


FIGURA 23. Emergência de insetos em grãos de milho armazenado em temperatura de 22 °C e tratados com quatro doses de terra de diatomáceas ao longo de 90 dias. Porto Alegre, RS, 2015.

A taxa de emergência foi crescente para todas as doses ao longo do período de armazenagem, sendo maior para o controle (0 g.t⁻¹), variando de 0 a 52 insetos. As doses de 250 e 500 g.t⁻¹ tiveram emergência variando de 0 a 19 e de 0 a 12 insetos, respectivamente. Já na dose de 1000 g.t⁻¹ não ocorreu variação significativa na emergência de insetos, com média de 0,22 insetos emergidos.

Estes resultados são um reflexo do que aconteceu com a mortalidade e emergência, ou seja, quanto maior a dose e tempo de exposição, maior mortalidade, menor sobrevivência e emergência de insetos (Cerutti *et al.*, 2008).

Os resultados obtidos para emergência de insetos em grãos de milho armazenados em temperatura de 30 °C estão demonstrados na figura 24.

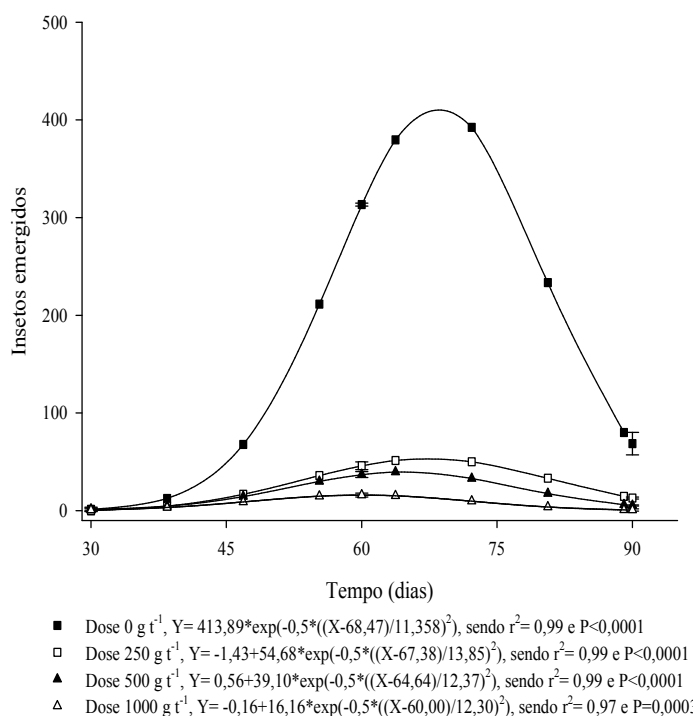


FIGURA 24. Emergência de insetos em grãos de milho armazenado em temperatura de 30 °C e tratados com quatro doses de terra de diatomáceas ao longo de 90 dias. Porto Alegre, RS, 2015.

Para o tratamento controle (0 g.t⁻¹) ocorreram às maiores taxas de emergência de insetos sendo crescentes até o período de 70 dias de armazenagem, reduzindo então até o final do armazenamento. A menor taxa de emergência ocorreu na dose de 1000 g.t⁻¹, seguida das doses de 500 e 250 g.t⁻¹, respectivamente.

Em relação ao número final de insetos emergidos para ambas as temperaturas avaliadas (22 e 30 °C), demonstram que quanto maior a dose de terra de diatomáceas, menor é a quantidade de insetos emergidos, sugerindo que a terra de diatomáceas inibe a postura de ovos. Além da inibição ocasionada pela terra de diatomáceas, os insetos da espécie *S. zeamais* tem como índice máximo de multiplicação e desenvolvimento a temperatura de 29

°C, o que pode explicar os baixos índices de emergência de insetos na temperatura de 22 °C.

4.2.5 Variação de massa seca

Na Figura 25 são apresentados os resultados da variação de massa seca dos grãos de milho ao longo do armazenamento para a temperatura de 22 °C e tratado com diferentes doses de terra de diatomáceas.

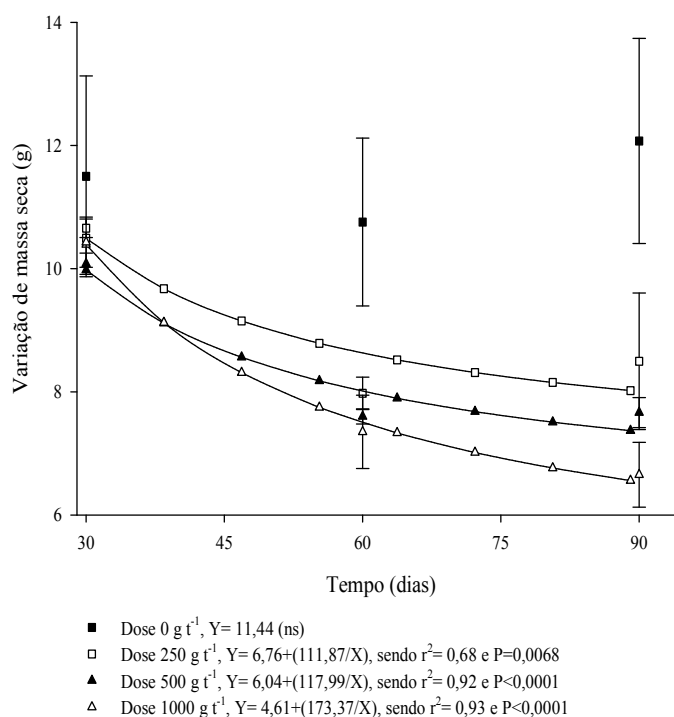


FIGURA 25. Variação de massa seca (g) de grãos de milho armazenado em temperatura de 22 °C e tratados com quatro doses de terra de diatomáceas. Porto Alegre, RS, 2015.

Ocorreram variações de massa seca, em todas as doses testadas, exceto no controle, com redução ao longo da armazenagem. No controle a variação não foi significativa ao longo dos 90 dias, com valor médio de 11,44 g.

Na temperatura de 22 °C, como já mencionado, a mobilidade dos insetos é menor (Collins *et al.*, 2001), reduzindo o dano que ele produz, diminuindo a perda de massa ao longo do tempo de armazenamento.

Almeida Filho *et al.* (2002) avaliando a perda de peso de sete variedades de milho, expostas ao ataque de 20 adultos de *S. zeamais*, observaram que aos 60 dias após a infestação, as perdas variam de 2,68 a 4,96 g. Os grãos utilizados foram livres de tratamentos. No presente trabalho a infestação ocorreu com 30 insetos e foram avaliados até 90 dias.

Na Figura 26 são demonstrados os resultados de variação de massa seca dos grãos de milho armazenados em temperatura de 30 °C.

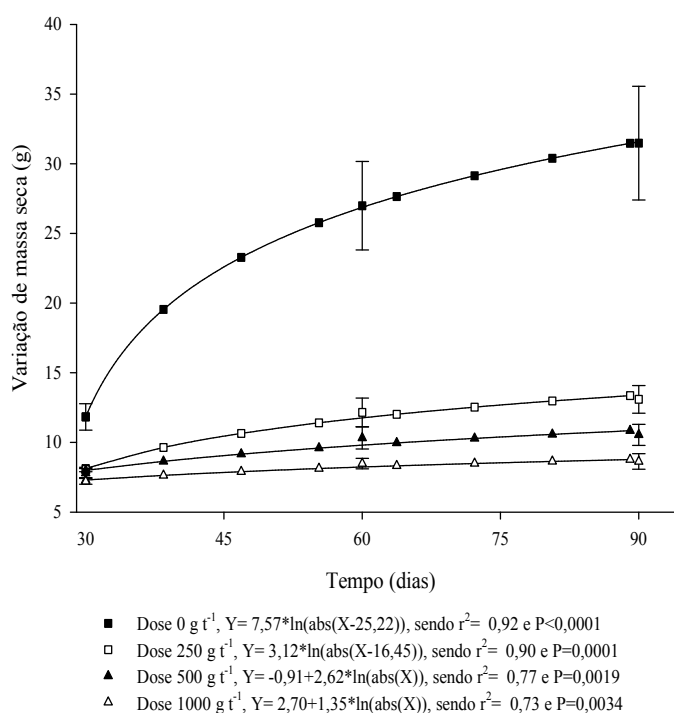


FIGURA 26. Variação de massa seca (g) de grãos de milho armazenados em temperatura de 30 °C e tratados com quatro doses de terra de diatomáceas. Porto Alegre, RS, 2015.

Os resultados obtidos mostram que a variação de massa seca foi aumentando ao longo do tempo para todos os tratamentos. Para o tratamento controle (0 g.t⁻¹) ocorreram às maiores variações de massa seca, sendo esta

variação de 19 gramas. Já as demais doses tiveram variações baixas e semelhantes.

De acordo com Santos *et al.* (2012), a maior variação de massa seca dos grãos na temperatura de 30 °C pode ser explicada, pois com a elevação da temperatura do local de armazenagem ocorreu aumento da atividade respiratória dos grãos e dos organismos vivos presentes no sistema, ocasionando maior produção de CO₂.

Conforme Santos (2003) a temperatura ótima para desenvolvimento desta espécie é de 28 °C, próxima a utilizada neste trabalho e por consequência onde ocorreram as maiores perda de massa.

4.2.6 Teor de água

Na Figura 27 são apresentados os dados de teor de água dos grãos de milho em função da dose de terra de diatomáceas utilizada.

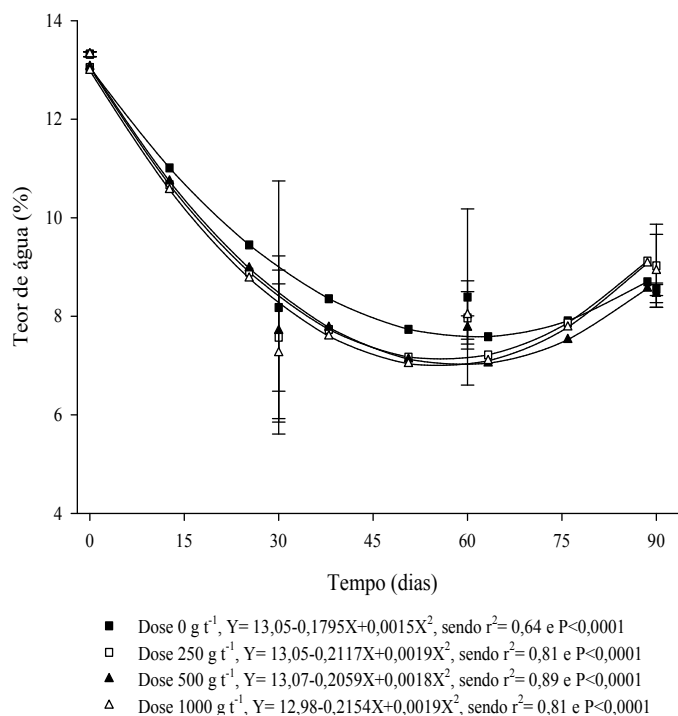


FIGURA 27. Teor de água (%) em grãos de milho armazenados e tratados com quatro doses diferentes de terra de diatomáceas. Porto Alegre, RS, 2015.

Percebe-se que em todos os tratamentos ocorreu redução do teor de água dos grãos de milho até o período de 60 dias de armazenagem, seguido de discreto aumento até o final do período de estocagem.

Resultados que estão de acordo com outros trabalhos que avaliaram a umidade de grãos em diferentes condições de temperatura e umidade relativa, tendendo ao equilíbrio higroscópico (Alencar *et al.*, 2009; Elias *et al.*, 2008, 2009; Schuh *et al.*, 2011).

Os grãos quando armazenados estão em contínuas e dinâmicas trocas de calor e água entre eles e o ar ambiente, até o limite de obtenção do equilíbrio higroscópico, em determinadas condições de temperatura e umidade relativa (Elias *et al.*, 2009).

A Figura 28 apresenta os valores obtidos para teor de água dos grãos de milho em função das duas temperaturas de armazenagem utilizadas. Nas duas temperaturas ocorreram reduções nos teores de umidade dos grãos. Para a temperatura de 30 °C o teor de água dos grãos reduziu de 13 para 8% e na temperatura de 22 °C reduziu de 12 para 6% e após um aumento para 10%.

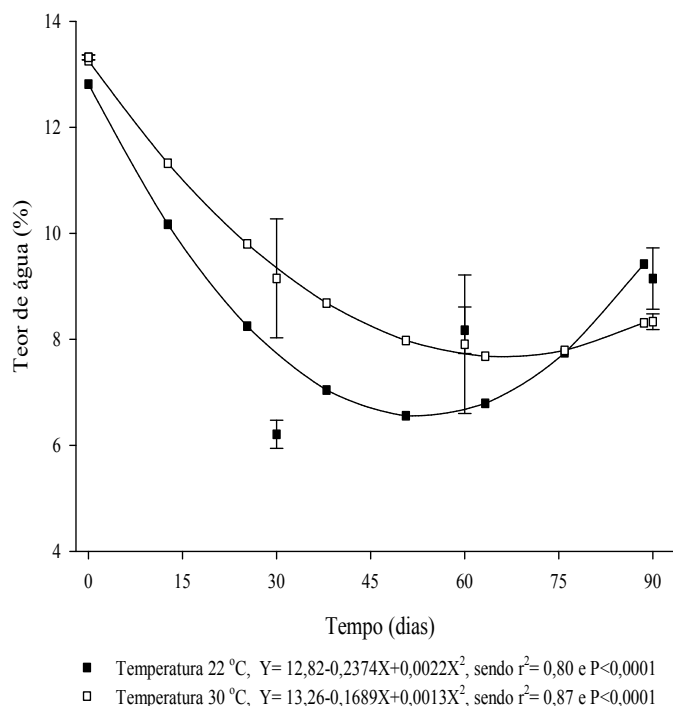


FIGURA 28. Teor de água (%) em grãos de milho armazenados em diferentes temperaturas e tratados com quatro doses diferentes de terra de diatomáceas. Porto Alegre, RS, 2015.

Ocorreu tendência dos grãos entrarem em equilíbrio higroscópico em função das condições de temperatura e umidade relativa do ambiente onde foram armazenados. Conforme Brooker *et al.* (1992) em temperaturas de 22 °C e UR de 50% a umidade de equilíbrio do milho fica em aproximadamente 10%, podendo variar em função da variedade.

Como observado por Stathers *et al.* (2004) usando a terra de diatomáceas no controle de diversas espécies de pragas, as condições de

armazenamento de um produto, como umidade e temperatura influenciam na mortalidade de insetos adultos. De acordo com Korunic (1998) a terra de diatomáceas tem a sua eficiência relacionada, principalmente, com a baixa umidade do ambiente onde estão os grãos e, também, com a concentração que atinge o corpo do inseto para assim ocorrer o controle.

5 CONCLUSÕES

Os grãos de milho híbridos Syngenta e Dekalb são os menos suscetíveis e os grãos de milho do híbrido Pioneer é o mais suscetível ao ataque de insetos da espécie *Sitophilus zeamais*;

O híbrido Pioneer é o mais suscetível ao ataque de insetos da espécie *Sitophilus zeamais* em grãos de milho;

Os gêneros de fungos *Penicillium* spp e *Fusarium* spp.. persistem ao longo do armazenamento com predominância do *Penicillium* spp;

Após 60 dias de armazenamento todos os híbridos de milho são classificados como Fora de Tipo;

Na temperatura de 22 °C ocorre reduções na mortalidade dos insetos em todas as doses de terra de diatomáceas avaliadas, ao longo do armazenamento. Na temperatura de 30 °C ocorre aumento na mortalidade em todas as doses de diatomáceas avaliadas, ao longo do armazenamento;

Na temperatura de 22 °C ocorre a menor quantidade de insetos mortos. Na temperatura de 30 °C ocorre a maior quantidade de insetos vivos e mortos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALDRYHIM, Y.N. Efficacy of the amorphous silica dust, Dryacide, against *Tribolium confusum* Duv. and *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera: Tenebrionidae and Curculionidae). **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v.26, p.: 207-210, 1990.

ALENCAR, E. R. et al. Qualidade dos grãos de soja armazenados em diferentes condições. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 5, p. 606-613, 2009.

ALMEIDA FILHO, A. J. et al. Determinação da perda de peso do milho (*Zea mays*) provocada por *Sitophilus oryzae* e *Sitophilus zeamais*. **Revista Ecosistema**, Espírito Santo do Pinhal, v.27, n.1, 41-44, 2002.

ALVES, L. F. A., et al. Ação da Terra de Diatomácea contra adultos do cascudinho *Alphitobius diaperinus* (Panzer, 1797) Coleóptera: Tenebrionidae). **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v.73, p.: 115-118, 2006.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved methods AACC**.10th ed. St. Paul, MN, 2000.

AMERICAN OIL CHEMISTS SOCIETY. **Official and Tentatives Methods of American Oil Chemistry Society**. New York, D.C, 1996.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**.16. ed. Arlington: AOAC, 1990. 2 v. 1 e v. 2.

ANTUNES, L. E. G. et al.; Características físico-químicas de grãos de milho atacados por *Sitophilus zeamais* durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.6, p.615-620, 2011.

ANTUNES, L. E. G. et al. Eficiência da terra de diatomácea no controle do gorgulho do milho ao longo do tempo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.11, n.3, p. 217-224, 2012.

ARAÚJO, J. M. A. **Oxidação de lipídios em alimentos**. In.: QUÍMICA de alimentos teoria e prática. Viçosa: Editora UFV, 2004. p.1-67.

ATAYDE, D. D. et al. Infecção de Grãos de Milho e Cobertura Morta por *Fusarium verticillioides* em Regiões Produtoras no Estado de São Paulo que Adotam o Sistema de Rotação de Culturas. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 29., 2012, Águas de Lindóia. [Anais]. - Águas de Lindóia, 2012.

ATHANASSIOU C. G.; KAVALLIERATOS N. G., LAZZARI F. A. Insecticidal effect of Keepdry® for the control of *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) and *Rhyzopertha dominica* (F.) (Coleoptera: Bostrychidae) on wheat under laboratory conditions. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v.59, p.: 133-139, 2014.

ATUI, M. B. et al. Avaliação de metodologia para a detecção de resíduos de terra diatomácea em grãos de trigo e farinha. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v.62, n.1, p.: 11 - 16, 2003.

BAKKER-ARKEMA, F. W. Grain quality and management of grain quality standards. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM OF GRAIN CONSERVATION, 1993, Canela, RS. **Anais...** Porto Alegre, 1993. p. 3-11.

BERCHIERI, A. J.; MACARI, M. *Enfermidades Micóticas., Doenças das Aves.* Campinas:, São Paulo, FACTA – Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2000.

BHATTACHARYA, K.; RAHA, S. Deteriorative changes of maize, groundnut and soybean seeds by fungi in storage. **Mycopathologia**, Dordrecht, v. 155, n. 3, p. 135-141, 2002.

BRASIL, Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Regras para análise de sementes. Brasília, 2009. 399 p.

BROOKER, D.B.; BAAKER-ARKEMA, F.W.; HALL, C.W. **Drying and Storage of Grain and Oilseeds.** New York, 1992. 450p.

BUENO, L. C. S; MENDES, A. N.; CARVALHO, S. P. **Melhoramento genético de plantas: princípios e conceitos.** 2°. ed. Lavras: UFLA, 2006.

CANEPELE, C. **Qualidade do grão de milho (*Zea mays* L.) da pré-colheita ao armazenamento, métodos de monitoramento e controle de insetos.** 2003. 120 f. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

CANAPELLE, M. A. B. et al. Correlation between the infestation level of *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera, Curculionidae) and the quality factors of stored corn, *Zea mays* L. (Poaceae). **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 47, n. 4, p. 625-630, 2003.

CANAPELLE, M. A. B. et al. 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, july/aug. 2010.

CANEPPELE, C.; CANEPPELE, M. A. B. **Ocorrência de fungos e aflatoxinas em grãos de milho.** Disponível

em: <<http://pt.engormix.com/MAMicotoxinas/artigos/ocorrencia-fungos-aflatoxinas-graos-t1532/p0.htm>>. Acesso em: 08 ago. 2014.

CERUTI, F. C. et al. Eficácia de terra diatomácea e temperatura para o controle do gorgulho-do-milho em milho armazenado em milho. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 9, n. 1, p. 73-78, 2008.

CHULZE, S. N. Strategies to reduce mycotoxin levels in maize during storage: a review. **Food Additives and Contaminants**, Londres, v. 27, n. 5, p. 651-657, 2010.

COLLARES, T. **Avaliação do dano e da suscetibilidade de cultivares de arroz a *Sitophilus zeamais* (Col., Curculionidae) e incidência fúngica durante o armazenamento.** 2014. 66 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

COLLINS, D. A. et al. **The efficacy of alternative compounds to organophosphorous pesticides for the control of storage mite pests.** London: Home-Grown Authority, 2001. 163p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos.** Brasília: Conab, 2016.

CRUZ, J. C.; et al. **Produção de milho na agricultura familiar.** Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2011. 45 p.

DELIBERALI, J. et al. **Efeitos de processo de secagem e tempo de armazenamento na qualidade tecnológica de trigo.** Ciência e Agrotecnologia - Lavras, v.34, n.5, p. 1285-1292. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542010000500029>>. Acesso em: 05 de jan 2016.

DUARTE, R. P. et al. Comportamento de diferentes genótipos de milho com aplicação foliar de fungicida quanto à incidência de fungos causadores de grãos ardidos. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.25, n. 4, p. 112-122, 2009.

ELIAS, M.C. Fatores que influenciam a aeração e o manejo da conservação de grãos. In: LORINI, I.; MIIKE, L.H.; SCUSSEL, V.M. (Ed). **Armazenagem de grãos.** Campinas: IBG, 2002. p.311-359.

ELIAS, M. C. **Manejo tecnológico da secagem e do armazenamento de grãos.** Pelotas: Ed. UFPEL, 2008. 457 p.

ELIAS, M. C.; OLIVEIRA, M. **Aspectos Tecnológicos e Legais na Formação de Auditores Técnicos do Sistema Nacional de Certificação de Unidades Armazenadoras.** Pelotas: Ed. Santa Cruz, 2009. 430 p.

EVANS, D. E. The biology of stored products Coleoptera. In: PROC. Aust. Dev. Asst. Course on Preservation of Stored Cereals, Kansas: Kansas State University, 1981.p.149-85.

FALEIRO, F. G. et al. Resistência de 49 populações de milho a *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera:Curculionadae). **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v. 20, n. 1-2, p. 17-21, 1995.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Better information sharing could reduce post-harvest food losses**: New database launched 2006. Rome: FAO, [2006]. Disponível em: <www.fao.org/es>. Acesso em: 05 jan. 2016.

FERRARI FILHO, E. **Métodos e temperaturas de secagem sobre a qualidade físico-química e microbiológica de grãos de milho no armazenamento**. 2011. 94 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

FIELDS, P.; KORUNIC, Z. 2000. The effect of grain moisture content and temperature on the efficacy of diatomaceous earths from different geographical locations against stored-product beetles. **Journal of Stored Products Research**, Oxford,v. 36, p.: 1-13, 2000.

GALLO, D. et al. **Manual de Entomologia Agrícola**. Piracicaba, SP: FEALQ, 2002.920p.

GENKAWA, T. et al. Development of a low-moisture content storage system for brown rice: storability at decreased moisture contents. **Biosystems Engineering**, London, v.99, p.515-522, 2008.

GUTKOSKI, L. C. et al. Avaliação da composição química de milho seco e armazenado em silo tipo alambrado com ar natural forçado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 4, p. 879-885, 2009.

GUZZO, E. C. et al. Identificação de materiais de milho resistentes ao ataque de gorgulho *Sitophilus zeamais* (Mots., 1855) (Coleoptera: Curculionidae). **Arquivo do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 69, n. 2, p. 69-73, Abr./Jun., 2002.

KORUNIC, Z. Diatomaceous earths, a group of natural insecticides. **Journal of Stored Products Research**, Oxford,v.34, p.87-97, 1998.

LAZZARI, F. A. Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações. 2. ed. Curitiba: edição do autor, 1997.

LIMA, R. F. **Qualidade de grãos de milho submetidos à secagem com lenha em diferentes temperaturas e períodos de armazenamento**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

- LIST, G. R.; MOUNTS, T. L. Origin of the nonhydratable soybean phosphatides: whole beans or extraction? **Journal of the American Oil Chemists' Society**. Champaign, v.70, p. 639-641, 1993.
- LOECK, A. E. **Pragas de Produtos Armazenados**. Pelotas: EGUFPEL, 2002. 113 p.
- LORINI, I.; SCHNEIDER, S. **Pragas de grãos armazenados: resultados de pesquisa**. Passo Fundo: EMBRAPA: CNTP, 1994. 48p. (EMBRAPA – CNTP. DOCUMENTOS)
- LORINI, I. et al. Terra de diatomáceas como alternativa no controle de pragas de milho armazenado em propriedade familiar. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, Porto Alegre, v.2, n.4, out./dez.2001.
- LORINI, I. **Manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados**. Passo Fundo: Embrapa trigo, 2008.
- MARIANO, F.D.; SANTOS, S.; SANTOS, F.F. Utilização de terra de diatomácea como alternativa no controle de insetos em grãos de trigo armazenados. **Revista Analytica**, Guaxupé, n. 24, p. 60- 64, 2006.
- MARIN, S. et al. Fumonisin producing strains of Fusarium: a review of their ecophysiology. **Journal of Food Protection**, Des Moines, v. 67, n. 8, p. 1792-1805, 2004.
- MARINI, L. J. et al. Qualidade de grãos de aveia sob secagem intermitente em altas temperaturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.5, p.1268-1273, set-out, 2007.
- MARSARO JÚNIOR et al. Eficiência da terra de diatomácea no controle de *Plodia interpunctella* em milho armazenado. **Revista Acadêmica de Ciência Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 6, n. 1, p. 39-44, jan./mar. 2008.
- MARTINS, T. Z.; OLIVEIRA, N. C. Controle de *Sitophilus zeamais* (Coleóptera: Curculionidae) no milho pipoca (*Zea mays* L.) tratado com terra de diatomácea. *Campo Digital, Campo Mourão*, v.1, n.2, p.79-85, jan/out. 2008.
- MATIOLI, J. C.; ALMEIDA, A. A. Alterações nas características químicas dos grãos de milho causadas pela infestação do *Sitophilus oryzae*. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.4, p.36-46, 1979.
- MCLAUGHLIN, A. Laboratory trails desiccant dust insecticides. In: INTERNATIONAL WORKING CONFERENCE ON STORED PRODUCT, 6, 1994. **Proceedings**, [S.l.], 1994.v.2, p.638-645.
- MERONUCK, R. A. The significance of fungi in cereal grains. **Plant Disease**, St. Paul, v. 71, p. 287-291, 1987.
- MILLS, R. B. Host-plant resistance applied to stored product insects. **Proceedings North Central Branch**, E.S.A, v. 27, p. 106-107, 1972.

MIRANDA, M. M. M. et al. Detecção de não-preferência à *Sitophilus zeamais* Mots. em espigas e grãos de 49 populações de milho. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, v.20, p. 21-25, 1995.

MIRANDA, M. M. M. et al. Resistência por antibiose, em populações de milho, a *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). **Revista Agricultura Tropical**, Cuiabá, v.2, n. 1, p. 90-95, 1996.

MUNKVOLD, G. P. Epidemiology of *Fusarium* diseases and their mycotoxins in maize ears. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v.109, p.705-713, 2003.

MUKANGA, M. et al. A survey of preharvest ear rot diseases of maize and associated mycotoxins in south and central Zambia. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 141, n. 3, p.213-221, 2010.

NG, H. F. et al. Mechanical damage and corn storability. **Transaction of the ASAE**, St. Joseph, v. 41, n. 04, p. 1095-1100, 1998.

NIELSEN, P. S. The effect of a diatomaceous earth formulation on the larvae of *Ephestiakuehniella* Zeller. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 34, p.113-121, 1998.

PADÍN, S.; DAL BELLO, G.; FABRIZIO, M. Grain loss caused by *Tribolium castaneum*, *Sitophilus oryzae* and *Acanthoscelides obtectus* in stored durum wheat and beans treated with *Beauveria bassiana*. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 38, n. 1, p. 69-74, 2002.

PARK, S. et al. Impact of differing population levels of *Rhyzopertha dominica* (F.) on milling and physicochemical properties of sorghum kernel and flour. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v.44, n. 4, p.322-327, 2008.

PATERNIANI, E. Effective maize pollen dispersed in the field. **Euphytica**, Wageningen, v. 23, p. 129-134, 1974.

PETERS, D. C.; ZUBER, M. S.; FERGASON, V. Preliminary evidence of high-amylose corn to Angoumois grain moth. **Journal of Economical Entomology**, Maryland, v. 53, n. 4, p. 573-574, 1960.

PICANÇO, M. C. et al. Resistência por antibiose, em populações de milho, a *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). **Revista Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 8, n. 4, p. 232-241, 2000.

PINTO, N. F. J. **Grãos ardidos em milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA, 2005. 6p. (Circular Técnica, 66).

PINTO JÚNIOR, A.R. Eficiência de terra de diatomáceas no controle de algumas pragas de milho armazenado a granel. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v.15, n.1, p. 61-70, 2008.

- PONS, A. L.; BRESSOLIN, M. **A cultura do milho**. Porto Alegre: IPAGRO-SEAGRI, 1981. 100p.
- PUZZI, D. **Abastecimento e armazenamento de grãos**. São Paulo: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986. 1917p.
- PUZZI, D. **Abastecimento e Armazenamento de Grãos**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2000. 666 p.
- RAMOS, A. T. M. **Levantamento da microflora de grãos ardidos de milho e avaliação da resistência genética a *Fusarium verticillioides***. 2008. 70f. Tese (Mestrado) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2008.
- REES, D. P. Coleoptera. In: SUBRAMANYAN, B.; HAGSTRUM, D.W. (Ed.). **Integrated management of insects in stored products**. New York: Marcel Dekker, Inc., 1996. p.1-39.
- REIS, E. M. et al. **Manual de diagnose e controle de doenças do milho**. Lages: Graphel, 2004. 44p.
- RODRÍGUEZ-AMAYA, D. B.; SABINO, M. Mycotoxins research in Brazil: the last decade in review. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v.33, n.1, p.1-11, 2002.
- ROMBALDI, C. V. **Condições de secagem e tempo de armazenamento na qualidade industrial do arroz**. 1988. 124f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 1988.
- SALUNKHE, D. K. et al. Maize. In: POSTHARVEST biotechnology of cereals. Boca Raton,: CRC, 1985,. p. 127-146.
- SANTIN, E. Mould growth and mycotoxin production. In: DIAZ, D. (Ed). **The micotoxin blue book**. Nottingham: [S.n.], 2005, Cap. 5, p. 93-137.
- SANTOS, A.K.; et al. Nível de dano econômico de *Sitophilus zeamais* (M.) em trigo armazenado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.6, n.2, p.273-279, 2002.
- SANTOS, J. P. **Controle de Pragas Durante o Armazenamento de Milho**. Sete Lagoas, MG,:Embrapa Milho e Sorgo, 2006.(Circular Técnica 84)
- SANTOS, S. B. et al. Perda de matéria seca em grãos de milho armazenados em bolsas herméticas. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 43, n. 4, p. 674-682, out-dez, 2012.
- SAUL, R. A.; STEELE, J. L. Why damaged shelled corn cost more to dry. **Agricultural Engineering**, St. Joseph, v. 47, n. 06, p. 326, 1966.

- SCHUH, G. et al. Efeitos de dois métodos de secagem sobre a qualidade físico-química de grãos de milho safrinha-RS, armazenados por 6 meses. **Semina**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 235-244, 2011.
- SHIROMA, N.N. et al. Milho: um importante ingrediente para a avicultura. **Revista da Produção Animal**, São Paulo, v. 04, Ano 02, Setembro 2010, p. 50-55.
- SIDRIM, J. J. C.; ROCHA, M.F.G. **Micologia Médica à Luz de Autores Contemporâneos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004. 388p.
- SILOTO, R. C. **Danos e biologia de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidade) em genótipos de milho**. 2002. 93p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.
- SILVA, A. A. L. **Influência do processo de colheita na qualidade do milho (*Zea mays* L.) durante o armazenamento**. 1997. 77 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1997.
- SILVA, A.A.L. et al. Modelos analíticos do crescimento populacional de *Sitophilus zeamais* em trigo armazenado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.1, p.155-161, 2006.
- SMIDERLE, O. J.; CICERO, S. M. Tratamento inseticida e qualidade de sementes de milho durante o armazenamento. **Scientia Agrícola**, v.56, n.4, p.1245-1254., Piracicaba, SP, 1999.
- STATHERS, T. E.; DENNIFF, M.; GOLOB, P. The efficacy and persistence of diatomaceous earth admixed with commodity against four tropical stored product beetle pests. *Journal of Stored Products Research*, Oxford, v. 40, n. 1, p. 113- 123, 2004.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.
- TIECKER JÚNIOR, A. Qualidade físico-química de grãos de milho armazenados com diferentes umidades em ambientes hermético e não hermético. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v.13, n.2, p. 174-186, 2014.
- URBEN, A. F. et al. **Curso de Taxonomia de *Fusarium***, Brasília, DF: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2009.
- UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). [Informações obtidas no site] 2016. Disponível em: <<http://www.usda.gov/wps/portal/usda/usdahome>>. Acesso em: 03 maio 2016.
- WATSON, S. A.; RAMSTAD, P. E. **Corn: chemistry and technology**. St. Paul: American Association of Cereal Chemist, 1987.
- ZACHARIASSEN, K.E. Routes of transpiratory water loss in a dry-habitat tenebrionid beetle. *The Journal of Experimental. Biology*. v.157, p.425-437, 1991.