

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

USO DE FOSFINA E TERRA DE DIATOMÁCEA SOBRE CARACTERÍSTICAS  
QUALI-QUANTITATIVAS E SANITÁRIAS DE GRÃOS DE MILHO (*Zea mays* L.)  
ARMAZENADOS

Rafael Lorscheiter  
Mestre em Fitotecnia/UFRGS

Tese apresentada como um dos requisitos  
à obtenção do Grau de Doutor em Fitotecnia  
Área de concentração Sanidade Vegetal

Porto Alegre (RS), Brasil  
Fevereiro de 2018

### CIP - Catalogação na Publicação

Lorscheiter, Rafael

Uso de fosfina e terra de diatomácea sobre características quali-quantitativas e sanitárias de grãos de milho (*Zea mays* L.) armazenados / Rafael Lorscheiter. -- 2018.

116 f.

Orientador: Rafael Gomes Dionello.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2018.

1. Terra de diatomácea. 2. Fosfina. 3. Milho. 4. Características quali-quantitativas. 5. Características fitossanitárias. I. Gomes Dionello, Rafael, orient. II. Título.

RAFAEL LORSCHWEITER  
Engenheiro Agrônomo - UFRGS  
Mestre em Fitotecnia - UFRGS

## **TESE**

Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

### **DOUTOR EM FITOTECNIA**

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

Aprovado em: 27.02.2018  
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 24.05.2018  
Por

RAFAEL GOMES DIONELLO  
Orientador - PPG Fitotecnia  
UFRGS

CHRISTIAN BREDEMEIER  
Coordenador do Programa de  
Pós-Graduação em Fitotecnia

LAURI LOURENÇO RADÜNZ  
PPG Fitotecnia/UFRGS

LUCIA BRANDÃO FRANK  
PPG Zootecnia/UFRGS

LUIDI ERIC GUIMARÃES ANTUNES  
UERGS - Vacaria/RS

CARLOS ALBERTO BISSANI  
Diretor da Faculdade  
de Agronomia

## AGRADECIMENTOS

À minha esposa Lisandra, pelo amor, companheirismo, pelo suporte dado com as questões familiares para que eu pudesse finalizar minha tese e, principalmente, por ter dado o maior presente das nossas vidas: nosso filho Pedro.

Aos meus pais, Egidio e Marli, e meu irmão Rodrigo, pelo amor e por terem contribuído para ser a pessoa que sou hoje.

Ao meu orientador, professor Rafael Gomes Dionello, pelos ensinamentos, companheirismo, e por ter aceitado me orientar, apesar das limitações de horário que possuo devido ao meu emprego.

Aos colegas do Laboratório de Pós-colheita de Grãos, principalmente ao bolsista Daniel Jose Schropfer, pelo auxílio na execução dos meus experimentos.

Ao LANAGRO e Laboratório de Nutrição Animal da UFRGS, pelo auxílio na execução de análises deste trabalho.

À Protection Insumos, Eng. Tarcisio Moreira, pelo fornecimento dos produtos para realização do trabalho.

A Deus, pela vida.

# USO DE FOSFINA E TERRA DE DIATOMÁCEA SOBRE CARACTERÍSTICAS QUALI-QUANTITATIVAS E SANITÁRIAS DE GRÃOS DE MILHO (*Zea mays* L.) ARMAZENADOS<sup>1</sup>

Autor: Rafael Lorscheiter

Orientador: Rafael Gomes Dionello

## RESUMO

Diversos métodos de controle são utilizados para minimizar as perdas ocasionadas por pragas no armazenamento de grãos de milho (*Zea mays* L.), com destaque para a fumigação com fosfina, mais utilizado, e a terra de diatomácea, que vem sendo importante como alternativa à necessidade de menor emprego de inseticidas químicos. Os objetivos deste trabalho foram verificar o efeito do uso de gás fosfina e duas doses de inseticida natural à base de terra de diatomácea sobre características físico-químicas, tecnológicas e sanitárias de grãos de milho armazenados em silos de alvenaria, em condições de temperatura ambiente. Grãos de milho da cultivar híbrida Morgan Power Core 30A77PW foram depositados em três silos de alvenaria com base circular com capacidade de armazenamento de 100 sacos cada. Foram estabelecidos três manejos de pragas: químico com fosfina (GASTOXIN<sup>®</sup> B57) e alternativo com terra de diatomácea (INSECTO<sup>®</sup>) nas doses de 500 e 1.000 g.t<sup>-1</sup>. As avaliações foram realizadas no início do experimento e 103, 194 e 286 dias após, sendo verificadas as características físico-químicas, tecnológicas e sanitárias dos grãos de milho. O uso de terra de diatomácea acarretou em menor teor de água e massa específica dos grãos em relação ao gás fosfina, e promoveu menor redução da massa específica dos grãos, em ambas as doses avaliadas (500 e 1.000 g.t<sup>-1</sup>), e do peso de mil grãos, na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>. A maior dose de terra de diatomácea propiciou menor perda de peso por danos que os demais manejos. Grãos manejados com terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup> apresentaram menor perda de peso por insetos, melhor avaliação de Tipo e grãos sem defeitos durante o armazenamento em relação aos outros manejos. O uso de terra de diatomácea reduziu o percentual de grãos de milho sem crescimento fúngico e a incidência fúngica dos gêneros *Fusarium*, *Aspergillus* e *Penicillium* durante o armazenamento. Grãos tratados com terra de diatomácea, em ambas as doses, apresentaram menores teores de extrato etéreo e maiores de acidez do extrato etéreo durante o armazenamento em relação à fosfina. Ficou demonstrado neste trabalho que o uso de produtos à base de terra de diatomácea, na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup> apresenta resultados semelhantes ou melhores em relação à aplicação de fosfina nas propriedades físico-químicas, tecnológicas e sanitárias, constituindo alternativa viável para substituição de inseticidas químicos.

---

<sup>1</sup> Tese de Doutorado em Fitotecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (116f.) Fevereiro, 2018.

# USE OF PHOSPHINE AND DIATOMACEOUS EARTH ON QUALI- QUANTITATIVE AND SANITARY CHARACTERISTICS OF STORED CORN GRAINS (*Zea mays* L.)<sup>1</sup>

Author: Rafael Lorscheiter

Adviser: Rafael Gomes Dionello

## ABSTRACT

Several methods of control are used to minimize the losses caused by pests in the storage of maize grains (*Zea mays* L.), especially the fumigation with phosphine, and diatomaceous earth, which is important as an alternative to the need for less use of chemical insecticides. The objectives of this work were to verify the effect of the use of phosphine gas and two doses of natural insecticide based on diatomaceous earth on physical-chemical, technological and sanitary characteristics of corn grains stored in masonry silos at ambient temperature conditions. Corn grains of the Morgan Power Core hybrid cultivar 30A77PW were deposited in three circular-based masonry silos with a storage capacity of 100 bags each. Three pest management was established: chemical with phosphine (GASTOXIN<sup>®</sup> B57) and alternative with diatomaceous earth (INSECTO<sup>®</sup>) at doses of 500 and 1.000 g.t<sup>-1</sup>. The evaluations were carried out at the beginning of the experiment and 103, 194 and 286 days later, being verified the physical-chemical, technological and sanitary characteristics of corn grains. The use of diatomaceous earth resulted in lower water content and grain specific mass in relation to phosphine gas, and promoted a lower reduction of the specific grain mass, in both the evaluated doses (500 and 1.000 g.t<sup>-1</sup>), and the weight of 1.000 grains, at a dose of 1.000 g.t<sup>-1</sup>. The higher dose of diatomaceous earth provided less weight loss due to damage than other treatments. Grains handled with diatomaceous earth at a dose of 1.000 g.t<sup>-1</sup> showed lower insect weight loss, better evaluation of Type and grains without defects during storage in relation to other managements. The use of diatomaceous earth reduced the percentage of corn grains without fungal growth and the fungal incidence of the genera *Fusarium*, *Aspergillus* and *Penicillium* during storage. Grains treated with diatomaceous earth, at both doses, presented lower levels of ethereal extract and higher acidity of ethereal extract during storage in relation to phosphine. It was demonstrated in this work that the use of diatomaceous earth products, at the dose of 1.000 g.t<sup>-1</sup> presents similar or better results regarding the application of phosphine in the physico-chemical, technological and sanitary properties, being a viable alternative for the substitution of chemical insecticides.

---

<sup>1</sup> Doctoral thesis in Plant Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil. (116p.) February, 2018.

## SUMÁRIO

	Página
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	5
2.1 A cultura do milho .....	5
2.2 Armazenamento de grãos.....	6
2.3 Pragas e fungos de produtos armazenados.....	10
2.4 Controle de insetos em grãos armazenados .....	11
2.4.1 Controle químico.....	12
2.4.2 Inseticida natural à base de terra de diatomáceas.....	14
2.5 Referências Bibliográficas .....	16
3 ARTIGO 1 - Características físicas de milho ( <i>Zea mays</i> L.) armazenado sob manejo com fosfina e terra de diatomácea em silos de alvenaria em ambiente natural .....	21
RESUMO.....	22
INTRODUÇÃO.....	23
MATERIAL E MÉTODOS.....	24
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
CONCLUSÕES .....	39
REFERÊNCIAS .....	40
4 ARTIGO 2 - Classificação tecnológica e perda de peso por carunchamento em grãos de milho ( <i>Zea mays</i> L.) armazenados sob manejo com fosfina e terra de diatomácea em condições ambientes .....	44
RESUMO.....	45
Introdução .....	45
Material e Métodos .....	46
Resultados e Discussão.....	48
Conclusões.....	63

	Página
Referências .....	63
5 ARTIGO 3 - Incidência fúngica em grãos de milho ( <i>Zea mays</i> L.) armazenados sob aplicação de fosfina e terra de diatomácea em ambiente natural .....	66
RESUMO.....	67
Introdução .....	67
Material e Métodos .....	68
Resultados e Discussão.....	70
Conclusões.....	78
Referências .....	79
6 ARTIGO 4 - Caracterização química de grãos de milho ( <i>Zea mays</i> L.) armazenados sob manejo com fosfina e terra de diatomácea em ambiente natural ....	82
RESUMO.....	83
1. Introdução .....	83
2. Materiais e Métodos.....	84
2.1. Local e período de execução .....	84
2.2. Material vegetal.....	85
2.3. Tratamentos.....	85
2.4. Avaliações .....	86
2.4.1. Teor de proteína bruta .....	86
2.4.2. Teor de extrato etéreo.....	86
2.4.3. Acidez do extrato etéreo.....	86
2.4.4. Teor de cinzas.....	87
2.4.5. Teor de carboidratos.....	87
2.5. Delineamento experimental e análises estatísticas.....	87
3. Resultados .....	87
4. Discussão.....	95
5. Conclusões .....	98
Referências .....	99
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	102



## RELAÇÃO DE TABELAS

Página

### ARTIGO 1

1. Resumo da Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F ( $p < 0,05$ ) dos dados referentes às análises de teor de água (TA), massa específica (ME), peso de mil grãos (PMG) e perda de peso por danos (PPD) em grãos de milho em relação ao manejo de pragas (fosfina e terra de diatomácea nas doses de 500 e 1.000  $\text{g.t}^{-1}$ ) e tempo de armazenamento. .... 28
2. Teor de água (%) de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500  $\text{g.t}^{-1}$ ; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000  $\text{g.t}^{-1}$ ) durante o armazenamento em ambiente natural..... 30
3. Massa específica ( $\text{kg.m}^{-3}$ ) a 13% de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500  $\text{g.t}^{-1}$ ; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000  $\text{g.t}^{-1}$ ) durante o armazenamento em ambiente natural..... 33
4. Peso de mil grãos (g) a 13% de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500  $\text{g.t}^{-1}$ ; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000  $\text{g.t}^{-1}$ ) durante o armazenamento em ambiente natural..... 36
5. Perda de Peso por Danos (%) em grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500  $\text{g.t}^{-1}$ ; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000  $\text{g.t}^{-1}$ ) durante o armazenamento em ambiente natural..... 38

### ARTIGO 2

1. Limites máximos de tolerância expressos em percentual (%). .... 49
2. Resumo da Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F ( $p < 0,05$ ) dos dados referentes às análises de percentual de grãos avariados (GA), quebrados (GQ), carunchados (GC) e matéria estranha e impurezas (MEI) em relação ao manejo de pragas (fosfina e terra de diatomácea nas doses de 500 e 1.000  $\text{g.t}^{-1}$ ) e tempo de armazenamento. .... 49

3. Resumo da Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F ( $p < 0,05$ ) dos dados referentes às análises de percentual de grãos gessados (GG), fermentados (GF), mofados (GM), sem defeitos (GSD) e perda de peso por carunchamento (PPC) em relação ao manejo de pragas (fosfina e terra de diatomácea nas doses de 500 e 1.000  $\text{g.t}^{-1}$ ) e tempo de armazenamento. .... 50
4. Classificação em Tipo de grãos de milho em relação ao manejo de pragas e tempo de armazenamento, conforme critérios da Instrução Normativa 60/2011 (BRASIL, 2011). .... 59

### ARTIGO 3

1. Resumo da Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F ( $p < 0,05$ ) dos dados referentes às análises de incidência de fungos em relação ao manejo de pragas (fosfina e terra de diatomácea nas doses de 500 e 1.000  $\text{g.t}^{-1}$ ) e tempo de armazenamento ..... 70
2. *Fusarium* spp. (%) em grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500  $\text{g.t}^{-1}$ ; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000  $\text{g.t}^{-1}$ ) durante o armazenamento em ambiente natural..... 72
3. *Aspergillus* spp. (%) em grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500  $\text{g.t}^{-1}$ ; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000  $\text{g.t}^{-1}$ ) durante o armazenamento em ambiente natural..... 74
4. *Penicillium* spp. (%) em grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500  $\text{g.t}^{-1}$ ; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000  $\text{g.t}^{-1}$ ) durante o armazenamento em ambiente natural..... 76
5. Grãos de milho sem crescimento fúngico (%) submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500  $\text{g.t}^{-1}$ ; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000  $\text{g.t}^{-1}$ ) durante o armazenamento em ambiente natural..... 78

### ARTIGO 4

1. Resumo da Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F ( $p < 0,05$ ) dos dados referentes às análises de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), acidez do extrato etéreo (AEE), cinzas (CI) e carboidratos (CA) de grãos de milho em relação ao manejo de pragas (fosfina e terra de diatomácea nas doses de 500 e 1.000  $\text{g.t}^{-1}$ ) e ao longo do tempo de armazenamento. .... 88

2. Proteína Bruta (%) de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t <sup>-1</sup> ; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t <sup>-1</sup> ) durante o armazenamento em ambiente natural.....	89
3. Extrato Etéreo (%) de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t <sup>-1</sup> ; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t <sup>-1</sup> ) durante o armazenamento em ambiente natural.....	91
4. Acidez do Extrato Etéreo (% Ácido Oléico) de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t <sup>-1</sup> ; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t <sup>-1</sup> ) durante o armazenamento em ambiente natural. ....	92
5. Cinzas (%) de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t <sup>-1</sup> ; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t <sup>-1</sup> ) durante o armazenamento em ambiente natural. ....	93
6. Carboidratos (%) de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t <sup>-1</sup> ; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t <sup>-1</sup> ) durante o armazenamento em ambiente natural.....	95

## RELAÇÃO DE FIGURAS

Página

### ARTIGO 1

1. Temperatura e umidade relativa do ar (médias mensais) em Eldorado do Sul/RS durante o período de execução do experimento (agosto de 2015 a junho de 2016)..... 25
2. Teor de água de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural. .... 29
3. Massa específica a 13% de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural..... 32
4. Peso de mil grãos a 13% de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural..... 35
5. Perda de Peso por Danos em grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural..... 37

### ARTIGO 2

1. Grãos fermentados de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural. .... 51
2. Grãos mofados de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural. .... 52

3. Grãos avariados de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural. .... 54
4. Grãos carunchados de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural. .... 55
5. Grãos quebrados de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural. .... 57
6. Matéria estranha e impurezas em milho submetido a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural. .... 58
7. Perda de Peso por Carunchamento (PPC) em grãos milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural. .... 60
8. Grãos sem defeitos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural. .... 62

### ARTIGO 3

1. *Fusarium* spp. em grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural. .... 71
2. *Aspergillus* spp. em grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural. .... 73
3. *Penicillium* spp. em grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural. .... 75

4. Grãos milho sem crescimento fúngico submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural..... 77

#### ARTIGO 4

1. Proteína Bruta de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural..... 89
2. Extrato etéreo de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural..... 90
3. Acidez do extrato etéreo de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural..... 91
4. Cinzas de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural. .... 93
5. Carboidratos de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural. .... 94

## 1 INTRODUÇÃO

As perdas globais anuais de alimentos, conforme estimativa da FAO (2013), são da ordem de 1,6 bilhões de toneladas – aproximadamente um quarto da produção mundial (em torno de 5,9 bilhões de toneladas). Segundo a mesma instituição, as fases da cadeia de abastecimento alimentar onde ocorrem os maiores desperdícios, em percentuais aproximados, são a produção agrícola (31%), armazenamento pós-colheita (23%), consumo (22%), distribuição (13%) e processamento (11%).

Quanto aos cereais, cerca de 400 milhões de toneladas são desperdiçadas anualmente no mundo (aproximadamente 20% da produção mundial – 2,15 bilhões de toneladas) (FAO, 2013). No Brasil, a produção do ano de 2017 de cereais, leguminosas e oleaginosas foi de, aproximadamente, 242 milhões de toneladas, com destaque para a soja e milho, que apresentaram produção de 115,0 e 99,4 milhões de toneladas, respectivamente (IBGE, 2017a).

Segundo Lorini *et al.* (2015), as perdas quantitativas médias causadas por pragas no Brasil são de aproximadamente 10% do total produzido, e, além dessas, existem as perdas qualitativas, que são mais preocupantes, uma vez que podem comprometer totalmente o uso do grão produzido ou desclassificá-lo para outro uso de menor valor agregado. Juntamente com o esforço para aumento da produtividade, necessariamente se deveria aprimorar as condições de armazenagem dos grãos (Lorini, 2008).

As pragas afetam tanto os aspectos quantitativos como qualitativos dos produtos armazenados (Gallo *et al.*, 2002; Lorini *et al.*, 2015). Segundo os mesmos autores, os

danos quantitativos caracterizam-se pela perda de peso provocada pelas galerias abertas nos grãos para alimentação. Já os qualitativos podem ser atribuídos à diminuição do valor nutritivo dos grãos atacados, desvalorização do produto, diminuição do grau de higiene pela presença de insetos vivos ou mortos, excrementos e ovos, perda da qualidade de panificação das farinhas e redução do poder germinativo no caso de sementes (Gallo *et al.*, 2002; Caneppele *et al.*, 2003).

Os insetos que possuem maior importância como pragas de produtos armazenados pertencem às ordens Lepidoptera (traças) e Coleoptera (besouros) (Athié & Paula, 2002; Lorini *et al.*, 2002). Os coleópteros são considerados mais prejudiciais, pois conseguem penetrar a grandes profundidades na massa de grãos, o que não ocorre com os lepidópteros, que tendem a gerar infestações superficiais e localizadas (Loeck, 2002). Dentre esses insetos, *Rhyzopertha dominica* (F.), *Sitophilus oryzae* (L.) e *Sitophilus zeamais* (L.) são as espécies mais preocupantes economicamente, sendo as duas últimas as que ocasionam as maiores perdas e justificam a maior parte do controle químico praticado nos armazéns (EMBRAPA, 2010; Lorini *et al.*, 2015).

A incidência de insetos está comumente associada à ocorrência de fungos produtores de micotoxinas, como os dos gêneros são *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium*, mais abundantes no armazenamento dos grãos de milho (CAST, 2003). A contaminação dos grãos por diferentes grupos fúngicos pode causar um impacto muito grande na cadeia de cultivo do milho, resultando na queda da produtividade e qualidade dos grãos, principalmente devido ao fato dos grupos fúngicos que atacam os grãos serem potencialmente produtores de micotoxinas (Einloft, 2016).

O controle dessas pragas depende praticamente de inseticidas químicos líquidos (tratamento preventivo) e fumigantes (expurgo) (Lorini *et al.*, 2015). De acordo com os autores, métodos alternativos de controle estão sendo enfatizados, a fim de reduzir o uso



de produtos químicos, diminuir o potencial de exposição humana e reduzir a velocidade e o desenvolvimento de resistência de pragas a inseticidas.

Dentre eles, os inseticidas naturais à base de terra de diatomáceas, provenientes de fósseis de algas diatomáceas que possuem fina camada de sílica, constituem uma alternativa para controlar as pragas durante o armazenamento, através do tratamento preventivo. Esses produtos aderem ao corpo do inseto e danificam a camada de cera protetora da cutícula por adsorção e, em menor grau, por abrasão, resultando em morte por perda de água (Korunić, 2013).

Dentre as diversas vantagens da utilização de terra de diatomáceas no controle de insetos em produtos armazenados estão: efeito em diversas pragas; longo efeito residual; substituição de inseticidas químicos, tanto os preventivos quanto os curativos (expurgo); controle de populações de pragas resistentes aos inseticidas químicos; não desenvolvimento de resistência; maior segurança no uso; não afeta a qualidade de uso final dos grãos; ausência de resíduos tóxicos e contaminantes ao meio ambiente (Lorini *et al.*, 2003; Korunić, 2013). Um dos problemas do uso de terra de diatomácea está relacionado ao custo de aplicação, que é de aproximadamente R\$ 7,00 para cada 1 ton (aproximadamente R\$ 5,25 para cada m<sup>3</sup> de grãos de milho), enquanto que a fosfina, produto curativo adotado, gera custo de R\$ 1,50 a 2,00 por m<sup>3</sup>.

Atualmente, diversos trabalhos têm sido realizados para verificar a eficácia da aplicação de terra de diatomácea e fosfina no controle de insetos em grãos armazenados. Entretanto, são escassos os conhecimentos sobre o efeito do armazenamento com esses produtos em temperatura ambiente nas características quali-quantitativas dos grãos de milho e incidência de insetos e fungos.

Portanto, é indispensável que essas dúvidas sejam sanadas através de trabalhos de pesquisa, que visem apresentar informações mais precisas ao produtor e/ou armazenador de grãos quanto a esses aspectos.

Os objetivos deste trabalho foram verificar o efeito do tratamento químico com uso de gás fosfina e duas doses de inseticida natural, à base de terra de diatomácea (500 e 1.000 g.t<sup>-1</sup>), sobre características físico-químicas, tecnológicas e sanitárias de grãos de milho armazenados em silos de alvenaria, em condições de ambiente natural.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 A cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta anual, herbácea, pertencente à classe das monocotiledôneas, família Poaceae (Fepagro, 1998).

A produção mundial de milho representa mais de 30% do total de grãos produzidos, sendo de destacada importância na alimentação humana e animal, produção de combustível etanol, além de ser utilizado para fabricação dos mais diversos produtos, como medicamentos e colas (Reunião Técnica Anual do Milho, 2013). É o grão mais produzido e consumido mundialmente, sendo que 66,5% desta produção se concentra nos Estados Unidos, China e Brasil, sendo o último responsável por aproximadamente 7% da produção mundial (Pastore *et al.*, 2014; CONAB, 2016).

No Brasil, a produção, a área e a produtividade de milho na safra 2016/2017 foram de 99,4 milhões de toneladas, 17,9 milhões de hectares e 5,6 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, correspondente a aproximadamente 41% da produção nacional de cereais, leguminosas e oleaginosas, ficando atrás somente da de soja, que foi de 115,0 milhões de toneladas (IBGE, 2017a). As Unidades da Federação que apresentam as maiores produções de milho são, em ordem decrescente, os Estados de Mato Grosso, Paraná, Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais, sendo que o Rio Grande do Sul ocupa a sexta posição (IBGE, 2017b).

A produção de milho no Brasil é proveniente de safras colhidas em épocas distintas, denominadas de safra e safrinha, em virtude dos meses em que se inicia a

semeadura e que seguem, de certa forma, as variações climáticas das regiões produtoras (Pastore *et al.*, 2014). A semeadura da safra é realizada na época tradicional, que varia entre fins de agosto na região Sul, até os meses de outubro e novembro no Sudeste e no Centro-Oeste, e a safrinha é semeada em fevereiro ou março, quase sempre depois da soja precoce (EMBRAPA, 2010). Nos últimos anos, vem sendo observado crescimento do cultivo da safrinha, que, em 2017, superou a produção da safra, correspondendo a 69 % do milho produzido, pois a safra vem perdendo espaço para a cultura da soja, que tem apresentado preços mais vantajosos ao produtor (IBGE, 2016; IBGE, 2017a).

Há grande diversidade nas condições de cultivo do milho no Brasil, observando-se desde a agricultura tipicamente de subsistência, sem utilização de insumos modernos (produção voltada para consumo na propriedade e eventual excedente comercializado), até lavouras que utilizam o mais alto nível tecnológico, alcançando produtividades equivalentes às obtidas em países de agricultura mais avançada (EMBRAPA, 2010).

## **2.2 Armazenamento de grãos**

O armazenamento caracteriza-se como um importante setor entre a produção e o consumo das safras agrícolas, com determinantes influências socioeconômicas na disponibilidade quantitativa e qualitativa de alimentos (Puzzi, 2000).

No Brasil, houve acréscimo de 52,7% na capacidade útil de armazenamento de grãos no país nos últimos vinte anos, totalizando 168 milhões de toneladas, o que corresponde a aproximadamente 70% da produção anual de grãos (IBGE, 2017b). Segundo o estudo, o Rio Grande do Sul possui o maior número de estabelecimentos de armazenagem (1.960), seguido do Paraná (1.313) e Mato Grosso (1.220). O Estado de Mato Grosso possui a maior capacidade de armazenagem do país (39,3 milhões de toneladas), com o Paraná e o Rio Grande do Sul na sequência, que praticamente

possuem a mesma capacidade de armazenagem (31,8 e 31,7 milhões de toneladas, respectivamente). Segundo recomendação da FAO, a capacidade estática de armazenamento de grãos de um país deve ser, no mínimo, 20% superior à sua produção anual de grãos (Brasil, 2013).

Para o agricultor, a armazenagem da produção na propriedade pode representar vantagens, como a redução ou ausência dos custos de transporte ou frete, a comercialização do produto em épocas de menor oferta e maior demanda (entressafra), melhor remuneração e aproveitamento dos recursos disponíveis na propriedade para a secagem e o armazenamento adequados, bem como a disponibilidade de produto de melhor qualidade e adaptado às condições de consumo e/ou comercialização (Silva *et al.*, 1995; Lacerda Filho *et al.*, 2000; Elias, 2002).

A qualidade dos grãos durante o armazenamento deve ser preservada ao máximo, tendo em vista a ocorrência de alterações químicas, físicas e microbiológicas (Elias, 2000; Dionello *et al.*, 2000; Puzzi, 2000). Segundo os autores, a velocidade e a intensidade desses processos dependem da qualidade intrínseca dos grãos, do sistema de armazenagem utilizado e dos fatores ambientais durante a estocagem.

As alterações que ocorrem durante o armazenamento refletem em perdas quantitativas e/ou qualitativas (Elias, 2000). De acordo com o mesmo autor, as perdas quantitativas são as mais facilmente observadas, refletindo o metabolismo dos grãos e/ou microrganismos associados, ataque de pragas e outros animais, o que acarreta em redução da matéria seca dos grãos. Já as perdas qualitativas são devidas às reações químicas, enzimáticas e/ou não enzimáticas, presença de materiais estranhos, impurezas e ao ataque microbiano, resultando em perdas do valor nutricional, germinativo e comercial, com a possibilidade de formação de substâncias tóxicas no produto armazenado, se o processo não for adequadamente conduzido.

Segundo Elias (2000), as determinações de peso seco e/ou peso volumétrico, composição química, umidade e temperatura dos grãos, contaminação microbiana, presença e ataque de pragas, características higrométricas do ar, teor de micotoxinas, valor nutricional, germinação das sementes e avaliação sensorial dos grãos armazenados constituem importantes parâmetros no controle da conservabilidade durante o armazenamento.

Reduções nos conteúdos de carboidratos, proteínas, lipídeos e vitaminas, durante o armazenamento, resultam em perda de material orgânico, redução da massa específica, diminuição da matéria seca e perda do valor comercial e nutritivo dos grãos (Elias, 2000; Fleurat-Lessard, 2002).

Os carboidratos são constituintes dos grãos diretamente consumidos pelo próprio metabolismo e de microrganismos associados, refletindo-se em decréscimo do seu conteúdo total durante o armazenamento (Elias, 2000).

A fração proteica sofre reações de hidrólise, de descarboxilação, de desaminação e de complexação com outros componentes químicos dos próprios grãos durante o armazenamento (Elias, 2000; Dionello *et al.*, 2000). Segundo os mesmos autores, a desaminação dos aminoácidos conduz à formação de ácidos orgânicos e compostos amoniacais, enquanto a descarboxilação origina, principalmente, aminas, as quais caracterizam o processo de putrefação dos grãos, conferindo-lhes odores fortes e desagradáveis. Ainda, afirmam que essas transformações provocam o escurecimento dos grãos, a complexação com açúcares redutores, a diminuição do teor de nitrogênio proteico e o aumento do conteúdo de nitrogênio não proteico.

Os lipídeos caracterizam a fração constituinte mais suscetível à deterioração dos grãos durante o armazenamento, seja pela redução do seu conteúdo total e/ou pela suscetibilidade a alterações estruturais (Elias, 2000; Dionello *et al.*, 2000). De acordo

com os autores, as ações de lipases, galactolipases e fosfolipases dos próprios grãos e produzidas pela microflora associada, por ácaros e/ou por insetos contribuem para o rompimento das ligações éster dos glicerídeos neutros, aumentando o teor de ácidos graxos livres, sendo que o menor grau de integridade física dos grãos acelera o processo hidrolítico, através do contato das enzimas com a matéria graxa.

A elevação dos valores de acidez está relacionada diretamente com a atividade catalítica das lipases produzidas pelos grãos e/ou por microrganismos, favorecendo o desenvolvimento da rancidez lipídica, a qual se intensifica com a deterioração dos grãos no armazenamento, podendo ser utilizado como parâmetro de conservabilidade (Elias, 2000).

Dos constituintes químicos dos grãos, o conteúdo mineral (teor de cinzas) é a fração que apresenta as menores variações no seu conteúdo total durante o armazenamento (Elias, 2000; Dionello et al., 2000). De acordo com os autores, as atividades metabólicas dos grãos e dos organismos associados consomem a matéria orgânica, metabolizando-a até CO<sub>2</sub>, água, calor e outros produtos, podendo transformar estruturalmente a composição mineral sem alterar o seu conteúdo total, fazendo com que, dessa forma, a determinação do teor de cinzas assumam valores proporcionalmente maiores na medida em que a matéria orgânica é consumida.

A integridade física dos grãos, pelas correlações com a sua conservabilidade, é um fator importante no armazenamento (Elias, 2000). Segundo o mesmo autor, menores proporções de grãos quebrados possibilitam melhores índices de conservação.

Conforme Silva *et al.* (2000), para um armazenamento seguro do milho pelo período de 12 meses, a faixa ideal de umidade, em base úmida, deve estar entre 12 e 13%, sendo a tolerância máxima de 14%.

### 2.3 Pragas e fungos de produtos armazenados

As pragas de produtos armazenados, além de prejuízos de ordem econômica, podem desencadear problemas sociais e de saúde pública, pela contaminação dos alimentos (Loeck, 2002). Segundo o mesmo autor, a deterioração no armazenamento pode ser causada por diversos agentes biológicos, como insetos, ácaros, roedores, pássaros, fungos e bactérias.

Segundo o hábito alimentar, as pragas podem ser classificadas em primárias, quando atacam grãos inteiros e sadios, ou secundárias, quando não conseguem se alimentar de grãos inteiros, necessitando que os mesmos estejam quebrados ou danificados (Loeck, 2002; Lorini *et al.*, 2002; Lorini, 2008; EMBRAPA, 2010).

De acordo com Loeck (2002), as principais características de insetos que atacam produtos armazenados são o elevado potencial biótico, a polifagia e a infestação cruzada.

Os insetos que possuem maior importância como pragas de produtos armazenados pertencem às ordens Lepidoptera (traças) e Coleoptera (besouros) (Athié & Paula, 2002; Lorini *et al.*, 2002). Os coleópteros são considerados mais prejudiciais, pois conseguem penetrar a grandes profundidades na massa de grãos, o que não ocorre com os lepidópteros, que tendem a gerar infestações superficiais e localizadas (Loeck, 2002). Entre esses insetos, *R. dominica*, *S. oryzae* e *S. zeamais* são as espécies mais preocupantes economicamente (Lorini *et al.*, 2002).

No armazenamento da cultura do milho, os insetos-pragas que podem ser responsáveis pela deterioração da qualidade dos grãos são os besouros *S. zeamais*, *S. oryzae*, *R. dominica*, *C. ferrugineus*, *O. surinamensis*, *T. castaneum*, *L. serricornis*, e as traças *S. cerealella*, *E. kuehniella*, *E. elutella* e *P. interpunctella* (EMBRAPA, 2010).



São várias as espécies de insetos que se alimentam dos grãos de milho, entretanto, o gorgulho, *S. zeamais*, e a traça-dos-cereais, *S. cerearella*, são responsáveis pela maior parte das perdas (EMBRAPA, 2015).

A contaminação dos grãos de milho por diferentes grupos fúngicos pode causar um impacto muito grande na cadeia de cultivo do milho, resultando na queda da produtividade e qualidade dos grãos (Einloft, 2016). Segundo o autor, a importância desta contaminação ganha proporções ainda maiores quando os grupos fúngicos que atacam os grãos são potencialmente produtores de micotoxinas.

Os principais gêneros produtores de micotoxinas em produtos agrícolas, principalmente em grãos de milho, são *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium* (CAST, 2003). As micotoxinas de maior destaque na cultura do milho são as fumonisinas e as aflatoxinas, em função de sua capacidade toxigênica em humanos e animais, bem como pela alta frequência e concentração nos grãos e em produtos derivados (Machinski & Soares, 2000; Camargos *et al.*, 2001; Rocha *et al.*, 2009; Reddy & Salleh, 2011; Alborch *et al.*, 2012).

Os principais produtores das fumonisinas são os fungos *Fusarium verticillioides*, *Fusarium proliferatum* e *Aspergillus niger*, destacando-se o primeiro no cultivo do milho. Já os principais produtores das aflatoxinas são *Aspergillus flavus* e *Aspergillus parasiticus*, sendo que somente o primeiro é de relevância no contexto do milho (Almeida *et al.*, 2005; Frisvad *et al.*, 2007; Magan & Aldred, 2007; Rocha *et al.*, 2009; Alborch *et al.*, 2012).

#### **2.4 Controle de insetos em grãos armazenados**

O controle de insetos em grãos armazenados depende basicamente de três métodos de controle: inseticidas químicos líquidos (tratamento preventivo), expurgo

com o inseticida fosfina (tratamento curativo), que caracterizam o controle convencional, e os inseticidas naturais à base de terra de diatomáceas (tratamento preventivo), que se constitui em um método de controle alternativo (Lorini *et al.*, 2015). Ainda existem outras formas de controle passíveis de utilização, como uso do frio, atmosfera modificada, óleos essenciais e controle biológico (Lorini *et al.*, 2000; Loeck, 2002).

A crescente resistência de pragas a inseticidas no Brasil exige o uso integrado de outros métodos que não somente os químicos. O Manejo Integrado de Pragas em Grãos armazenados (MIP Grãos) consiste na integração de diversos meios de controle e monitoramento para se obter sucesso na supressão destas em grãos armazenados (Lorini *et al.*, 2002).

Segundo Lorini *et al.* (2002), o uso do MIP Grãos, compreende várias etapas, tais como: mudança de comportamento dos armazenadores; conhecimento da unidade armazenadora de grãos; medidas de limpeza e higienização da unidade armazenadora; correta identificação de pragas; conhecimento sobre resistência de pragas aos inseticidas químicos; potencial de destruição de cada espécie-praga; proteção do grão com inseticidas; tratamento curativo; monitoramento da massa de grãos e gerenciamento da unidade armazenadora.

#### **2.4.1 Controle químico**

O controle químico em grãos armazenados pode ser realizado pela aplicação de inseticidas fumigantes (expurgo) ou não fumigantes (Elias, 2000; Lorini *et al.*, 2000; Loeck, 2002). Os mesmos são de alta periculosidade e possuem período de carência específico (Antunes *et al.*, 2012).

O expurgo é a técnica que utiliza gás fosfina para eliminar qualquer praga, em qualquer estágio de desenvolvimento, que possa estar infestando os grãos armazenados (Loeck, 2002). A fumigação, se bem executada, tem eficiência de 100%, matando os insetos em todas as suas fases - ovo, larva, pupa e adulto. – já estabelecidos nos grãos (Elias, 2000).

Nos insetos adultos e fases jovens (larva e pupa), a fosfina age através do sistema respiratório, enquanto que, na fase de ovos, a difusão de gás ocorre através da membrana ou canais respiratórios (Elias, 2000; Lorini *et al.*, 2000).

A técnica de expurgo pode ser utilizada em qualquer unidade armazenadora, desde que seja observada a perfeita vedação do local com materiais próprios (lona de expurgo) e as normas de segurança dos produtos (Lorini *et al.*, 2000; Loeck, 2002).

Os inseticidas fumigantes mais utilizados para realização do expurgo são o fosfeto de alumínio e magnésio, pela facilidade de uso, versatilidade e segurança (Loeck, 2002). Atualmente, estima-se um custo de aplicação de fosfina de R\$ 1,50 a 2,00 por m<sup>3</sup>.

Esses inseticidas podem ser aplicados nas estruturas de armazenamento, visando eliminar focos de infestação, ou diretamente na massa de grãos, na correia transportadora, visando evitar o desenvolvimento de insetos (Lorini *et al.*, 2000; Loeck, 2002).

A realização incorreta do controle químico vem contribuindo para o aumento da resistência em insetos pragas de grãos armazenados. Segundo Lorini *et al.* (2002), o manejo da resistência aos inseticidas de contato e ao gás fosfina têm fatores complicadores no que diz respeito às práticas deficientes de sanitização, estruturas de armazenamento não vedadas e falta de treinamento de aplicadores, sendo agravada pelo reduzido número de inseticidas registrados para uso em grãos armazenados.

#### 2.4.2 Inseticida natural à base de terra de diatomáceas

Disponibilizados há aproximadamente dez anos no mercado brasileiro, os pós-inertes à base de terra de diatomáceas constituem uma alternativa para o produtor controlar as pragas durante o armazenamento (Lorini et al., 2010).

A terra de diatomácea é um pó-inerte, com coloração variando de branco, cinza, amarelo e vermelho (Korunić, 2013). Ela é proveniente da moagem de algas diatomáceas fossilizadas, organismos de uma célula e de variados tamanhos e formatos, provenientes de água doce ou salgada, que possuem naturalmente uma fina camada de dióxido de sílica amorfa hidratada (Lorini *et al.*, 2003; Korunić, 2013).

O pó-inerte adere à epicutícula dos insetos por carga eletrostática (adsorção) e, em menor grau, por abrasão, levando à desidratação corporal e, posteriormente, à morte (Lorini *et al.*, 2010; Korunić, 2013). O outro modo de ação da terra de diatomácea é a repelência causada pela presença física do pó-inerte (White *et al.*, 1966).

As partículas de terra de diatomácea contêm poros muito pequenos, que têm a capacidade física para absorver cera (lipídios), moléculas presentes na epicutícula de insetos (Korunić, 2013). No momento em que as moléculas de cera da camada superficial são adsorvidas pelas partículas de sílica, ocorre o rompimento da camada lipídica protetora, facilitando a evaporação de água do corpo do inseto (Golob, 1997; Korunic, 1998). É conhecido que os insetos morrem quando perdem cerca de 30% de seu peso total ou 60% do teor corpóreo de água (Lorini *et al.*, 2003).

A atividade inseticida dos pós-inertes pode ser afetada pela mobilidade dos insetos, pelo número e distribuição de pelos na cutícula, pelas diferenças quantitativas e qualitativas nos lipídios cuticulares das diferentes espécies de insetos, pelo tempo de exposição e pela umidade relativa do ar, fatores que influenciam a taxa de perda de água (Korunic, 1998; Lorini, 2005).

Os inseticidas naturais à base de terra de diatomácea têm sido reconhecidos como protetor de grãos potencialmente úteis, porque a aplicação dos mesmos é segura, não afeta a qualidade do uso final dos grãos, fornece proteção em longo prazo e tem custo comparável a outros métodos de proteção de grãos (Korunic *et al.*, 1996; Korunić, 2013). Além disso, apresentam como vantagens o controle de pragas resistentes aos inseticidas químicos, não promove resistência em insetos e controlam diversas espécies de insetos pragas (Lorini *et al.*, 2010).

No Brasil, apenas dois produtos comerciais à base de terra de diatomáceas, Insecto<sup>®</sup> e Keepdry<sup>®</sup>, estão registrados como inseticidas recomendados para controle de pragas no armazenamento de sementes e de grãos (Lorini *et al.*, 2003; Lorini *et al.*, 2010; MAPA, 2018). As aplicações desses produtos podem ser realizadas tanto nas estruturas armazenadoras vazias, após a operação de limpeza, ou diretamente na massa de grãos, polvilhando-se na esteira durante o enchimento do silo (MAPA, 2014).

Devido ao anteriormente exposto, há diversos trabalhos realizados para verificar a eficácia da aplicação de terra de diatomácea no controle de insetos em grãos armazenados.

Massaro Junior *et al.* (2007), ao analisarem a eficiência de terra de diatomácea no controle de *S. zeamais* em grãos de milho, verificando que em todas as doses utilizadas (250, 500, 750 e 1.000 g.t<sup>-1</sup>) ocorreu alta eficiência no controle, sendo que na dose mais elevada a mortalidade total ocorreu com sete dias de contato do produto com os grãos.

Pinto Junior (2008) observou que é possível a utilização de terra de diatomácea no controle de *S. oryzae* e *C. ferrugineus* em milho armazenado com doses a partir de 250 g.t<sup>-1</sup>, e que doses maiores são necessárias para o controle de *T. castaneum* e *O.*

*surinamensis*. De acordo com o autor, tanto o tempo de exposição quanto a dose utilizada influenciam a mortalidade dos insetos.

Martins *et al.* (2008), utilizando terra de diatomácea para controle de *S. zeamais*, verificaram que dez dias de exposição em grãos de milho submetidos à terra de diatomácea, na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>, ocasionaram 100% de mortalidade.

Antunes *et al.* (2012) observaram que três diferentes doses de aplicação de terra de diatomácea (500, 1.500 e 2.500 g.t<sup>-1</sup>) foram igualmente eficientes no controle de *S. zeamais* em grãos de milho. Entretanto, os autores relataram que o pó-inerte não evitou a emergência de novos gorgulhos do milho.

Segundo Antunes *et al.* (2014), grãos sem aplicação de terra de diatomácea apresentaram as maiores perdas de peso e menores mortalidades de *S. zeamais*, após 60 dias de armazenamento, em relação aos expostos à diferentes doses.

Apesar das inúmeras vantagens do uso da terra de diatomáceas, a sua utilização para o controle de insetos de produtos armazenados permanece limitada por causa dos seguintes fatores: redução da fluidez e da densidade aparente dos grãos; ineficácia em algumas situações; desconforto dos trabalhadores devido à poeira no ar e preocupações com a saúde, devido à presença de sílica cristalina (Korunić, 2013). Atualmente, o custo aproximado de aplicação é de R\$ 7,00 por tonelada de grãos, o que o torna pouco competitivo economicamente.

## 2.5 Referências Bibliográficas

ALBORCH, L. et al. Mycobiota and mycotoxin contamination of maize flours and popcorn kernels for human consumption commercialized in Spain. **Food Microbiology**, London, v. 32, n. 1, p. 97-103, 2012.

ALMEIDA, A. P. et al. Milho recém-colhido no Brasil: interação da microbiota fúngica, fatores abióticos e ocorrência de micotoxinas. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 64, n. 1, p. 1–9, 2005.

- 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, 2011a.
- ANTUNES, L. E. G. et al. Avaliação do uso de terra de diatomácea contra a infestação de grãos de milho. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 4, p. 662-669, 2011b.
- 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.
- ANTUNES, L. E. G. et al. Eficiência do uso de terra de diatomácea na proteção de grãos de milho. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 22, n. 6, p. 509-519, 2014.
- ATHIÉ, I.; PAULA, D.C. **Insetos de grãos armazenados: aspectos biológicos e identificação**. São Paulo: Livraria Varela, 2002. 244 p.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Plano Agrícola e Pecuário 2013/2014**. Brasília/DF: MAPA, 2013. 121 p. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/sustentabilidade/plano-agricola-e-pecuario/arquivos-pap/pap20132014-web.pdf>>. Acesso em: 04 jan. 2018.
- CAMARGOS, S. M. et al. Accumulation of fumonisins B1 and B2 in freshly harvested Brazilian commercial maize at three locations during two nonconsecutive seasons. **Mycopathologia**, Dordrecht, v. 155, n. 4, p. 219–228, 2002.
- CANEPELLE, 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.
- CAST. COUNCIL FOR AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY. **Mycotoxins: risk in plant and animal systems**. Ames: [CAST], 2003. 199 p. (Task Force Report, 139).
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos - Safra 2013/2014**. Brasília: CONAB, v. 1, n. 1, 2013. 74 p. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 12 jan. 2015.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**. Brasília: CONAB, 2016. 178 p. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16\\_06\\_09\\_09\\_00\\_00\\_boletim\\_graos\\_junho\\_2016\\_-\\_final.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/16_06_09_09_00_00_boletim_graos_junho_2016_-_final.pdf)>. Acesso em: 12 jan. 2015.
- DIONELLO, R. G. et al. Temperatura do ar na secagem estacionária e tempo de armazenamento na qualidade de grãos de milho. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 6, n. 2, p. 137-143, 2000.
- EINLOFT, T. C. **Biocontrole de *Aspergillus flavus* e *Fusarium verticillioides* por *Bacillus* spp. isolados de plantas de milho**. 2016. 147 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2016.
- ELIAS, M. C. Secagem e armazenamento de grãos de milho e de sorgo na propriedade rural. In: PARFITT, J. M. B. **Produção de milho e sorgo em várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2000. p. 107-146.

ELIAS, M. C. **Armazenamento e conservação de grãos, em médias e pequenas escalas**. 3. Ed Editora Universitária da UFPEL: Pelotas, RS, 2002. 218 p.

EMATER/RS. Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica de Extensão Rural - & ASCAR - Associação Sulina de Crédito de Assistência Rural. **Plano Anual de Trabalho EMATER/RS-ASCAR – 2009**. Porto Alegre: EMATER, 2008. Disponível em: <[http://www.emater.tche.br/site/arquivos/relatorio-institucional/PAT\\_EMATER\\_2009.pdf](http://www.emater.tche.br/site/arquivos/relatorio-institucional/PAT_EMATER_2009.pdf)>. Acesso em: 03 jan. 2018.

EMBRAPA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Cultura do milho: sistema de produção**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_6\\_ed/index.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_6_ed/index.htm)>. Acesso em: 03 jan. 2018.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Food wastage footprint: impacts on natural resources – summary report**. [S.l.]: FAO, 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/018/i3347e/i3347e.pdf>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

FEPAGRO. **Recomendações técnicas para a cultura do milho no Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: FEPAGRO, 1998. 194 p.

FLEURAT-LESSARD, F. Qualitative reasoning and integrated management of the quality of stored grain: a promising new approach. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 38, n. 3, p. 191-218, 2002.

FRISVAD, J. C. et al. Fumonisin B2 Production by *Aspergillus niger*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 55, n. 23, p. 9727–9732, 2007.

GALLO, D. et al. **Entomologia agrícola**. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GOLOB, P. Current status and future perspectives for inert dusts for control of stored product insects. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 33, n. 1, p. 69-79, 1997.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário 2006**. 2007. Disponível em: <[http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa\\_201412\\_7.shtm](http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201412_7.shtm)>. Acesso em: 22 jan. 2015.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Comentários sobre a produção agrícola 2015**. 2016. Disponível em: <[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Levantamento\\_Sistematico\\_da\\_Producao\\_Agricola\\_\[mensal\]/Comentarios/lspa\\_201412comentarios.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_[mensal]/Comentarios/lspa_201412comentarios.pdf)>. Acesso em: 19 jan. 2015.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento sistemático da produção agrícola: prognóstico da produção agrícola nacional para 2018 (situação em outubro de 2017)**. Rio de Janeiro: [IBGE], 2017a. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/8/lspa\\_prog\\_2017\\_out\\_supl.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/8/lspa_prog_2017_out_supl.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2017.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores IBGE: estatística da produção agrícola (outubro de 2017)**. [S.l.]: IBGE, 2017b. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag\\_2017\\_out.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2017_out.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2017.



- KORUNIC, Z. et al. The effect of diatomaceous earth on grain quality. **Postharvest Biology and Technology**, Amsterdam, v. 9, n. 3, p. 373-387, 1996.
- KORUNIC, Z. Review diatomaceous earths, a group of natural insecticides. **Journal of Stored Products Research**, Oxford, v. 34, n. 2-3, p. 87-97, 1998.
- KORUNIC, Z. Diatomaceous earths – natural insecticides. **Journal Pesticides and Phytomedicine**, Belgrade, v. 28, n. 2, p. 77–95, 2013.
- LACERDA FILHO, A. F.; SILVA, J. S.; REZENDE, R. C. Estruturas para Armazenagem de Grãos. In: SILVA, J. S. **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**. Viçosa: Editora Aprenda Fácil, 2000. p. 107-138.
- LOECK, A. E. **Pragas de produtos armazenados**. Pelotas: EGUFPEL, 2002. 113 p.
- LORINI, I.; MIIKE, L. H.; SCUSSEL, V. M. **Armazenagem de Grãos**. Campinas: SP: Instituto Biogeneziz. 2002. 1000 p. v. 1.
- LORINI, I.; MORÁS, A.; BECKEL, H. **Tratamento de sementes armazenadas com pós inertes à base de terra de diatomáceas**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2003. 4 p. (Comunicado Técnico Online, 113). Disponível em: <[http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/co/p\\_co113.htm](http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/co/p_co113.htm)>. Acesso em: 10 dez. 2017.
- LORINI, I. **Manual técnico para o manejo integrado de pragas de grãos de cereais armazenados**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2005. 80 p.
- LORINI, I. **Manejo Integrado de Pragas de Grãos de Cereais Armazenados**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2008. 72 p.
- LORINI, I. et al. **Principais pragas e métodos de controle em sementes durante o armazenamento – série sementes**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 12 p. (Circular técnica, 73). Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/download/CT73.pdf>>. Acesso em: 13 dez. 2017.
- LORINI, I. et al. **Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenadas**. Brasília: Embrapa, 2015. 84 p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129311/1/Livro-pragas.pdf>>. Acesso em: 28 dez. 2017.
- MACHINSKI, M.; SOARES, L. M. V. Fumonisin B1 and B2 in Brazilian corn-based food products. **Food Additives and Contaminants**, London, v. 17, n. 10, p. 875-879, 2000.
- MAGAN, N.; ALDRED, D. Post-harvest control strategies: minimizing mycotoxins in the food chain. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 119, n. 1-2, p. 131-139, 2007.
- MAPA. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **AGROFIT: Sistema de Agrotóxicos Fitossanitários**. 2018. Disponível em: <[http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit\\_cons/principal\\_agrofit\\_cons](http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons)>. Acesso em: 06 jan. 2018.
- MARTINS, T. Z.; OLIVEIRA, N. C. Controle de *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae) no milho pipoca (*Zea mays* L.) tratado com terra de diatomácea. **Campo Digital**, v. 1, n. 2, p. 79-85, 2008.
- MASSARO JUNIOR, A. L. et al. Eficiência da terra de diatomácea no controle de *Sitophilus zeamais* em milho armazenado. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 27–32, 2007.

- PASTORE, S. M.; OLIVEIRA, W. P.; BRUMANO, G. Mercado de milho, farelo de soja e ovos no Brasil de 2010 a 2013. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 11, n. 1, p. 2982-3006, 2014.
- PEREIRA, P. R. V. S.; JUNIOR, A. R. P.; FURIATTI, A. R. Eficiência de inseticidas no controle de *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) e *Rhyzopertha dominica* (Fab.) (Coleoptera: Bostrichidae) em cevada armazenada. **Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 1, n. 3, p. 65-71, 2003.
- PINTO JUNIOR, A. R. Eficiência de terra de diatomácea no controle de algumas pragas de milho armazenado a granel. **Revista da FZVA**, Uruguaiana, v. 15, n. 1, p. 61-70, 2008.
- PUZZI, D. **Abastecimento e armazenamento de grãos**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 2000. 666 p.
- REDDY, K. R. N.; SALLEH, B. Co-occurrence of moulds and mycotoxins in corn grains used for animal feeds in Malaysia. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 10, n. 5, p. 668-673, 2011.
- REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO. **Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul – Safras 2013/2014 2014/2015**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2013. 123 p. Disponível em: <<http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/livros/livro-indicacoes-milho-sorgo.pdf>>. Acesso em: 29 dez. 2017.
- ROCHA, L. O. et al. Mycoflora and co-occurrence of fumonisins and aflatoxins in freshly harvested corn in different regions of Brazil. **International Journal of Molecular Science**, Basel, v. 10, n. 11, p. 5090-5103, 2009.
- SILVA, J. S.; AFONSO, A. D. L.; GUIMARÃES, A. C. Estudos dos métodos de Secagem. In: SILVA, J. S. **Pré-processamento de Produtos Agrícolas**. Juiz de Fora: Instituto Maria, 1995. p. 105-143.
- WHITE, G. D. et al. **Evaluation of four inert dusts for the protection of stored wheat in Kansas from insect attack**. [S.l.]: USDA/ARS, 1996. p. 51-58.

### **3 ARTIGO 1**

**Características físicas de milho (*Zea mays* L.) armazenado sob manejo com fosfina e terra de diatomácea em silos de alvenaria em ambiente natural<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Artigo formatado conforme as normas da Revista Pesquisa Agropecuária Tropical.

## RESUMO

Diferentes métodos de controle são utilizados para minimizar as perdas ocasionadas por pragas no armazenamento de grãos de milho (*Zea mays* L.), com destaque para a fumigação com fosfina, mais utilizado, e a terra de diatomácea, que vem sendo importante como alternativa à necessidade de menor emprego de inseticidas químicos. O objetivo deste trabalho foi comparar o efeito do manejo de pragas com gás fosfina e duas doses de inseticida natural à base de terra de diatomácea (500 e 1.000 g.t<sup>-1</sup>) sobre características físicas de grãos de milho armazenados em condições de ambiente natural. Grãos de milho foram depositados em três silos de alvenaria com base circular com capacidade de armazenamento de 100 sacos cada. Foram estabelecidos três manejos de pragas: químico com fosfina (GASTOXIN<sup>®</sup> B57) e alternativo com terra de diatomácea (INSECTO<sup>®</sup>) nas doses de 500 e 1.000 g.t<sup>-1</sup>. As avaliações foram realizadas no início do experimento e 103, 194 e 286 dias após, sendo verificado o teor de água e massa específica dos grãos, peso de mil grãos e perda de peso por danos. O uso de terra de diatomácea acarretou em menor teor de água e massa específica dos grãos em relação ao gás fosfina, e promoveu menor redução da massa específica dos grãos, em ambas as doses avaliadas (500 e 1.000 g.t<sup>-1</sup>), e do peso de mil grãos, na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>. A maior dose de terra de diatomácea propiciou menor perda de peso por danos que os demais manejos.

**Palavras-chave:** inseticida; teor de água; massa específica; peso de mil grãos; perda de peso por danos.

## INTRODUÇÃO

A produção mundial de milho representa mais de 30% do total de grãos produzidos, sendo de destacada importância na alimentação humana e animal e produção de combustível etanol (Reunião Técnica Anual do Milho 2013, Pastore et al. 2014). No Brasil, a produção de milho na safra 2016/2017 foi de 99,4 milhões de toneladas (IBGE 2017).

Na América Latina, segundo a FAO (2013), aproximadamente 23 % das perdas de alimentos na cadeia produtiva ocorrem durante a pós-colheita e armazenamento. Uns dos principais agentes geradores de perdas no armazenamento são as pragas, que, segundo Lorini et al. (2015), são responsáveis por perdas quantitativas na ordem de 10% do total produzido, além das qualitativas, que são mais preocupantes, uma vez que podem comprometer totalmente o uso do grão produzido ou desclassificá-lo para outro uso de menor valor agregado.

Para controle de insetos em grãos armazenados, utiliza-se convencionalmente, além do tratamento preventivo com inseticidas químicos líquidos (organofosforados e piretróides), o gás fosfina como manejo corretivo (Lorini et al. 2015, MAPA 2018). Entretanto, problemas como o desenvolvimento de resistência em insetos a esses produtos vêm sendo constatados (Pimentel et al. 2008, Lorini et al. 2015, Antunes & Dionello 2017), tendo como agravante a existência de poucos princípios ativos para controle de pragas no armazenamento registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, o que limita a alternância de inseticidas (Lorini et al. 2015, MAPA 2018).

Assim sendo, métodos de controle alternativos em grãos armazenados estão sendo enfatizados ultimamente, levando também em consideração questões relacionadas

à saúde humana e o meio ambiente (Lorini et al. 2015). O uso de inseticidas naturais à base de terra de diatomácea, provenientes de fósseis de algas diatomáceas, constitui alternativa de tratamento preventivo para controle de pragas, possuindo dois produtos comerciais registrados no Brasil (Korunić 2013, MAPA 2018).

Esforços na pesquisa têm sido realizados principalmente para verificar a eficácia da aplicação de gás fosfina e terra de diatomácea no controle de insetos em grãos armazenados. Porém, poucos são os estudos que visam registrar o efeito do armazenamento com esses inseticidas em ambiente natural sobre as características físicas de grãos de milho.

Portanto, este trabalho teve como objetivo comparar o efeito do manejo de pragas com gás fosfina e duas doses de inseticida natural à base de terra de diatomácea (500 e 1.000 g.t<sup>-1</sup>) sobre características físicas de grãos de milho armazenados em silos de alvenaria, em condições de ambiente natural.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Eldorado do Sul/RS (30°05'52" S, 51°39'08" W e altitude média de 46m), no período de 21 de agosto de 2015 a 2 de junho de 2016, com condições ambientais (temperatura e umidade relativa do ar) expressas na Figura 1.

Grãos de milho (*Zea mays* L.) da cultivar híbrida Morgan Power Core 30A77PW, cultivados na Estação Experimental Agronômica da UFRGS durante a safra agrícola 2014/2015, foram utilizados para a realização do experimento. Os grãos

colhidos foram submetidos ao processo de pré-limpeza e secagem com ar natural até atingirem teor de água de aproximadamente 13 %.

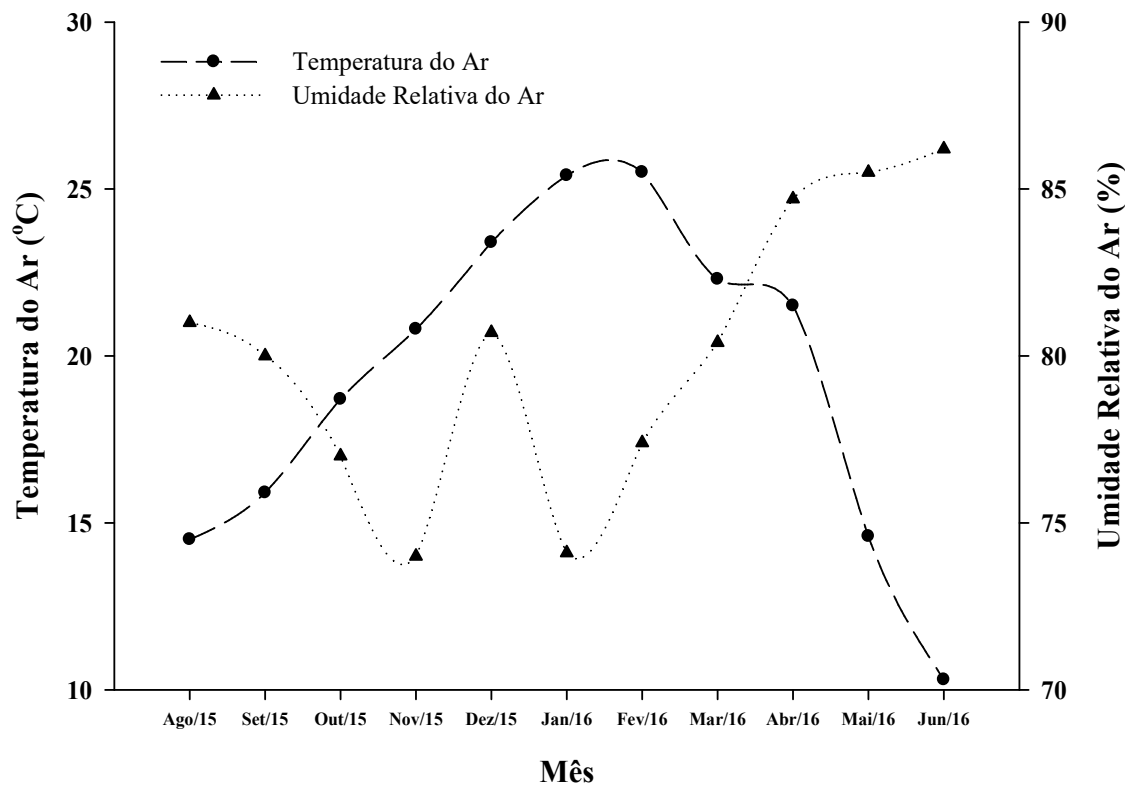


Figura 1. Temperatura e umidade relativa do ar (médias mensais) em Eldorado do Sul/RS durante o período de execução do experimento (agosto de 2015 a junho de 2016).

Os grãos foram depositados em três silos de alvenaria com base circular com capacidade de armazenamento individual de 100 sacos, subdivididos em duas partes iguais para comportar as repetições, situados sob galpão com telhado e sem paredes laterais. Previamente à instalação do experimento, os silos foram limpos com vassoura, para redução da poeira, resíduos de grãos e de possíveis focos de infestação de insetos.

Após a colocação dos grãos nos silos, obteve-se aproximadamente 1,7 metros de altura da camada de grãos. Para eliminar os insetos presentes, os três silos foram

vedados e os grãos expurgados com fosfina (GASTOXIN<sup>®</sup> B57), permanecendo o ambiente hermético por sete dias.

Os grãos foram estocados nos silos por 286 dias, sendo cada massa de grãos de milho submetida ao uso de diferentes inseticidas:

- Expurgo com fosfina (GASTOXIN<sup>®</sup> B57) na dose de 2 g.m<sup>-3</sup> de i.a. (recomendação do fabricante) aos 194 dias após o início do experimento, quando os danos ocasionados por insetos foram superiores a 7 % dos grãos (Stresser 2015). O silo foi vedado com lona (200 micras) e fitas específicas para fumigação, e o tempo de exposição foi de sete dias;

- Aplicação de inseticida natural à base de terra de diatomácea nas doses de 500 e 1.000 g.t<sup>-1</sup>, sendo a última recomendada pelo fabricante da marca comercial INSECTO<sup>®</sup>. Foi realizado o envelopamento da massa de grãos (aplicação do produto em camadas com espessura de 30 cm na base e no topo da massa, conforme recomendação do fabricante) no início do experimento.

Com base em procedimentos constantes na Instrução Normativa nº 60, de 22 de dezembro de 2011 (Brasil 2011), foram coletadas cinco amostras de cada silo (uma no centro e quatro distribuídas uniformemente em uma circunferência, distantes 30 cm da parede do silo, sendo juntadas e homogeneizadas após) no início do experimento e 103, 194 e 286 dias após, com auxílio de calador graneleiro de 2 metros de comprimento, de dois estágios, percorrendo toda a altura da camada de grãos.

O material coletado de cada repetição foi submetido às seguintes avaliações, em triplicata:

Teor de água (%): determinado através do método da estufa a 105 ± 3 °C, por 24 horas, com circulação natural de ar, conforme descrito pelas Regras para Análises de Sementes (Brasil 2009);



Massa específica ( $\text{kg.m}^{-3}$ ): determinado pela pesagem de grãos colocados em recipiente de  $0,0009933 \text{ m}^3$  e, posteriormente, pesado em balança com precisão de 0,001 gramas. Os dados foram ajustados para teor de água dos grãos de 13%;

Peso de mil grãos (g): determinado pela contagem de oito repetições de 100 grãos, seguido de pesagem em balança analítica com precisão de 0,001 gramas (BRASIL, 2009). O resultado médio das repetições foi multiplicado por 10. Os dados foram ajustados para teor de água dos grãos de 13%;

Perda de peso por danos – PPD - (%): determinado pela equação:

$$\text{PPD} = 100 - \frac{\text{Peso mil grãos}}{\text{Peso mil grãos íntegros tempo } 0} \times 100 \times \text{IPPR}$$

onde:

$$\text{IPPR (Índice de Perda de Peso por Respiração)} = \frac{\text{Peso mil grãos íntegros}}{\text{Peso mil grãos íntegros tempo } 0}$$

O peso de mil grãos íntegros foi determinado pela contagem de seis repetições de 100 grãos, seguido de pesagem em balança analítica com precisão de 0,001 gramas, multiplicando o resultado médio das repetições por 10 e ajustando para teor de água dos grãos de 13%.

O experimento foi conduzido conforme o delineamento experimental inteiramente casualizado, num esquema fatorial 3x4 (manejo de pragas x tempo de armazenamento) com duas repetições.

Os dados foram submetidos à análise de variância – ANOVA - ( $p \leq 0,05$ ) e, quando obtida diferença significativa, o fator qualitativo foi avaliado pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para comparação de médias, e o quantitativo pela análise de regressão. O modelo matemático foi escolhido com base no valor do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e na significância dos parâmetros submetidos ao teste “t” ( $p < 0,05$ ), além do valor “p” do modelo ( $p < 0,05$ ) e do ajuste biológico.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para as variáveis teor de água, massa específica e peso de mil grãos foi registrada interação entre os fatores Manejo e Tempo, enquanto que para a perda de peso apenas foram observados os efeitos simples, conforme o teste F ( $p < 0,05$ ) (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F ( $p < 0,05$ ) dos dados referentes às análises de teor de água (TA), massa específica (ME), peso de mil grãos (PMG) e perda de peso por danos (PPD) em grãos de milho em relação ao manejo de pragas (fosfina e terra de diatomácea nas doses de 500 e 1.000  $\text{g.t}^{-1}$ ) e tempo de armazenamento.

Fonte de Variação	Resposta (valor p)			
	TA (%)	ME a 13 % ( $\text{kg.m}^{-3}$ )	PMG a 13% (g)	PPD (%)
<b>Manejo (M)</b>	<0,0001	<0,0001	0,0356	<0,0001
<b>Tempo (T)</b>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0010
<b>MxT</b>	<0,0001	<0,0001	0,0050	0,6757
<b>Média</b>	12,66	728,17	289,13	4,67
<b>CV (%)</b>	1,37	0,50	0,85	34,53

Na análise de regressão houve resposta significativa do modelo cúbico para o teor de água nos três manejos ao longo do tempo de armazenamento, todos com coeficientes de determinação ( $r^2$ ) superiores a 0,90 (Figura 2).

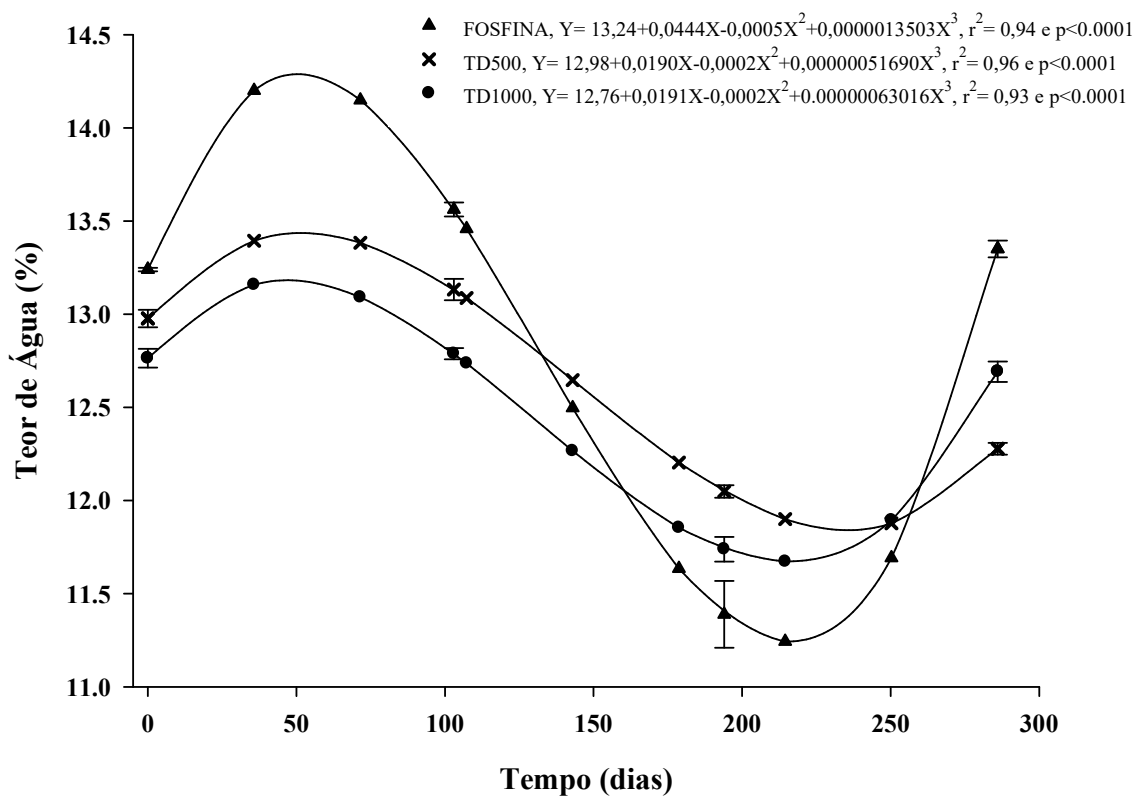


Figura 2. Teor de água de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural.

O teor de água dos grãos variou durante o armazenamento entre 11,39 a 13,56 % (Tabela 2 e Figura 2).

Tabela 2. Teor de água (%) de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural.

Sistema	Tempo de armazenamento (dias)			
	0	103	194	286
<b>FOSFINA</b>	13,24 a	13,56 a	11,39 b	13,35 a
<b>TD500</b>	12,98 b	13,13 b	12,05 a	12,28 c
<b>TD1000</b>	12,76 c	12,79 c	11,74 ab	12,69 b
<b>CV (%)</b>	0,76	0,80	2,34	0,86

Letras minúsculas distintas nas colunas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Os teores de água observados estão entre os considerados ideais por Silva et al. (2000), situados entre 12 e 13%, com tolerância máxima de 14%. Segundo Chen (2000), o teor de água dos grãos pode variar em função da umidade relativa do ar, composição química do grão, fatores ambientais, fatores genéticos, temperatura de secagem e histerese. Temperaturas elevadas e umidades do ar baixas tendem a favorecer o processo de secagem natural dos grãos (Tiecker Junior et al. 2014). As menores umidades observadas neste trabalho ocorreram nos meses de dezembro a abril, coincidindo com o período de maior temperatura ambiente (Figura 1).

À exceção do observado aos 194 dias após o armazenamento, o teor de água dos grãos foi menor naqueles submetidos à terra de diatomácea (Figura 2 e Tabela 2). Três hipóteses podem ser levantadas para explicar esse comportamento: 1. A terra de diatomácea, por ser higroscópica, atua na retirada de água do grão; 2. Esse produto pode

atuar no pericarpo (casca), que apresenta cerca de 1,3% dos lipídios do grão de milho (Paes, 2006), adsorvendo-os e causando desequilíbrio nas funções de manutenção do teor de umidade, semelhante ao que ocorre em insetos; 3. Pode ter ocorrido menor infestação de insetos nesses grãos, sendo que maiores teores de umidade podem ser devidos ao metabolismo (respiração) dos mesmos (Pinto et al. 2002, Antunes et al. 2011).

Simioni et al. (2010), em experimento laboratorial, observaram que grãos de trigo com aplicação de  $1.000 \text{ g.t}^{-1}$  de terra de diatomácea apresentaram menores teores de água que aqueles não submetidos a partir de 105 dias de armazenamento, assim como observado no presente trabalho para grãos de milho. Entretanto, os autores não observaram diferença estatística para grãos de milho.

Em relação à massa específica, foi registrado ajuste ao modelo exponencial decrescente para o manejo com fosfina ( $r^2= 0,95$ ) e ao modelo quadrático para terra de diatomácea (dose de  $500 \text{ g.t}^{-1}$ :  $r^2= 0,72$ ; dose de  $1.000 \text{ g.t}^{-1}$ :  $r^2= 0,88$ ) (Figura 3).

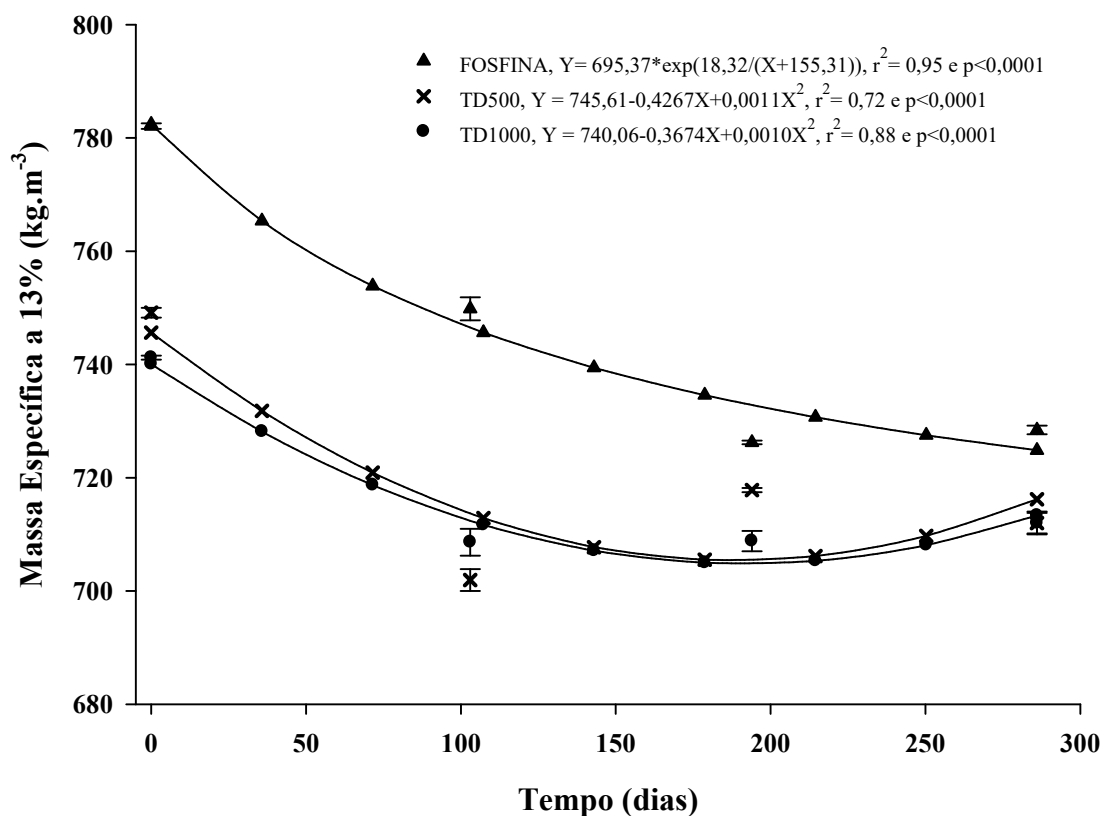


Figura 3. Massa específica a 13% de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural.

A massa específica dos grãos de milho variou entre 701,94 e 782,07 kg.m<sup>-3</sup> durante o armazenamento (Figura 3 e Tabela 3).

Tabela 3. Massa específica ( $\text{kg.m}^{-3}$ ) a 13% de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de  $500 \text{ g.t}^{-1}$ ; TD1000: terra de diatomácea na dose de  $1.000 \text{ g.t}^{-1}$ ) durante o armazenamento em ambiente natural.

Sistema	Tempo de armazenamento (dias)			
	0	103	194	286
<b>FOSFINA</b>	782,07 a	749,82 a	726,22 a	728,43 a
<b>TD500</b>	749,13 b	701,94 b	717,82 b	712,00 b
<b>TD1000</b>	741,19 c	708,60 b	708,80 c	711,96 b
<b>CV (%)</b>	0,19	0,72	0,37	0,55

Letras minúsculas distintas nas colunas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Em todos os manejos houve redução da massa específica ao longo dos 286 dias de armazenamento, resposta semelhante à encontrada em outros trabalhos (Tiecker Junior 2013, Gottardi 2014, Fagundes 2016). A massa específica está diretamente relacionada à integridade biológica dos grãos, sendo o consumo de nutrientes, decorrente do metabolismo dos grãos e dos organismos associados, o responsável por sua redução (Elias et al. 1997).

Os resultados obtidos se assemelham aos observados em grãos de milho por Simioni et al. (2010), em experimento laboratorial, que registraram valores entre 719,0 e  $753,9 \text{ kg.m}^{-3}$  durante 126 dias de armazenamento para grãos expostos e não à terra de diatomácea na dose de  $1.000 \text{ g.t}^{-1}$ . Fagundes (2016) relatou valores inferiores aos relatados no presente estudo (entre 640 e  $750 \text{ kg.m}^{-3}$ ) em 90 dias de armazenamento para milho armazenado em laboratório ( $22 \text{ }^\circ\text{C}$ ) sem manejo e com uso de quatro doses

de terra de diatomácea, provavelmente ocasionados devido à infestação de insetos em que os grãos eram submetidos.

Os grãos que foram submetidos à terra de diatomácea apresentaram valores inferiores de massa específica durante os 286 dias de armazenamento em relação àqueles expostos ao gás fosfina, sendo que aqueles submetidos à dose de  $1.000 \text{ g.t}^{-1}$  tiveram os menores valores (Figura 3 e Tabela 3). Esses resultados se assemelham aos relatados por Simoni et al. (2010), onde grãos de milho e trigo tratados com terra de diatomácea na dose de  $1.000 \text{ g.t}^{-1}$  apresentaram massa específica inferior àqueles não expostos durante o armazenamento (126 dias). Entretanto, os autores não apresentaram hipóteses para o ocorrido.

A terra de diatomácea é um pó inerte, contendo sílica na sua composição (Korunić 2013). Ao aderir aos grãos, acaba ocorrendo aumento da rugosidade dos mesmos e diminuição da fluidez da massa. Devido a isso, é provável que ocorra maior dificuldade do milho se acomodar e preencher os espaços intergranulares, acarretando na diminuição da massa específica em relação àqueles grãos tratados com fosfina.

Conforme análise de regressão, o peso de mil grãos submetidos ao gás fosfina se ajustou ao modelo quadrático, com coeficiente de determinação de 0,68 (Figura 4). Já o manejo com terra de diatomácea na dose de  $500 \text{ g.t}^{-1}$  se ajustou ao modelo linear ( $r^2=0,82$ ), não ocorrendo efeito significativo para a dose de  $1.000 \text{ g.t}^{-1}$ .



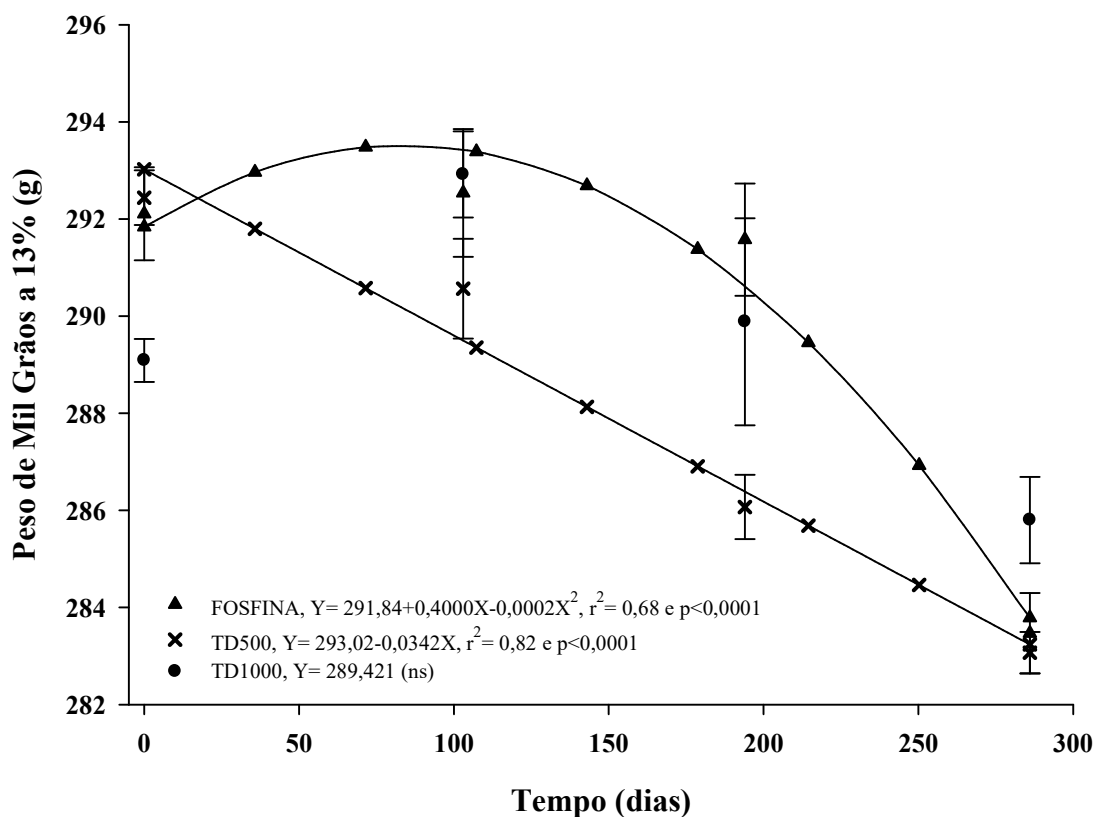


Figura 4. Peso de mil grãos a 13% de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500  $g.t^{-1}$ ; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000  $g.t^{-1}$ ) durante o armazenamento em ambiente natural.

O peso de mil grãos variou entre 283,07 e 292,92 g durante os 286 dias de armazenamento (Figura 4 e Tabela 4). Resultados superiores foram relatados por Simioni et al. (2010), que observaram valores entre 316,8 e 321,8 g durante 126 dias de armazenamento para grãos tratados e não com terra de diatomácea na dose de 1.000  $g.t^{-1}$ .

Tabela 4. Peso de mil grãos (g) a 13% de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural.

Sistema	Tempo de armazenamento (dias)			
	0	103	194	286
<b>FOSFINA</b>	292,11 a	292,54 ns	291,57 a	283,47 ns
<b>TD500</b>	292,44 a	290,57	286,07 b	283,07
<b>TD1000</b>	289,09 b	292,92	289,88 ab	285,80
<b>CV (%)</b>	0,58	0,91	1,23	0,64

Letras minúsculas distintas nas colunas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). ns = não houve diferença estatística.

Foi observado decréscimo do peso de mil grãos durante o armazenamento em todos os manejos, com redução de peso de aproximadamente 3 % após 286 dias de armazenamento. Schuh et al. (2011), avaliando milho armazenado por seis meses de forma convencional com umidade de aproximadamente 12%, observaram perdas de aproximadamente 10% no peso de mil grãos ao final, perdas maiores que as observadas neste trabalho. Tiecker Junior (2013) relatou dados que se assemelham aos encontrados por Schuh et al. (2011), ocorrendo redução de aproximadamente 10 % no peso de mil grãos de milho sem manejo com 13 % de teor de água após 8 meses de armazenamento em ambiente natural.

Não foi observada, ao final do armazenamento, diferença entre os manejos de pragas para o peso de mil grãos. Simioni et al. (2010), avaliando grãos de milho e trigo tratados ou não com terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>, também não verificaram

diferença estatística entre os tratamentos. O mesmo foi relatado por Lima et al. (2014) avaliando peso de mil sementes de feijão-caupi tratados ou não com terra de diatomácea.

As perdas de peso de mil grãos observadas remetem às perdas quantitativas totais, resultantes dos processos de deterioração dos grãos, devido ao seu metabolismo intrínseco, à atividade microbiana e também de pragas associadas (Deliberali et al. 2010, Lima 2014).

A perda de peso por danos (pragas e microrganismos) se ajustou ao modelo quadrático ( $r^2=0,48$ ), conforme constatado na análise de regressão (Figura 5).

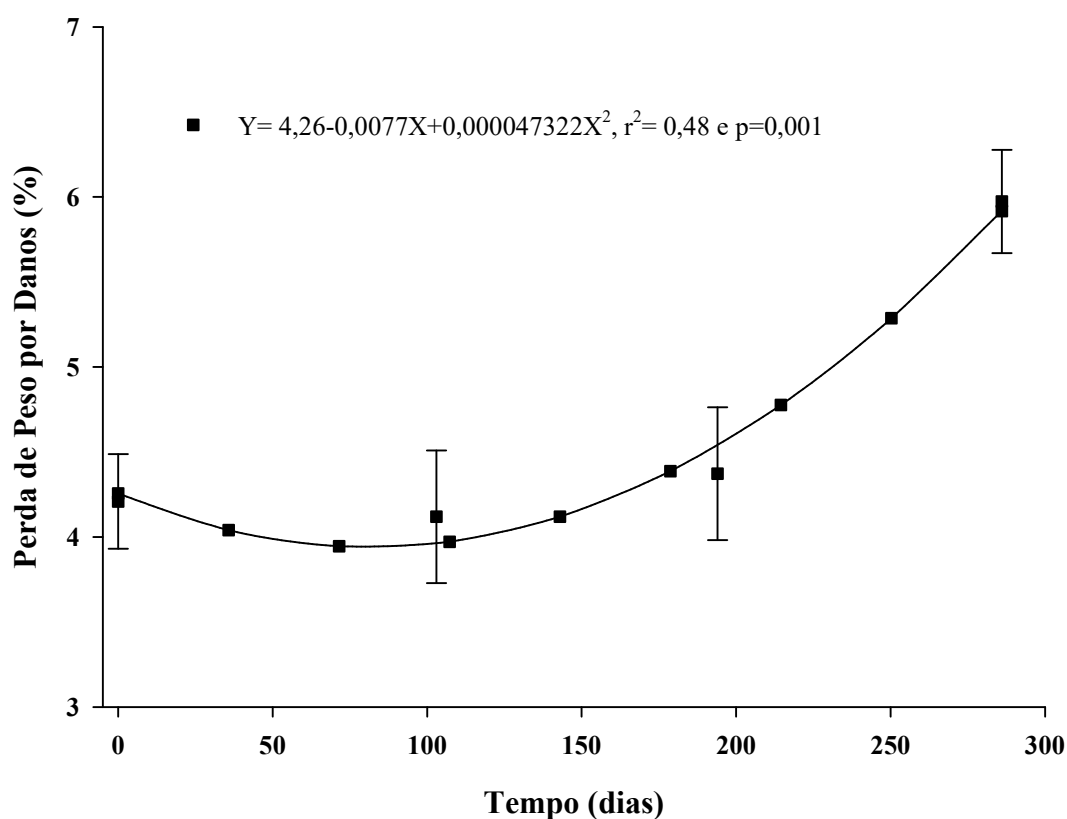


Figura 5. Perda de Peso por Danos em grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural.

Foi observado aumento das perdas por danos durante os 286 dias de armazenamento, que atingiram mais de 6% ao final do período. O aumento das perdas de matéria seca em milho durante o armazenamento também foi observado por diversos autores (Santos 2006, Eiras & Biagionni 2014, Fagundes 2016). Entretanto, os mesmos não consideraram e isolaram as perdas respiratórias. Ainda, estipularam a diminuição de peso (ou matéria seca) sem considerar os grãos íntegros.

A perda de peso ocasionada por pragas e microrganismos foi menor estatisticamente nos grãos tratados com terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup> (2,71 %), não ocorrendo diferença entre a dose de 500 g.t<sup>-1</sup> (5,78 %) e a fosfina (5,52 %) (Tabela 5).

Tabela 5. Perda de Peso por Danos (%) em grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural.

<b>Sistema</b>	<b>Média</b>
<b>FOSFINA</b>	5,52 a
<b>TD500</b>	5,78 a
<b>TD1000</b>	2,71 b
<b>CV (%)</b>	34,53

Letras minúsculas distintas nas colunas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey

( $p \leq 0,05$ ).

A dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup> de terra de diatomácea também proporcionou menores perdas de matéria seca de grãos de milho em estudo realizado em laboratório por

Fagundes (2016), que comparou com outras duas doses (250, 500 e 1.000 g.t<sup>-1</sup>) e com o tratamento controle (sem aplicação).

A perda de matéria seca é associada à taxa respiratória dos grãos e organismos vivos associados (Santos et al. 2012). Como no presente estudo a taxa de respiração dos grãos não foi contabilizada na equação da perda de peso por danos, fica evidenciado que a dose de terra de diatomácea recomendada pelo fabricante (1.000 g.t<sup>-1</sup>) foi mais eficiente no controle de pragas que os demais manejos.

Apesar das diferenças observadas entre os manejos de pragas, cabe ressaltar que as perdas relatadas neste trabalho são inferiores ao estimado por Lorini et al. (2015), que considera que a perda média ocasionada por pragas de armazenamento no Brasil é da ordem de 10% da produção. Isto evidencia a necessidade de estudos deste tipo para obtenção de valores de perdas por pragas e microrganismos mais próximo possível da realidade.

## CONCLUSÕES

1. O uso de terra de diatomácea acarreta em menor teor de água e massa específica dos grãos em relação ao gás fosfina;
2. A aplicação de terra de diatomácea, em comparação com a fosfina, promove menor redução da massa específica dos grãos, em ambas as doses avaliadas (500 e 1.000 g.t<sup>-1</sup>), e do peso de mil grãos, na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>;
3. A dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup> de terra de diatomácea propiciou menor perda de peso por danos que os demais manejos.

## REFERÊNCIAS

- ANTUNES, L.E.G.; DIONELLO, R.G. Eficiência de inseticidas durante o armazenamento de grãos de milho. *Revista Eletrônica Científica da UERGS*, v. 3, n. 1, p. 83-94, 2017.
- BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA/SDA/ACS). *Regras para Análise de Sementes*. 2009. 399 p.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA/SDA/ACS). *Instrução Normativa 60/2011*. 2011. 6 p.
- CHEN, C. Factors that affect equilibrium relative humidity of agricultural products. *Transactions of the American Society of Agricultural and Engineers*, v. 43, n. 3, p. 673-683, 2000.
- DELIBERALI, J. et al. Efeitos de processo de secagem e tempo de armazenamento na qualidade tecnológica de trigo. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 34, n. 5, p. 1285-1292, 2010.
- EIRAS, D.L.; BIAGIONNI, M.A.M. Perda de matéria seca em grãos de milho submetidos a sistemas de secagem natural e artificial. *Revista Energia na Agricultura*, v. 29, n. 3, p. 228-235, 2014.
- ELIAS, M.C. et al. *Secagem e armazenamento de grãos: sistemas, métodos e processos*. Polo de Modernização Tecnológica em Alimentos da Região Sul do Rio Grande do Sul da UFPEL/FAEM/DCTA, 1997. 52 p.
- ELIAS, M.C. Secagem e armazenamento de grãos de milho e de sorgo na propriedade rural. In: Parfitt, J. M. B. *Produção de milho e sorgo em várzea*. Embrapa Clima Temperado, p. 107-146, 2000.

FAGUNDES, H.D. *Manejo de Sitophilus zeamais (Col., Curculionidae) em grãos de milho com diferentes materiais genéticos e terra de diatomáceas*. 2016. 72 p. Dissertação de mestrado, UFRGS, Porto Alegre. 2016.

FAO – FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. *Food wastage footprint: impacts on natural resources – summary report*. 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/018/i3347e/i3347e.pdf>>. Acesso em: 18 dez. 2017.

GOTTARDI, R. *Avaliação da ação de compostos bioativos no controle de Sitophilus zeamais (Col.; Curculionidae) e fungos em grãos de milho armazenado*. 2014. 93 p. Dissertação de mestrado, UFRGS, Porto Alegre. 2014.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Levantamento sistemático da produção agrícola: prognóstico da produção agrícola nacional para 2018 (situação em outubro de 2017)*. 2017. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/8/lspa\\_prog\\_2017\\_out\\_supl.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/8/lspa_prog_2017_out_supl.pdf)>. Acesso em: 08 abr. 2018.

KORUNIC, Z. Diatomaceous earths – natural insecticides. *Journal Pesticides and Phytomedicine*, v. 28, n. 2, p. 77–95, 2013.

LIMA, R.F. *Qualidade de grãos de milho submetidos à secagem com lenha em diferentes temperaturas e períodos de armazenamento*. 2014. 81 p. Dissertação de mestrado, UFRGS, Porto Alegre. 2014.

LIMA, J.M.E. et al. Qualidade fisiológica de sementes de feijão-caupi tratadas com terra diatomácea e infestadas por carunchos. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, v. 7, n. 3, p. 733-746, 2014.

LORINI, I. et al. *Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenadas*. Embrapa, 2015. 84 p. Disponível em:

<<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129311/1/Livro-pragas.pdf>>.

Acesso em: 28 dez. 2017.

PASTORE, S.M. et al. Mercado de milho, farelo de soja e ovos no Brasil de 2010 a 2013. *Revista Eletrônica Nutritime*, v. 11, n. 1, p. 2982-3006, 2014.

PIMENTEL, M.A.G. et al. Resistance of stored-product insects to phosphine. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 43, n. 12, p. 1671-1676, 2008.

REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO. *Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul – Safras 2013/2014 2014/2015*. Embrapa Clima

Temperado, n. 48, 2013. 123 p. Disponível em:

<<http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/livros/livro-indicacoes-milho-sorgo.pdf>>.

Acesso em 29 dez. 2014.

SANTOS, J.P. *Controle de Pragas Durante o Armazenamento de Milho*. Circular Técnica 84. Embrapa, 2006. 20 p.

SANTOS, S.B. et al. Perda de matéria seca em grãos de milho armazenados em bolsas herméticas. *Revista Ciência Agronômica*, v. 43, n. 4, p. 674-682, 2012.

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: Ciências Agrárias*, v. 32, n. 1, p. 235-244, 2011.

SIMIONI, N.R. et al. Propriedades físicas de grãos de milho e trigo tratadas com terra de diatomáceas. *Revista Varia Scientia Agrárias*, v. 01, n. 02, p. 131-140, 2010.

STRESSER, R. *Tratamentos preventivos e curativos no controle de insetos e pragas em silos e armazéns graneleiros*. 2015. Disponível em:

<<http://www.tecnigran.com.br/index.php/faqs/artigos/item/139-tratamentos-preventivos-e-curativos-no-controle-de-insetos-e-pragas-em-silos-e-armazens-graneleiros>>.

Acesso em: 19 mar. 2018.



TIECKER JUNIOR, A. *Avaliação da qualidade de grãos de milho e soja em armazenamento hermético e não hermético sob diferentes umidades de colheita*. 2013. 83 p. Dissertação de mestrado, UFRGS, Porto Alegre. 2013.

## 4 ARTIGO 2

**Classificação tecnológica e perda de peso por carunchamento em grãos de milho (*Zea mays* L.) armazenados sob manejo com fosfina e terra de diatomácea em condições ambientes<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Artigo formatado conforme as normas da Revista Acta Scientiarum. Agronomy.

**RESUMO.** O desenvolvimento de resistência a inseticidas químicos, juntamente com problemas relacionados ao meio ambiente e saúde, tem exigido o uso de alternativas de manejo de pragas no armazenamento. Este trabalho teve como objetivos comparar o efeito do manejo com fosfina e duas doses de inseticida natural à base de terra de diatomácea (500 e 1.000 g.t<sup>-1</sup>) sobre os defeitos de grãos de milho armazenados, bem como a perda de peso ocasionada por insetos em armazenamento em ambiente natural. Grãos de milho foram depositados em três silos de alvenaria com base circular com capacidade de armazenamento de 100 sacos cada. Foram estabelecidos três manejos de pragas: químico com fosfina (GASTOXIN<sup>®</sup> B57) e alternativo com terra de diatomácea (INSECTO<sup>®</sup>) nas doses de 500 e 1.000 g.t<sup>-1</sup>. As avaliações foram realizadas no início do experimento e 103, 194 e 286 dias após, sendo verificado o percentual de grãos avariados, carunchados, quebrados, sem defeitos e perda de peso por carunchamento. Grãos manejados com terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup> apresentaram menor perda de peso por insetos, melhor avaliação de Tipo e grãos sem defeitos durante o armazenamento em relação aos outros manejos, sendo que todos os lotes foram desclassificados após 194 dias.

**Palavras-chave:** carunchados; avariados; mofados; fermentados; sem defeitos; tipo.

### **Introdução**

No Brasil, a produção, a área e a produtividade de milho na safra 2016/2017 foram de 99,4 milhões de toneladas, 17,9 milhões de hectares e 5,6 t.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, correspondente a aproximadamente 41% da produção nacional de cereais, leguminosas e oleaginosas, ficando atrás somente da de soja (IBGE, 2017).

Lorini et al. (2015) estimaram que as perdas pós-colheita de grãos, no Brasil, eram de 10% do total produzido, causadas principalmente por insetos, fungos, roedores e pragas em geral. O controle dessas pragas, segundo os autores, depende praticamente de inseticidas químicos líquidos (tratamento preventivo) e fumigantes (expurgo). Portanto, métodos alternativos de controle estão sendo enfatizados, a fim de reduzir o uso de produtos químicos, diminuir o potencial de exposição humana e reduzir a velocidade e o desenvolvimento de resistência de pragas a inseticidas.

A terra de diatomácea é um pó-inerte, proveniente da moagem de algas diatomáceas fossilizadas, organismos de uma célula e de variados tamanhos e formatos, provenientes de água doce ou salgada, que possuem naturalmente uma fina camada de dióxido de sílica amorfa hidratada (Korunić, 2013; Lorini et al., 2015). De acordo com

os autores, o pó-inerte adere à epicutícula dos insetos por carga eletrostática (adsorção) e, em menor grau, por abrasão, levando à desidratação corporal e, posteriormente, à morte. O outro modo de ação da terra de diatomácea é a repelência causada pela presença física do pó-inerte (White et al., 1966).

De acordo com a Instrução Normativa nº 60/2011 (Brasil, 2011), a classificação do milho é estabelecida em função dos seus requisitos de identidade e qualidade. Em relação à identidade, é definido pela própria espécie do produto. Quanto à qualidade, é classificado em função da consistência e do formato, da coloração do grão e dos limites máximos de tolerância de grãos avariados, quebrados, carunchados e de matérias secas e impurezas.

Segundo a normativa, o milho poderá ser classificado em três tipos, fora de tipo ou desclassificados, o que afetará diretamente no valor comercial da carga avaliada. Sendo assim, é de fundamental importância estudos que avaliem a influência sobre essas características e de métodos de controle de pragas durante o armazenamento. Outra característica importante é a definição do percentual de perdas ocasionadas por pragas, visando a oferecer subsídios para tomada de decisões no manejo e controle (Brasil, 2011).

Portanto, este trabalho teve como objetivos comparar o efeito do manejo químico, com uso de gás fosfina, e do uso de duas doses de inseticida natural à base de terra de diatomácea (500 e 1.000 g.t<sup>-1</sup>) sobre os defeitos de grãos de milho armazenados em silos de alvenaria, bem como a perda de peso ocasionada por insetos, em armazenamento em ambiente natural.

## **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Eldorado do Sul/RS (30°05'52" S, 51°39'08" W e altitude média de 46m), no período de 21 de agosto de 2015 a 2 de junho de 2016.

Grãos de milho (*Zea mays* L.) da cultivar híbrida Morgan Power Core 30A77PW, cultivados na Estação Experimental Agronômica da UFRGS durante a safra agrícola 2014/2015, foram utilizados para a realização do experimento. Os grãos colhidos foram submetidos ao processo de pré-limpeza e secagem com ar natural até atingirem teor de água de aproximadamente 13 %.

Os grãos foram depositados em três silos de alvenaria com base circular com capacidade de armazenamento individual de 100 sacos, subdivididos em duas partes iguais para comportar as repetições, situados sob galpão com telhado e sem paredes laterais. Previamente à instalação do experimento, os silos foram limpos com vassoura, para redução da poeira, resíduos de grãos e de possíveis focos de infestação de insetos.

Após a colocação dos grãos nos silos, obteve-se aproximadamente 1,7 metros de altura da camada de grãos. Para eliminar os insetos presentes, os três silos foram vedados e os grãos expurgados com fosfina (GASTOXIN® B57), permanecendo o ambiente hermético por sete dias.

Os grãos foram estocados nos silos por 286 dias, sendo cada massa de grãos de milho submetida ao uso de diferentes inseticidas:

- Expurgo com fosfina (GASTOXIN® B57) na dose de  $2 \text{ g.m}^{-3}$  de i.a. (recomendação do fabricante) aos 194 dias após o início do experimento, quando os danos ocasionados por insetos foram superiores a 7 % dos grãos (Stresser, 2015). O silo foi vedado com lona (200 micras) e fitas específicas para fumigação, e o tempo de exposição foi de sete dias. Os teores de água dos grãos submetidos a esse manejo foram de 13,2 e 13,4 % no início e final do armazenamento, respectivamente;

- Aplicação de inseticida natural à base de terra de diatomácea nas doses de 500 e  $1.000 \text{ g.t}^{-1}$ , sendo a última recomendada pelo fabricante da marca comercial INSECTO®. Foi realizado o envelopamento da massa de grãos (aplicação do produto em camadas com espessura de 30 cm na base e no topo da massa, conforme recomendação do fabricante) no início do experimento. Os teores de água dos grãos submetidos a esses manejos no início e final do armazenamento foram de, respectivamente, 13,0 e 12,3 % (dose de  $500 \text{ g.t}^{-1}$ ) e 12,8 e 12,7 % (dose de  $1.000 \text{ g.t}^{-1}$ ).

Com base em procedimentos constantes na Instrução Normativa nº 60, de 22 de dezembro de 2011 (Brasil 2011), foram coletadas cinco amostras de cada silo (uma no centro e quatro distribuídas uniformemente em uma circunferência, distantes 30 cm da parede do silo, sendo juntadas e homogeneizadas após) no início do experimento e 103, 194 e 286 dias após, com auxílio de calador graneleiro de 2 metros de comprimento, de dois estágios, percorrendo toda a altura da camada de grãos.

O material coletado de cada repetição foi submetido às seguintes avaliações, em duplicata:

Análise tecnológica (defeitos): foram contabilizados os percentuais de grãos avariados (somatório de grãos ardidos, chochos e imaturos, gessados, germinados,

fermentados e mofados), quebrados e carunchados, conforme metodologia oficial do Ministério da Agricultura (Brasil, 2011);

Grãos sem defeitos: obtido através da equação:

Grãos sem defeitos = 100 - %Avariados - %Carunchados - %Quebrados

Expresso em percentual;

Perda de peso por carunchamento – PPC (%): determinada pela equação:

$$PPC = \frac{\text{Grãos carunchados} \times \left[ 100 - \left( \frac{\text{Peso mil grãos carunchados} \times 100}{\text{Peso mil grãos íntegros tempo 0}} \right) \right] \times IPPR}{100}$$

onde:

$$IPPR \text{ (Índice de Perda de Peso por Respiração)} = \frac{\text{Peso mil grãos íntegros}}{\text{Peso mil grãos íntegros tempo 0}}$$

Os pesos de mil grãos carunchados e íntegros foram determinados pela contagem de seis repetições de 100 grãos, seguido de pesagem em balança analítica com precisão de 0,001 gramas, multiplicando o resultado médio das repetições por 10 e convertendo para umidade dos grãos de 13%.

O experimento foi conduzido conforme o delineamento experimental inteiramente casualizado, num esquema fatorial 3x4 (manejo de pragas x tempo de armazenamento) com duas repetições.

Os dados foram submetidos à análise de variância – ANOVA - ( $p \leq 0,05$ ) e, quando obtida diferença significativa, o fator qualitativo foi avaliado pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para comparação de médias, e o quantitativo pela análise de regressão. O modelo matemático foi escolhido com base no valor do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e na significância dos parâmetros submetidos ao teste “t” ( $p < 0,05$ ), além do valor “p” do modelo ( $p < 0,05$ ) e do ajuste biológico.

## Resultados e Discussão

Conforme a Instrução Normativa 60/2011 (Brasil, 2011), constituem parâmetros para a classificação do milho em Tipos o percentual de grãos ardidos, avariados, quebrados, carunchados e de matérias estranhas e impurezas, com limites máximos de tolerância expressos na Tabela 1.

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

Enquadramento	Grãos Avariados		Grãos Quebrados	Matéria Estranha e Impurezas	Carunchados
	Ardidos	Total			
<b>Tipo 1</b>	1,00	6,00	3,00	1,00	2,00
<b>Tipo 2</b>	2,00	10,00	4,00	1,50	3,00
<b>Tipo 3</b>	3,00	15,00	5,00	2,00	4,00
<b>Fora de Tipo</b>	5,00	20,00	Maior que 5,00	Maior que 2,00	8,00

Adaptado da Instrução Normativa nº 60/2011 (BRASIL, 2011).

Assim sendo, a Tabela 2 expressa os resultados obtidos neste trabalho em relação aos parâmetros estabelecidos pela Instrução Normativa nº 60/2011 (Brasil, 2011) e constantes na Tabela 1. Para as variáveis grãos avariados, quebrados, carunchados e matéria estranha e impurezas teor de água foi registrada interação entre os fatores Manejo e Tempo, conforme o teste F ( $p < 0,05$ ) (Tabela 2). O percentual de grãos ardidos não consta na Tabela 2, pois a média encontrada foi muito próxima de zero, mas os valores obtidos foram contabilizados para o cálculo do total de grãos avariados.

**Tabela 2.** Resumo da Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F ( $p < 0,05$ ) dos dados referentes às análises de percentual de grãos avariados (GA), quebrados (GQ), carunchados (GC) e matéria estranha e impurezas (MEI) em relação ao manejo de pragas (fosfina e terra de diatomácea nas doses de 500 e 1.000  $g \cdot t^{-1}$ ) e tempo de armazenamento.

Fonte de Variação	Resposta (valor p)			
	GA (%)	GQ (%)	MEI (%)	GC (%)
<b>Manejo (M)</b>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
<b>Tempo (T)</b>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
<b>MxT</b>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
<b>Média</b>	5,98	0,17	0,08	11,26
<b>CV (%)</b>	14,16	17,07	30,93	8,37

Na Tabela 3 constam os defeitos contabilizados para obtenção do total de grãos avariados, que é calculado pela soma do percentual de grãos ardidos, chochos ou imaturos, fermentados, germinados, gessados e mofados, além do percentual de grãos sem defeitos e da perda de peso ocasionada por carunchamento (PPC). Para as variáveis grãos fermentados, mofados, sem defeitos e PPC foi registrada interação entre os fatores Manejo e Tempo, conforme o teste F ( $p < 0,05$ ), não sendo observada nenhuma interação

para a variável grãos gessados (Tabela 3). Os percentuais de grãos chochos ou imaturos e germinados não constam na Tabela 3, já que a média encontrada foi muito próxima de zero, mas os valores obtidos foram contabilizados para o cálculo do total de grãos avariados.

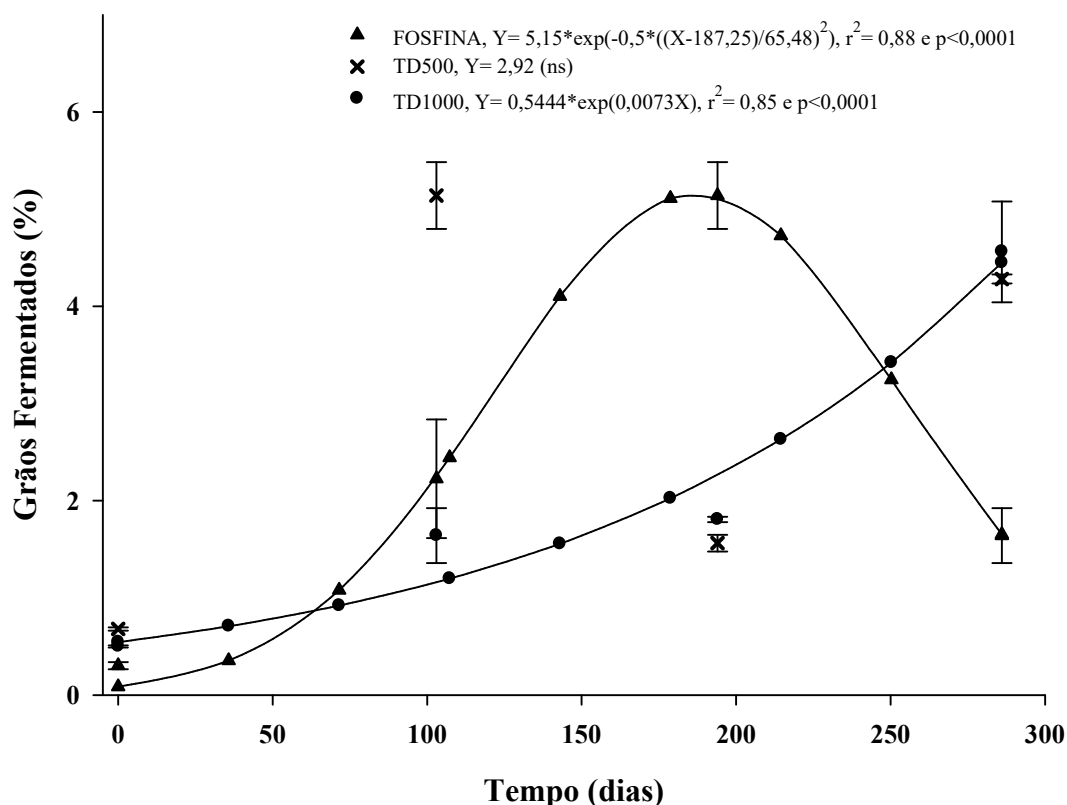
**Tabela 3.** Resumo da Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F ( $p < 0,05$ ) dos dados referentes às análises de percentual de grãos gessados (GG), fermentados (GF), mofados (GM), sem defeitos (GSD) e perda de peso por carunchamento (PPC) em relação ao manejo de pragas (fosfina e terra de diatomácea nas doses de 500 e 1.000 g.t<sup>-1</sup>) e tempo de armazenamento.

Fonte de Variação	Resposta (valor p)				
	GG (%)	GF (%)	GM (%)	GSD (%)	PPC (%)
Manejo (M)	0,4430	0,0017	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Tempo (T)	0,1074	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
MxT	0,4943	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Média	0,13	2,46	3,38	82,59	1,25
CV (%)	129,05	24,06	17,22	1,58	19,43

Segundo a Instrução Normativa nº 60/2011 (Brasil, 2011), a quantidade, em percentual, de grãos avariados é calculada pelo somatório de grãos ardidos, chochos ou imaturos, fermentados, germinados, gessados e mofados. Neste estudo, quase que a totalidade dos valores obtidos foi devida ao somatório de grãos fermentados e mofados.

Na análise de regressão do percentual de fermentados, foi observada resposta significativa ao modelo de Lorentzian para grãos tratados com fosfina ( $r^2 = 0,88$ ) e ao exponencial para a dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup> de terra de diatomácea ( $r^2 = 0,85$ ), não ocorrendo ajuste a nenhum modelo para o manejo com dose de 500 g.t<sup>-1</sup> (Figura 1).





**Figura 1.** Grãos fermentados de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural.

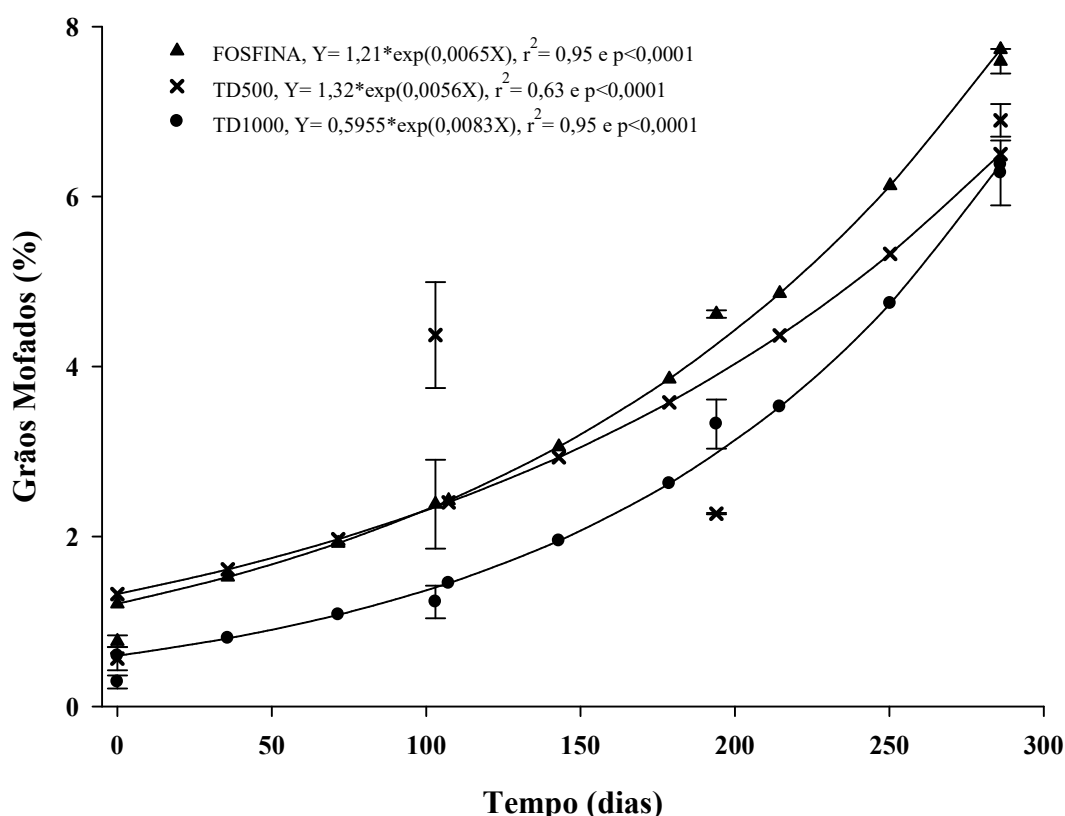
Foram registrados percentuais entre 0,30 e 5,14 de grãos fermentados durante os 286 dias de armazenamento, sendo menor na maior parte do período de armazenamento para a dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup> de terra de diatomácea (Figura 1). Tiecker Junior (2013) observou reações de fermentação mais elevadas em grãos armazenados com altos teores de água (17 e 29 %), impossibilitando, inclusive, a realização de análise tecnológica durante o armazenamento. Portanto, o teor de água dos grãos pode ter influenciado nos valores registrados.

Outro fato relevante é o critério de escolha do defeito, já que, incidindo sobre o grão de milho dois ou mais defeitos, prevalecerá o defeito mais grave, obedecendo à seguinte escala decrescente de gravidade: mofado, ardido, fermentado, germinado, carunchado, chocho ou imaturo e gessado (Brasil, 2011). Sendo assim, grãos fermentados que também estão mofados e ardidos não serão classificados como tal.

Segundo a Instrução Normativa nº 60/2011 (Brasil, 2011), são classificados como fermentados os grãos ou pedaços de grãos que apresentam escurecimento parcial do germe ou do endosperma provocado por processo fermentativo ou calor, sendo

também considerados como fermentados, devido à semelhança de aspecto, os grãos que se apresentam parcialmente queimados.

Quanto aos percentuais de grãos mofados, foi observado na análise de regressão comportamento de crescimento exponencial para todos os manejos (Figura 2). Os coeficientes de determinação foram superiores a 0,90 para os grãos tratados com fosfina (0,95) e com a dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup> de terra de diatomácea (0,95), sendo de 0,63 para a dose de 500 g.t<sup>-1</sup>.



**Figura 2.** Grãos mofados de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural.

O percentual de grãos mofados oscilou entre 0,29 e 7,59 durante 286 dias de armazenamento. Esses resultados se assemelham aos obtidos por Valmorbidia (2016), que, avaliando quatro unidades armazenadoras de grãos no Estado de Rondônia – Brasil, observou percentuais entre 0,3 a 10,9 de grãos de milho mofados.

Foi registrada menor ocorrência de grãos mofados naqueles tratados com terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>, sendo semelhantes entre a dose de 500 g.t<sup>-1</sup> e o uso de fosfina (Figura 2). Os fatores ambientais que mais interferem na sobrevivência e

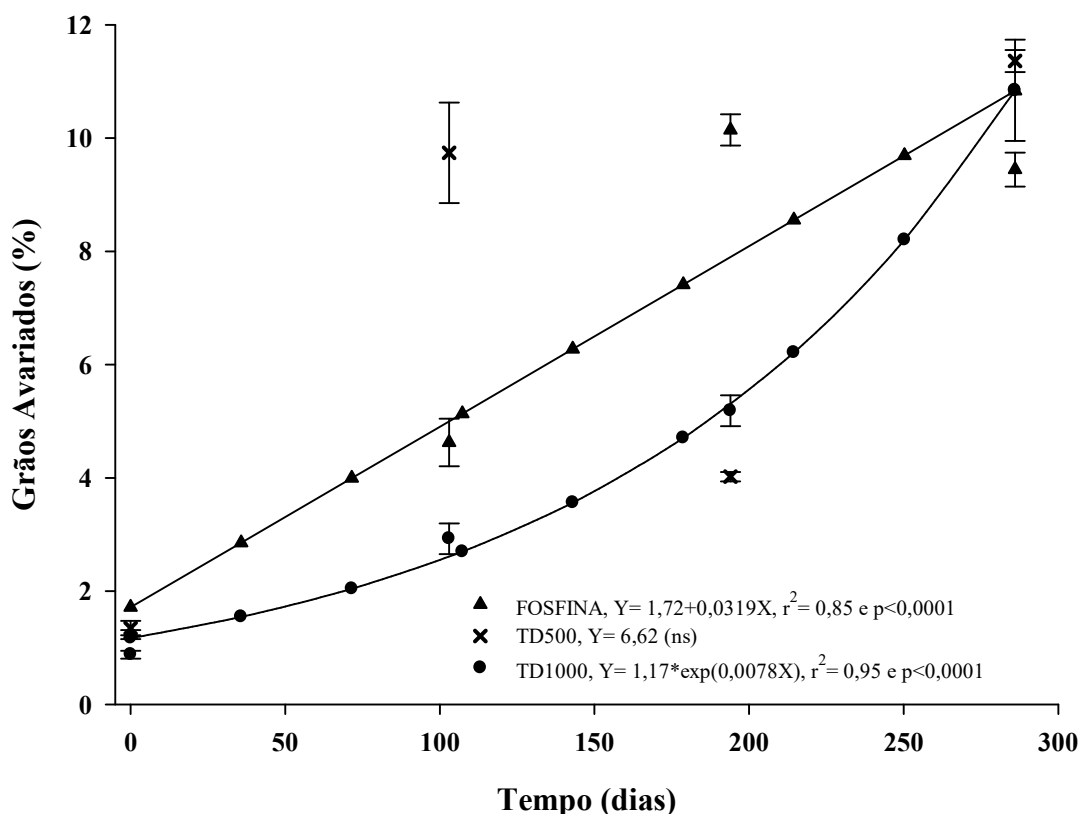
proliferação fúngica são a atividade de água e a temperatura ambiente (Pitt & Hocking, 2009; Sultan & Magan, 2011). Segundo os autores, a atividade de água basicamente consiste na quantidade de água disponível em um substrato, não utilizada nas reações e livre para o uso pelos micro-organismos. Como a terra de diatomácea é um pó higroscópico (Korunić, 2013), provavelmente ocorreu a diminuição da água disponível para o crescimento fúngico na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>.

Outro fator que pode ter influenciado nessa avaliação é a presença de insetos. Eles abrem galerias e danificam os grãos, abrindo portas de entradas para microrganismos, além dos fungos serem dispersos por esporos que estão presentes nos insetos de grãos (Santos, 2006). Sendo assim, Puzzi (2000) afirma que o ataque de insetos constituirá, conseqüentemente, problemas com fungos. A incidência de grãos carunchados foi menor para a dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup> até 250 dias de armazenamento (Figura 5), o que pode ter contribuído para a menor quantidade de grãos mofados observados nesse manejo.

A contaminação dos grãos de milho por diferentes grupos fúngicos pode causar um impacto muito grande na cadeia de cultivo do milho, resultando na queda da produtividade e qualidade dos grãos (Einloft, 2016). Segundo o autor, a importância desta contaminação ganha proporções ainda maiores quando os grupos fúngicos que atacam os grãos são potencialmente produtores de micotoxinas. Os principais gêneros produtores de micotoxinas em produtos agrícolas, principalmente em grãos de milho, são *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium* (CAST, 2003).

De acordo com a Instrução Normativa nº 60/2011 (Brasil, 2011), grão mofado é o defeito mais grave encontrado na avaliação do milho. Entretanto, o mesmo não é computado separadamente para enquadramento em Tipo do lote de grãos, como é feito com o percentual de grãos ardidos (Tabela 1), que também é utilizado para calcular o total de grãos avariados. Sendo assim, caberia a inclusão desse defeito na tabela de enquadramento de Tipo, já que é o que apresenta maior gravidade.

Em relação aos grãos avariados, foi registrada na análise de regressão resposta significativa ao modelo linear para grãos tratados com fosfina ( $r^2= 0,85$ ) e ao exponencial para a dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup> de terra de diatomácea ( $r^2= 0,95$ ), não ocorrendo ajuste a nenhum modelo para o manejo com dose de 500 g.t<sup>-1</sup> (Figura 3).



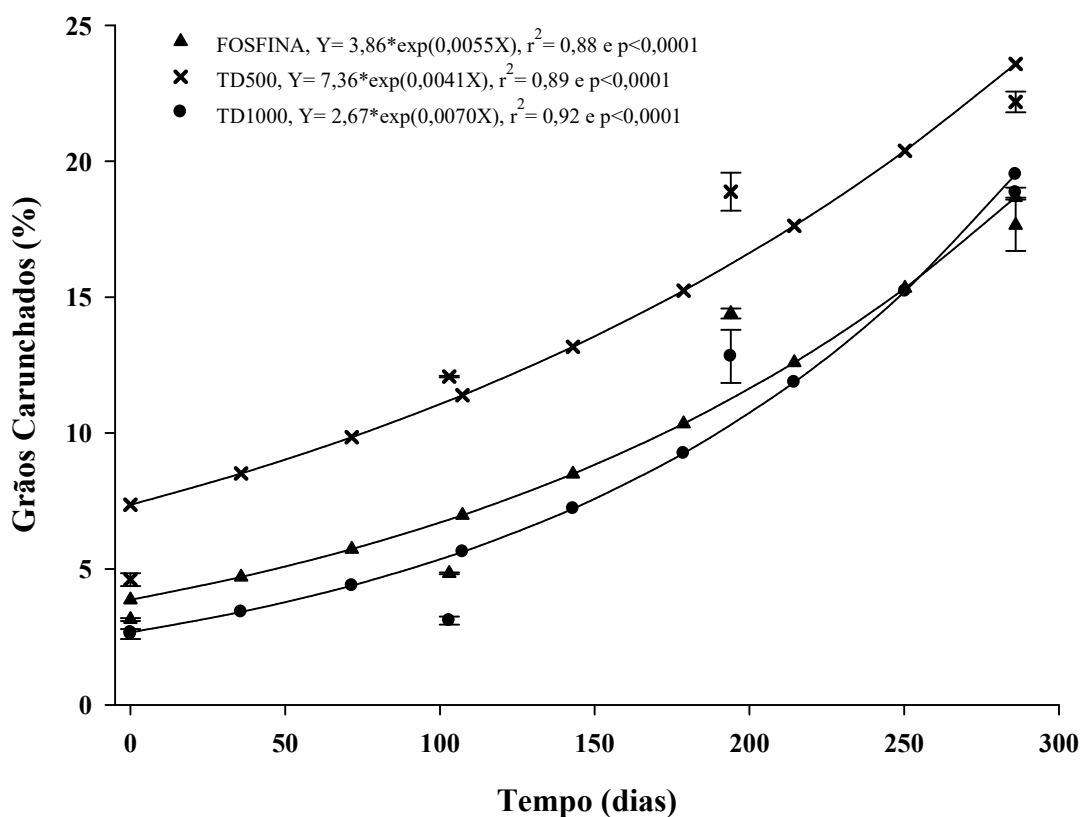
**Figura 3.** Grãos avariados de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural.

O percentual de grãos avariados variou entre 0,88 e 11,36 % durante 286 dias de armazenamento. Tiecker Junior (2013) observaram incidência superior (20 a 40 %) ao encontrado neste trabalho em milho armazenado em ambiente hermético e não hermético com teor de água dos grãos semelhante ao encontrado nesse experimento (13 %). Já Lima (2017) observou, em grãos colhidos na Região do Alto Vale do Itajaí em Santa Catarina, Brasil, valores variando de 0,61 a 5,50 % de grãos avariados, similares ao observado neste estudo.

Grãos tratados com terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup> apresentaram menores percentuais de grãos avariados que os demais manejos em quase todo o período de armazenamento (Figura 3). Considerando que quase a totalidade dos valores de grãos avariados foi composta, neste trabalho, pelo somatório dos fermentados e mofados, e que os grãos tratados com a dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup> de terra de diatomácea apresentaram menores percentuais desses defeitos (Figuras 1 e 2), o mesmo se repetiu para a avaliação de grãos avariados.

A quantidade de grãos avariados na classificação de grãos de milho é considerada como fator de depreciação da qualidade de um lote (Brasil, 2011). São defeitos de origem mecânica, física ou biológica. Além de reduzir a qualidade dos grãos, influencia em muitas ações de compra e venda entre empresas de alimentos e produtores (Lazzari, 1997).

Segundo a Instrução Normativa nº 60/2011 (Brasil, 2011), outro defeito que é utilizado para a classificação em Tipo de uma amostra é o carunchamento. Em relação aos percentuais de grãos carunchados, foi observado na análise de regressão comportamento de crescimento exponencial para todos os manejos (Figura 4), com coeficientes de determinação próximos a 0,90 (controle químico com fosfina: 0,88; terra de diatomácea 500 g.t<sup>-1</sup>: 0,89; terra de diatomácea 1.000 g.t<sup>-1</sup>: 0,92).



**Figura 4.** Grãos carunchados de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural.

O percentual de grãos carunchados oscilou entre 2,61 e 22,18 durante 286 dias de armazenamento. Valmorbidia (2016), avaliando quatro unidades armazenadoras de grãos no Estado de Rondônia – Brasil, observou percentuais entre 0,1 e 5,0 de grãos de

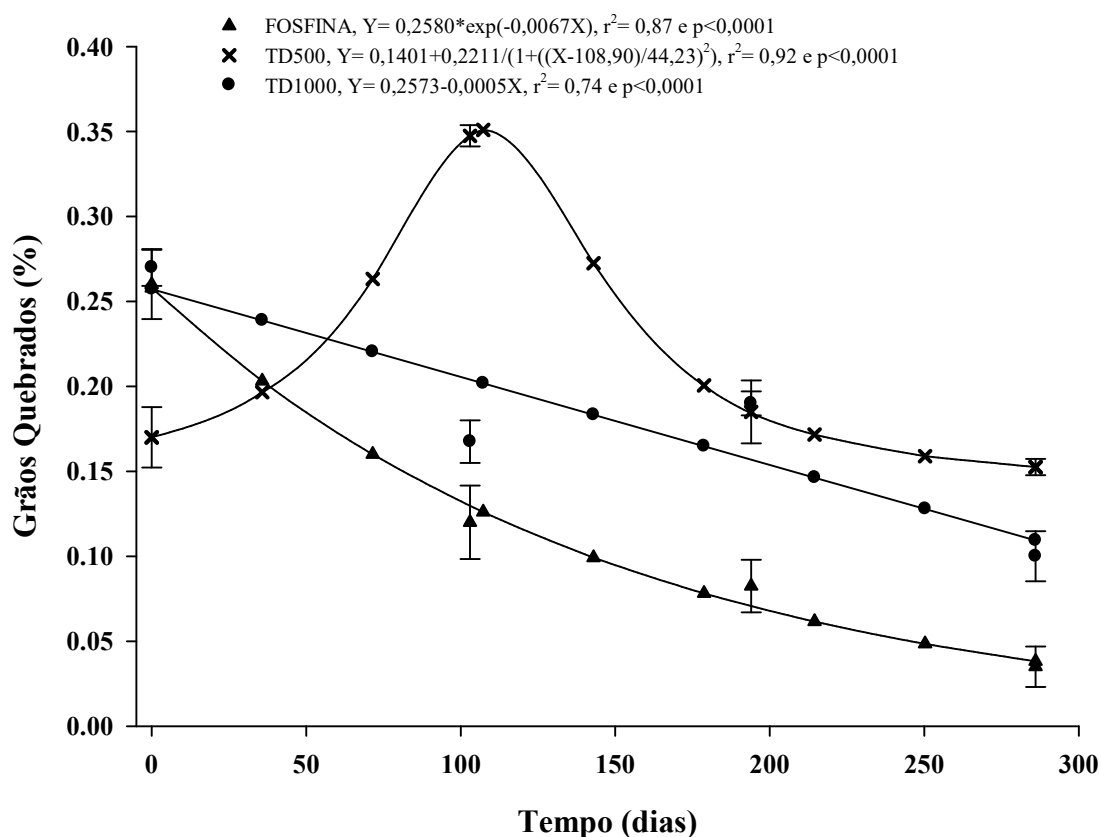
milho carunchados, valores consideravelmente inferiores ao máximo visualizado no presente estudo. Antunes et al. (2011), avaliando grãos de milho infestados com *Sitophilus zeamais* em laboratório, registraram valores de 9,77 % e 34,01 % de grãos carunchados aos 60 e 120 dias de armazenamento, respectivamente, percentual superior ao visualizado neste artigo ao final do armazenamento (286 dias). Altos percentuais também foram observados por Tiecker Junior (2013), que contabilizou até 60 % de grãos carunchados em milho armazenado em condições ambientes por oito meses sem manejo de controle de insetos.

Grãos submetidos à terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup> apresentaram menor incidência de grãos carunchados durante os primeiros 250 dias de armazenamento em comparação com os demais manejos. Antunes et al. (2014), em experimento conduzido em laboratório com infestação de insetos, observaram que grãos de milho com 12 % de umidade tratados com três doses de terra de diatomácea (500, 1.500 e 2.500 g.t<sup>-1</sup>) apresentaram menor incidência de carunchamento (12 a 20 %) que os não tratados (34 a 41 %) durante 60 dias de armazenamento, não sendo evidenciada diferença entre as doses.

A presença de insetos pragas em grãos armazenados acarreta na perda no peso dos produtos pelo consumo dos insetos, diminuição da germinação e valor nutritivo, disseminação de fungos e ácaros e diminuição do valor comercial dos produtos pela presença de partes de insetos. Segundo EMBRAPA (2011), *Sitophilus oryzae* e *Sitophilus zeamais* são as espécies de inseto que ocasionam as maiores perdas em milho armazenado e justificam a maior parte do controle químico praticado nos armazéns.

De acordo com a Tabela 1, além dos demais defeitos discutidos anteriormente, restam o percentual de grãos quebrados e de matérias estranhas e impurezas. Segundo a Instrução Normativa 60/2011 (Brasil, 2011), grãos quebrados são os pedaços de grãos que vazarem pela peneira de crivos circulares de 5 mm de diâmetro e ficarem retidos na peneira de crivos circulares de 3 mm de diâmetro. As matérias estranhas são os corpos ou detritos de qualquer natureza, estranhos ao produto, tais como grãos ou sementes de outras espécies vegetais, sujidades, insetos mortos, entre outros. Por fim, são caracterizadas como impurezas os pedaços de grãos que vazarem pela peneira de crivos circulares de 3 mm de diâmetro, bem como detritos do próprio produto que ficarem retidos nas peneiras de crivos circulares de 5 e 3 mm de diâmetro, que não sejam grãos ou pedaços de grãos de milho.

Foi observada na análise de regressão para incidência de grãos quebrados resposta significativa ao modelo de queda exponencial para grãos tratados com fosfina ( $r^2 = 0,87$ ), ao modelo de Lorentzian para dose de  $500 \text{ g.t}^{-1}$  de terra de diatomácea ( $r^2 = 0,92$ ) e ao linear para o manejo com dose de  $1.000 \text{ g.t}^{-1}$  ( $r^2 = 0,74$ ) (Figura 5).

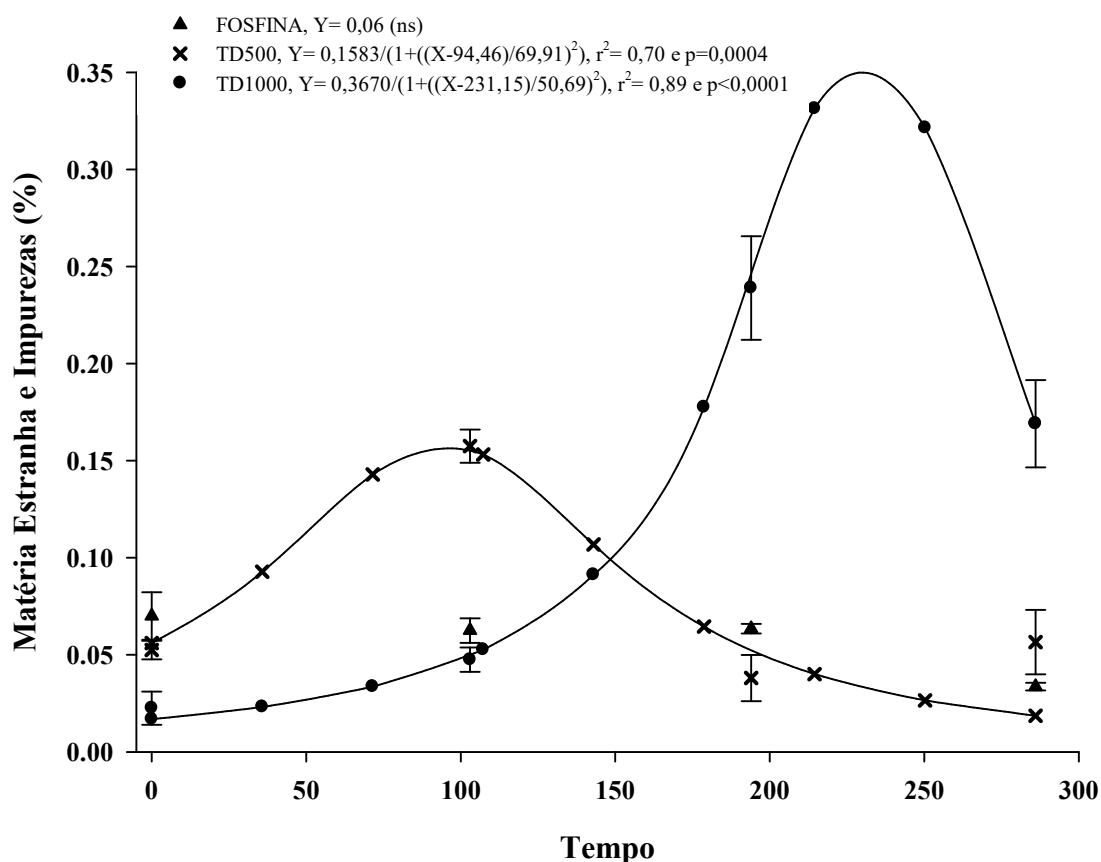


**Figura 5.** Grãos quebrados de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de  $500 \text{ g.t}^{-1}$ ; TD1000: terra de diatomácea na dose de  $1.000 \text{ g.t}^{-1}$ ) durante o armazenamento em ambiente natural.

O percentual de grãos de milho quebrados variou entre 0,04 e 0,35 %, e houve maior quantidade nos lotes tratados com terra de diatomácea, em ambas as doses. Segundo Ferrri Filho (2011), a incidência de insetos tem sido associada ao aumento de grãos quebrados. Entretanto, neste experimento foi observada menor quantidade de grãos carunchados nos lotes tratados com terra de diatomácea na dose de  $1.000 \text{ g.t}^{-1}$  (Figura 4).

Com relação à matéria estranha e impurezas, foi verificada na análise de regressão resposta significativa ao modelo de Lorentzian para grãos tratados com terra

de diatomácea nas doses de 500 e 1.000 g.t<sup>-1</sup> ( $r^2= 0,70$  e  $0,89$ , respectivamente), não ocorrendo ajuste a nenhum modelo para o manejo com fosfina (Figura 6).



**Figura 6.** Matéria estranha e impurezas em milho submetido a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural.

O percentual de matéria estranha e impurezas variou entre 0,02 e 0,24 %, e houve maior quantidade nos lotes tratados com terra de diatomácea (Figura 6). Provavelmente isso se deve ao fato de ocorrer o acréscimo da terra de diatomácea no teor de matéria estranha e impurezas, já que a mesma, quando ocorre o peneiramento dos grãos, se desprendem dos mesmos e passa pelas peneiras de 5 e 3 mm, que são utilizadas para a classificação do milho conforme determinado pela Instrução Normativa 60/2011 (Brasil, 2011).

Apesar da diferença entre os manejos, os percentuais registrados de grãos quebrados e de matéria estranha e impurezas foram muito baixos, o que pode ser atribuído ao fato dos grãos terem sido submetidos ao processo de pré-limpeza antes do início do experimento. Conforme a Tabela 1, lotes com até 3 % de grãos quebrados e 1



% de matéria estranha e impurezas são enquadrados como Tipo 1 para comercialização, melhor classificação possível.

Segundo Weber (2005), para melhor conservação dos grãos, controle de insetos, temperatura e desempenho da aeração, melhor será a qualidade do armazenamento quanto menos impurezas e grãos quebrados estiverem presentes. Rodrigues et al. (2015) verificaram que a proporção de milho danificado foi correlacionada positivamente com material estranho (0,68), fragmentos (0,58) e milho quebrado (0,83).

Com base nos dados descritos anteriormente, foi realizada a classificação dos grãos em relação ao Tipo, conforme descrito na Tabela 4. Conforme constatado, a qualidade dos grãos foi superior até 103 dias de armazenamento naqueles submetidos à terra de diatomácea na dose de  $1.000 \text{ g.t}^{-1}$ , sendo que nas duas últimas avaliações (194 e 286 dias) os lotes de grãos de todos os manejos de pragas foram desclassificados. Na dose de  $500 \text{ g.t}^{-1}$ , os grãos foram desclassificados a partir de 103 dias de armazenamento.

**Tabela 4.** Classificação em Tipo de grãos de milho em relação ao manejo de pragas e tempo de armazenamento, conforme critérios da Instrução Normativa 60/2011 (BRASIL, 2011).

Manejo de Pragas	Tempo de armazenamento (dias)			
	0	103	194	286
<b>FOSFINA</b>	Tipo 3	Fora de Tipo	*	*
<b>TD500</b>	Fora de Tipo	*	*	*
<b>TD1000</b>	Tipo 2	Tipo 3	*	*

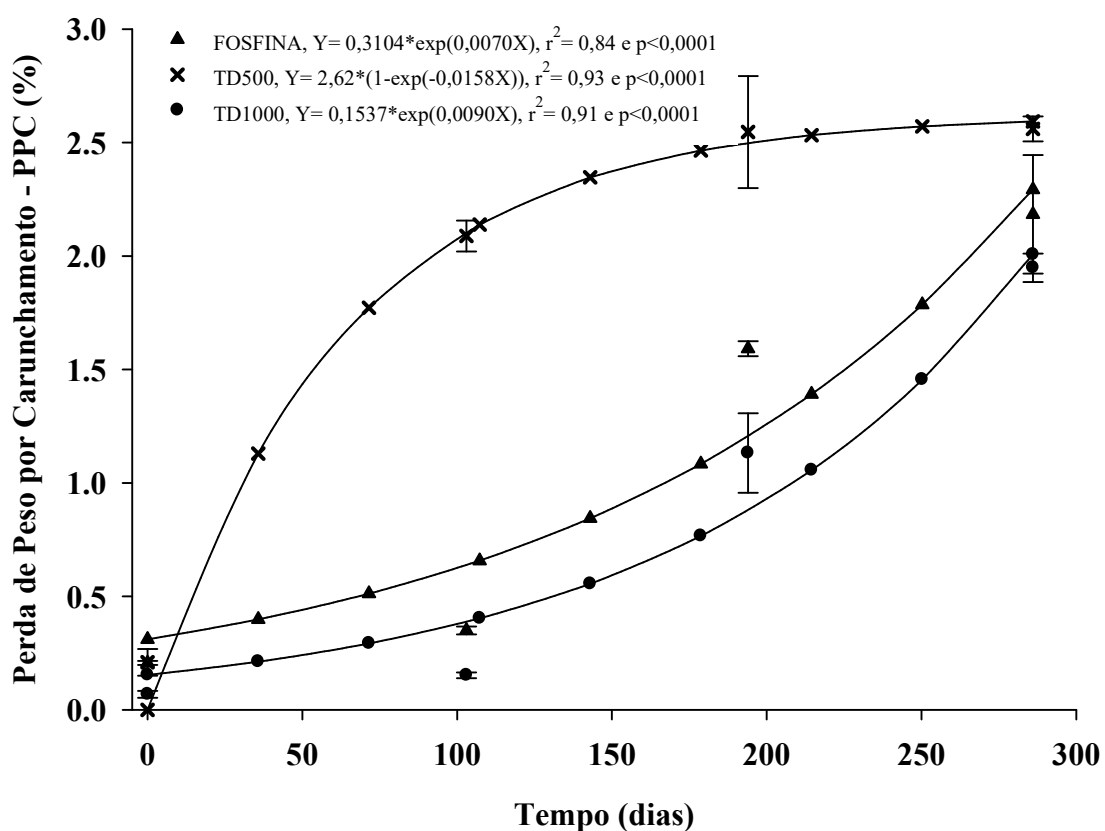
\*Produto desclassificado por apresentar percentual de carunchados acima do limite de tolerância previsto para o produto Fora de Tipo.

O enquadramento em tipo é importante para determinar o preço de venda do milho. Ou seja, quanto mais próximo ao Tipo 1, maior será o valor comercial da carga. Assim sendo, os grãos tratados com terra de diatomácea na dose de  $1.000 \text{ g.t}^{-1}$  apresentaram maior valor comercial que os demais.

Em relação à perda de peso por carunchamento (PPC), foi observado na análise de regressão comportamento de crescimento exponencial para todos os manejos (Figura 7), com coeficientes de determinação próximos a 0,90 (controle químico com fosfina: 0,84; terra de diatomácea  $500 \text{ g.t}^{-1}$ : 0,93; terra de diatomácea  $1.000 \text{ g.t}^{-1}$ : 0,91).

Foram registrados valores de PPC entre 0,07 e 2,52 % durante os 286 dias de armazenamento. Santos et al. (1986) realizaram levantamento em 260 propriedades com

armazenamento em paióis em Minas Gerais, Brasil, observaram reduções de peso da massa de grãos por danos de insetos de 3 %, 10 % e 15 % nos períodos que vão da colheita até agosto, novembro e março do ano seguinte, respectivamente, superiores às encontradas neste trabalho. Entretanto, os autores não consideraram a perda de peso ocasionada pela respiração dos grãos. Santos & Oliveira (1991) desenvolveram a equação  $Y = -0.82 + 0,284X$ , onde “Y” representa a porcentagem de perda de peso por insetos e “X” o percentual de grãos carunchados. De acordo com a equação, espera-se a perda de 0,284 % do peso de grãos a cada acréscimo de uma unidade do percentual de grãos carunchados.



**Figura 7.** Perda de Peso por Carunchamento (PPC) em grãos milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500  $\text{g.t}^{-1}$ ; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000  $\text{g.t}^{-1}$ ) durante o armazenamento em ambiente natural.

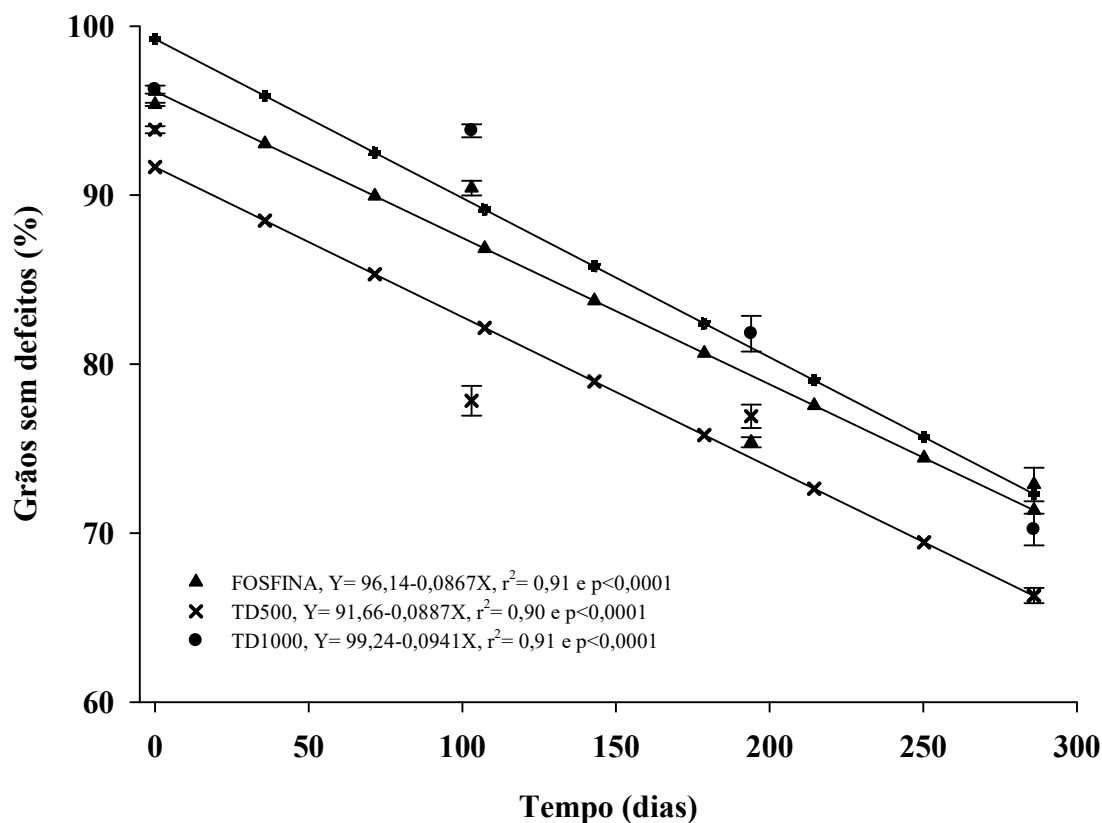
Utilizando a equação proposta por Santos & Oliveira (1991) e considerando os valores constantes na Figura 5 ao final dos 286 dias de armazenamento, obter-se-ia entre 4,2 e 5,5 %, praticamente o dobro do encontrado neste experimento. De acordo com a

Instrução Normativa 60/2011 (Brasil, 2011), incidindo sobre o grão de milho dois ou mais defeitos, prevalecerá o defeito mais grave obedecendo à seguinte escala decrescente de gravidade: mofado, ardido, fermentado, germinado, carunchado, chocho ou imaturo e gessado.

Foi observado na avaliação tecnológica que boa parte dos grãos de milho que apresentavam dano acentuado de carunchamento tinha também sinais de agentes fúngicos ou de fermentação. Sendo assim, eles não foram considerados como carunchados, tanto para o percentual como para cálculo da perda de peso em relação aos grãos íntegros, o que ocasionou, provavelmente, uma resposta menor que a observada por Santos & Oliveira (1991), já que essa separação não foi feita pelos autores, assim como também não consideraram a perda por respiração dos grãos.

Os grãos tratados com terra de diatomácea na dose de  $1.000 \text{ g.t}^{-1}$  apresentaram as menores perdas por insetos durante os 286 dias de armazenamento, seguidos dos submetidos à fosfina e, por último, à dose de  $500 \text{ g.t}^{-1}$  (Figura 7).

Por fim, na análise de regressão para os grãos sem defeitos ficou evidenciado comportamento linear para todos os manejos (Figura 8), com coeficientes de determinação próximos a 0,90 (controle químico com fosfina: 0,91; terra de diatomácea  $500 \text{ g.t}^{-1}$ : 0,90; terra de diatomácea  $1.000 \text{ g.t}^{-1}$ : 0,91).



**Figura 8.** Grãos sem defeitos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de  $500 \text{ g.t}^{-1}$ ; TD1000: terra de diatomácea na dose de  $1.000 \text{ g.t}^{-1}$ ) durante o armazenamento em ambiente natural.

Foi observado valores entre 66,21 e 96,24 % de grãos sem defeitos durante os 286 dias de armazenamento. Ferrari Filho (2011) verificou em grãos armazenados sem manejo a granel em temperatura ambiente durante 9 meses, valores que variaram de 83,23 a 90,78 % dos grãos sem defeitos, superiores ao observado ao final do armazenamento no presente estudo.

Conforme a Figura 8, constatou-se que houve maior percentual de grãos sem defeitos naqueles tratados com a dose de  $1.000 \text{ g.t}^{-1}$  de terra de diatomácea. Como essa variável é calculada através da subtração de 100 pela soma dos percentuais de grãos avariados, carunchados e quebrados, era esperado essa resposta, já que grãos tratados com essa dose apresentaram incidência de grãos avariados e carunchados mais baixas que os demais manejos.

Os resultados observados neste trabalho possuem relevância considerável, já que o experimento foi realizado em condições de ambiente natural e em escala real, se aproximando das condições enfrentadas por produtores e armazenadores de grãos no Estado do Rio Grande do Sul.

## Conclusões

- Grãos manejados com terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup> apresentaram melhor avaliação de Tipo e grãos sem defeitos durante o armazenamento em relação aos outros manejos, sendo que todos os lotes foram desclassificados após 194 dias;

- A dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup> de terra de diatomácea propiciou menor perda de peso por insetos que os demais manejos.

## Referências

- Antunes, L. E. G., Viebrantz, P. C., Gottardi, R., & Dionello, R. G. (2011). Características físico-químicas de grãos de milho atacados por *Sitophilus zeamais* durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 15(6), 615–620.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA/SDA/ACS). (2011). **Instrução Normativa 60/2011**. 6 pp.
- CAST. Council for Agricultural Science and Technology. (2003). **Mycotoxins: risk in plant and animal systems**. In Task Force Report 139; CAST: Ames, IA. 199pp.
- Einloft, T. C. (2016). **Biocontrole de *Aspergillus flavus* e *Fusarium verticillioides* por *Bacillus* spp. isolados de plantas de milho**. 147 pp. Tese de doutorado, UFRGS, Porto Alegre. 2016.
- EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (2011). **Cultura do milho: sistema de produção**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. Disponível em: <[http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho\\_7\\_ed/index.htm](http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_7_ed/index.htm)>. Acesso em: 18 dez. 2017.
- Ferrari Filho, E. (2011). **Métodos e temperaturas de secagem sobre a qualidade físico química e microbiológica de grãos de milho no armazenamento**. 95 pp. Dissertação de mestrado, UFRGS, Porto Alegre. 2011.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2017). **Levantamento sistemático da produção agrícola: prognóstico da produção agrícola nacional para 2018 (situação em outubro de 2017)**. Disponível em: <[https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/8/lspa\\_prog\\_2017\\_out\\_su\\_pl.pdf](https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/8/lspa_prog_2017_out_su_pl.pdf)>. Acesso em: 10 dez. 2017.
- Korunić, Z. Diatomaceous earths – natural insecticides. (2013). **Journal Pesticides and Phytomedicine**, 28(2), 77–95.

- Lazzari, F. A. (1997). **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações**. 2. ed. Curitiba: edição do autor. 134 p.
- Lima, A., Casa, R. T., Fiorentin, O. A., Scheidt, B. T., & Colto Junior, G. (2017). Levantamento de grãos avariados de milho na Região do Alto Vale do Itajaí, no Estado de Santa Catarina. *Summa Phytopathologica*, 43, 1-2.
- Lorini, I., Krzyzanowski, F. C., França-Neto, J. B., Henning, A. A., & Henning, F. A. (2015). **Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenadas**. Embrapa. 84 pp. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129311/1/Livro-pragas.pdf>>. Acesso em: 28 dez. 2017.
- Paes, M. C. D. (2006). **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Embrapa Milho e Sorgo, Circular Técnica, 75. 6 pp.
- Pitt, J. I., & Hocking, A. D. (2009). **Fungi and Food Spoilage**. 3rd Edition, Springer, USA. 519 pp.
- Puzzi, D. (2000). **Abastecimento e Armazenamento de Grãos**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. 666 pp.
- Rodrigues, S. I. F. C., Stringhini, J. H., Ceccantini, M., Penz Junior, A. M., Ribeiro, A. M. L., Peripolli, V., & McManus, C. M. (2015). Chemical and Energetic Content of Corn Before and After Pre-Cleaning. *Ciência Animal Brasileira*, 16(2), 158-168.
- Santos, J. P., Cajueiro, I. V. M., & Fontes, R. A. (1986). Avaliação de perdas causadas por insetos no milho armazenado ao nível de fazendo, em três Estados. In: PAIVA, E. (Ed.) **Relatório técnico anual do centro nacional de pesquisa de milho e sorgo**. CNMPM/EMBRAPA, Sete Lagoas, 65-66.
- Santos, J. P., & Oliveira, A. C. (1991). **Perdas de peso em grãos armazenados devido ao ataque de insetos**. Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS. 6 pp.
- Santos, J. P. (2006). **Controle de Pragas Durante o Armazenamento de Milho**. Circular Técnica 84. Embrapa. 20 p.
- Stresser, R. (2015). **Tratamentos preventivos e curativos no controle de insetos e pragas em silos e armazéns graneleiros**. Disponível em: <<http://www.tecnigran.com.br/index.php/faqs/artigos/item/139-tratamentos-preventivos-e-curativos-no-controle-de-insetos-e-pragas-em-silos-e-armazens-graneleiros>>. Acesso em: 19 mar. 2018.

- Sultan, Y.; & Magan, N. (2011). Impact of a *Streptomyces* (AS1) strain and its metabolites on control of *Aspergillus flavus* and aflatoxin B1 contamination in vitro and in stored peanuts. **Biocontrol Science and Technology**, Oxford, 21, 1437-1455.
- Tiecker Junior, A. (2013). **Avaliação da qualidade de grãos de milho e soja em armazenamento hermético e não hermético sob diferentes umidades de colheita**. 83 pp. Dissertação de mestrado, UFRGS, Porto Alegre. 2013.
- Valmorbida, R. (2016). **Fungos e micotoxinas em grãos de milho (*Zea mays* L.) e seus derivados produzidos no Estado de Rondônia, Região Norte do Brasil**. 151 pp. Dissertação de mestrado, UFSC, Florianópolis. 2016.
- Weber, E. A. (2005). **Excelência em Beneficiamento e Armazenamento de Grãos**. 3. ed. Canoas - RS: Salles.
- White, G. D., Berndt, W. L., Schesser, J. H., & Wilson, J. L. (1966). Evaluation of four inert dusts for the protection of stored wheat in Kansas from insect attack. **USDA/ARS Report**, 51-58.

## 5 ARTIGO 3

### **Incidência fúngica em grãos de milho (*Zea mays* L.) armazenados sob aplicação de fosfina e terra de diatomácea em ambiente natural<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Artigo formatado conforme as normas da Revista Acta Scientiarum. Agronomy.



**RESUMO.** O desenvolvimento de resistência de insetos a inseticidas químicos tem exigido o uso de alternativas de manejo de pragas no armazenamento, que necessitam de estudos para verificar sua viabilidade. Entretanto, esses trabalhos geralmente visam verificar a eficácia no controle de insetos-praga, não avaliando o crescimento fúngico. Este trabalho teve como objetivo comparar o efeito do uso de fosfina e de duas doses de inseticida natural à base de terra de diatomácea (500 e 1.000 g.t<sup>-1</sup>) sobre a incidência fúngica em grãos de milho armazenados em ambiente natural. Grãos de milho foram depositados em três silos de alvenaria com base circular com capacidade de armazenamento de 100 sacos cada. Foram estabelecidos três manejos de pragas: químico com fosfina (GASTOXIN<sup>®</sup> B57) e alternativo com terra de diatomácea (INSECTO<sup>®</sup>) nas doses de 500 e 1.000 g.t<sup>-1</sup>. As avaliações foram realizadas no início do experimento e 103, 194 e 286 dias após, verificando a incidência em grãos de milho de fungos dos gêneros *Fusarium*, *Aspergillus* e *Penicillium*, além do percentual de grãos sem crescimento fúngico. O uso de terra de diatomácea reduziu o percentual de grãos de milho sem crescimento fúngico e a incidência fúngica dos gêneros *Fusarium*, *Aspergillus* e *Penicillium* durante o armazenamento.

**Palavras-chave:** *Fusarium*; *Aspergillus*; *Penicillium*; crescimento fúngico.

## Introdução

O milho (*Zea mays* L.) é uma planta anual, herbácea, pertencente à classe das monocotiledôneas, família Poaceae (FEPAGRO, 1998). A produção mundial dos grãos de milho representa mais de 30% do total de grãos produzidos, sendo de destacada importância na alimentação humana e animal, produção de combustível etanol, além de ser utilizado para fabricação dos mais diversos produtos, como medicamentos e colas (Reunião Técnica Anual do Milho, 2013; Pastore et al. 2014).

A fim de reduzir o uso de produtos químicos, o potencial de exposição humana e a velocidade do desenvolvimento de resistência de pragas a inseticidas, métodos alternativos de controle de pragas em grãos armazenados vêm sendo enfatizados, uma vez que a disponibilidade de inseticidas registrados para controle de pragas de grãos e sementes armazenadas é limitada, o que dificulta a alternância de ingredientes ativos (Lorini et al., 2015). Entre eles, os produtos a base de terra de diatomácea têm obtido destaque, já que a aplicação dos mesmos é segura, não afeta a qualidade do uso final dos grãos, fornece proteção em longo prazo e tem custo comparável a outros métodos de proteção de grãos (Korunic et al., 1996; Korunić, 2013).

A contaminação dos grãos de milho por diferentes grupos fúngicos pode causar um impacto muito grande na cadeia de cultivo deste produto, resultando na queda da produtividade e qualidade dos grãos (Einloft, 2016). Segundo o autor, a importância desta contaminação ganha proporções ainda maiores quando os grupos fúngicos que atacam os grãos são potencialmente produtores de micotoxinas. Os principais gêneros produtores de micotoxinas em produtos agrícolas, principalmente em grãos de milho, são *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium* (CAST, 2003).

Diversos trabalhos têm sido realizados visando avaliar a eficiência do uso de métodos de controle (químicos e alternativos) em insetos-praga de diversas culturas, realizados principalmente em laboratório. Escassos são os dados da influência desses tratamentos na incidência de fungos no armazenamento de grãos em ambiente natural.

Sendo assim, este trabalho teve como objetivo comparar o efeito do uso de gás fosfina e de duas doses de inseticida natural à base de terra de diatomácea (500 e 1.000 g.t<sup>-1</sup>) sobre a incidência fúngica em grãos de milho armazenados em silos de alvenaria em ambiente natural.

## **Material e Métodos**

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Agronômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Eldorado do Sul/RS (30°05'52" S, 51°39'08" W e altitude média de 46m), no período de 21 de agosto de 2015 a 2 de junho de 2016.

Grãos de milho (*Zea mays* L.) da cultivar híbrida Morgan Power Core 30A77PW, cultivados na Estação Experimental Agronômica da UFRGS durante a safra agrícola 2014/2015, foram utilizados para a realização do experimento. Os grãos colhidos foram submetidos ao processo de pré-limpeza e secagem com ar natural até atingirem teor de água de aproximadamente 13 %.

Os grãos foram depositados em três silos de alvenaria com base circular com capacidade de armazenamento individual de 100 sacos, subdivididos em duas partes iguais para comportar as repetições, situados sob galpão com telhado e sem paredes laterais. Previamente à instalação do experimento, os silos foram limpos com vassoura, para redução da poeira, resíduos de grãos e de possíveis focos de infestação de insetos.

Após a colocação dos grãos nos silos, obteve-se aproximadamente 1,7 metros de altura da camada de grãos. Para eliminar os insetos presentes, os três silos foram

vedados e os grãos expurgados com fosfina (GASTOXIN<sup>®</sup> B57), permanecendo o ambiente hermético por sete dias.

Os grãos foram estocados nos silos por 286 dias, sendo cada massa de grãos de milho submetida ao uso de diferentes inseticidas:

- Expurgo com fosfina (GASTOXIN<sup>®</sup> B57) na dose de 2 g.m<sup>-3</sup> de i.a. (recomendação do fabricante) aos 194 dias após o início do experimento, quando os danos ocasionados por insetos foram superiores a 7 % dos grãos (Stresser, 2015). O silo foi vedado com lona (200 micras) e fitas específicas para fumigação, e o tempo de exposição foi de sete dias. Os teores de água dos grãos submetidos a esse manejo foram de 13,2 e 13,4 % no início e final do armazenamento, respectivamente;

- Aplicação de inseticida natural à base de terra de diatomácea nas doses de 500 e 1.000 g.t<sup>-1</sup>, sendo a última recomendada pelo fabricante da marca comercial INSECTO<sup>®</sup>. Foi realizado o envelopamento da massa de grãos (aplicação do produto em camadas com espessura de 30 cm na base e no topo da massa, conforme recomendação do fabricante) no início do experimento. Os teores de água dos grãos submetidos a esses manejos no início e final do armazenamento foram de, respectivamente, 13,0 e 12,3 % (dose de 500 g.t<sup>-1</sup>) e 12,8 e 12,7 % (dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>).

Com base em procedimentos constantes na Instrução Normativa nº 60, de 22 de dezembro de 2011 (Brasil 2011), foram coletadas cinco amostras de cada silo (uma no centro e quatro distribuídas uniformemente em uma circunferência, distantes 30 cm da parede do silo, sendo juntadas e homogeneizadas após) no início do experimento e 103, 194 e 286 dias após, com auxílio de calador graneleiro de 2 metros de comprimento, de dois estágios, percorrendo toda a altura da camada de grãos.

O material coletado de cada repetição foi submetido à análise microbiológica, onde foram registradas as incidências de fungos dos gêneros *Aspergillus*, *Fusarium* e *Penicillium*, além do percentual de grãos sem crescimento fúngico, pelo método de sanidade do papel filtro (Blotter Test), recomendado para análise de sementes pelo Ministério da Agricultura (Brasil, 2009).

Foram coletados 200 grãos de cada repetição (400 para cada manejo), divididos em oito subamostras de 25 grãos, colocadas em gerbox plástico, previamente limpo com álcool etílico 70%, sobre três folhas de papel filtro umedecidas com água destilada, procedimento realizado em câmara de fluxo laminar. Os grãos foram desinfestados previamente com solução de hipoclorito de sódio a 1% por 3 minutos.

Os recipientes com as sementes foram dispostos sob lâmpadas de luz fluorescente branca, em câmaras com fotoperíodo de 12 horas. Para reduzir o processo de germinação das sementes, as mesmas foram mantidas em câmara incubadora pelo período inicial de 24 horas sob temperatura de  $20 \pm 2$  °C e, em seguida, em congelador (-20 °C) por 24 horas, e finalmente retornadas à incubadora, por mais 7 dias.

Os grãos foram examinados individualmente com auxílio de um estereomicroscópio a resolução de 30-80X, para observação da ocorrência de frutificações típicas do crescimento de fungos. A identificação dos fungos foi realizada somente a nível de gênero.

O experimento foi conduzido conforme o delineamento experimental inteiramente casualizado, num esquema fatorial 3x4 (manejo de pragas x tempo de armazenamento) com duas repetições.

Os dados foram submetidos à análise de variância – ANOVA - ( $p \leq 0,05$ ) e, quando obtida diferença significativa, o fator qualitativo foi avaliado pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para comparação de médias, e o quantitativo pela análise de regressão. O modelo matemático foi escolhido com base no valor do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e na significância dos parâmetros submetidos ao teste “t” ( $p < 0,05$ ), além do valor “p” do modelo ( $p < 0,05$ ) e do ajuste biológico.

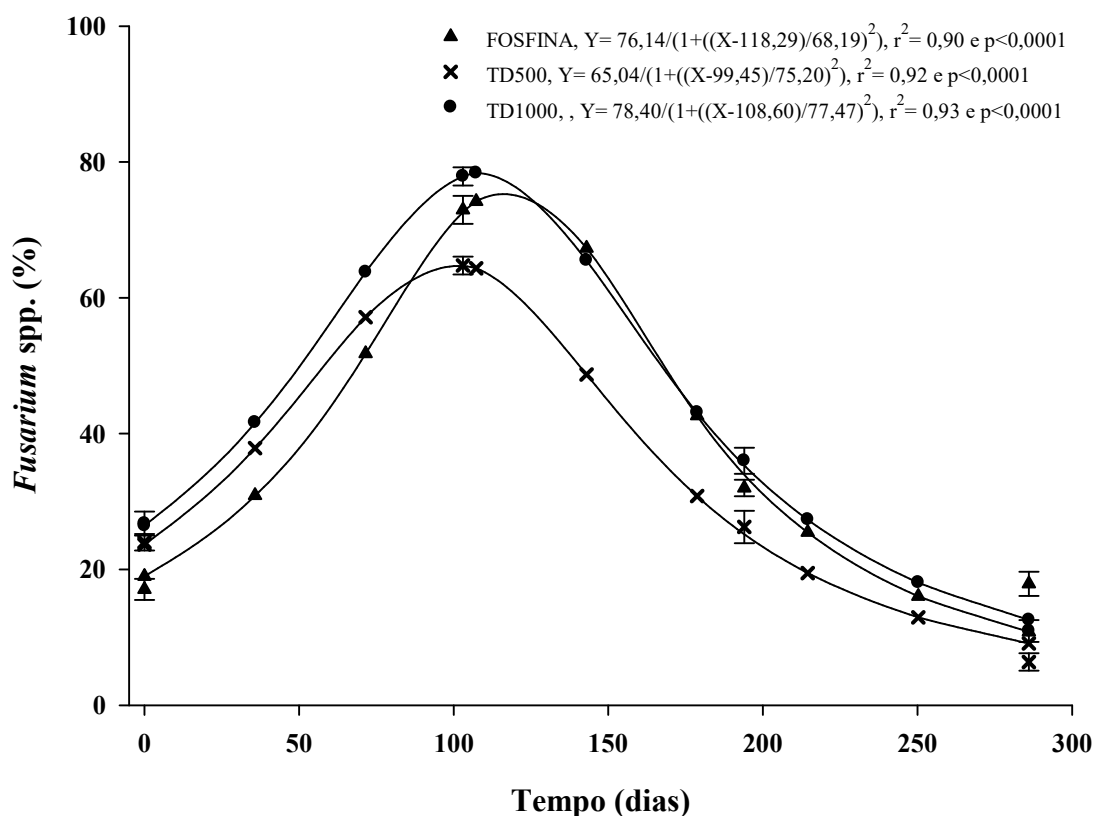
## Resultados e Discussão

Para todas as variáveis (*Fusarium* spp., *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp. e grãos sem crescimento fúngico) foi registrada interação entre os fatores Manejo e Tempo, conforme o teste F ( $p < 0,05$ ) (Tabela 1).

**Tabela 1.** Resumo da Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F ( $p < 0,05$ ) dos dados referentes às análises de incidência de fungos em relação ao manejo de pragas (fosfina e terra de diatomácea nas doses de 500 e 1.000 g.t<sup>-1</sup>) e tempo de armazenamento.

Fonte de Variação	Resposta (valor p)			
	<i>Fusarium</i> spp. (%)	<i>Aspergillus</i> spp. (%)	<i>Penicillium</i> spp. (%)	Grãos sem crescimento fúngico (%)
Manejo (M)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Tempo (T)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
MxT	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Média	34,40	14,58	57,13	19,14
CV (%)	19,30	28,05	12,19	37,95

Na análise de regressão, foi observada resposta significativa ao modelo de Lorentzian para a incidência de *Fusarium* spp. nos três manejos (Figura 1). Foram registrados coeficientes de determinação ( $r^2$ ) igual ou superiores a 0,90 em todos os manejos (controle químico com fosfina: 0,90; terra de diatomácea 500 g.t<sup>-1</sup>: 0,92; terra de diatomácea 1.000 g.t<sup>-1</sup>: 0,93).



**Figura 1.** *Fusarium* spp. em grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural.

Foi observada menor incidência fúngica de *Fusarium* spp. a partir de 90 dias de armazenamento em grãos submetidos aos três manejos, principalmente para dose de 500 g.t<sup>-1</sup> de terra de diatomácea. Os fatores ambientais que mais interferem na sobrevivência e proliferação fúngica são a atividade de água e temperatura ambiente (Pitt & Hocking, 2009; Sultan & Magan, 2011). Segundo os autores, a atividade de água basicamente consiste na quantidade de água disponível em um substrato, não utilizada nas reações e livre para o uso pelos microrganismos. Como a terra de diatomácea é um pó higroscópico (Korunić, 2013), é provável que tenha ocorrido diminuição da água disponível para o crescimento fúngico.

O teor de água dos grãos também pode ter influenciado, tendo em vista que os grãos tratados com terra de diatomácea apresentaram menores teores que aqueles submetidos à fosfina. Isso desfavorece a infestação fúngica e de insetos, que abrem galerias e danificam os grãos, tornando-se propícios à entrada de microrganismos, e os fungos são dispersos por esporos que estão presentes nos insetos que consomem grãos (Wetzel, 1987; Santos, 2006).

A incidência de *Fusarium* spp. variou entre 6,38 e 77,88 % durante o armazenamento, ocorrendo aumento do percentual até 104 dias após o início do experimento, e posterior queda em todos os manejos (Figura 1 e Tabela 2).

**Tabela 2.** *Fusarium* spp. (%) em grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural.

Sistema	Tempo de armazenamento (dias)			
	0	103	194	286
<b>FOSFINA</b>	17,06 b	72,94 a	32,00 ab	17,88 a
<b>TD500</b>	24,00 a	64,75 b	26,25 b	6,38 b
<b>TD1000</b>	26,75 a	77,88 a	36,00 a	10,94 b
<b>CV (%)</b>	27,01	8,96	24,23	53,63

Letras minúsculas distintas nas colunas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

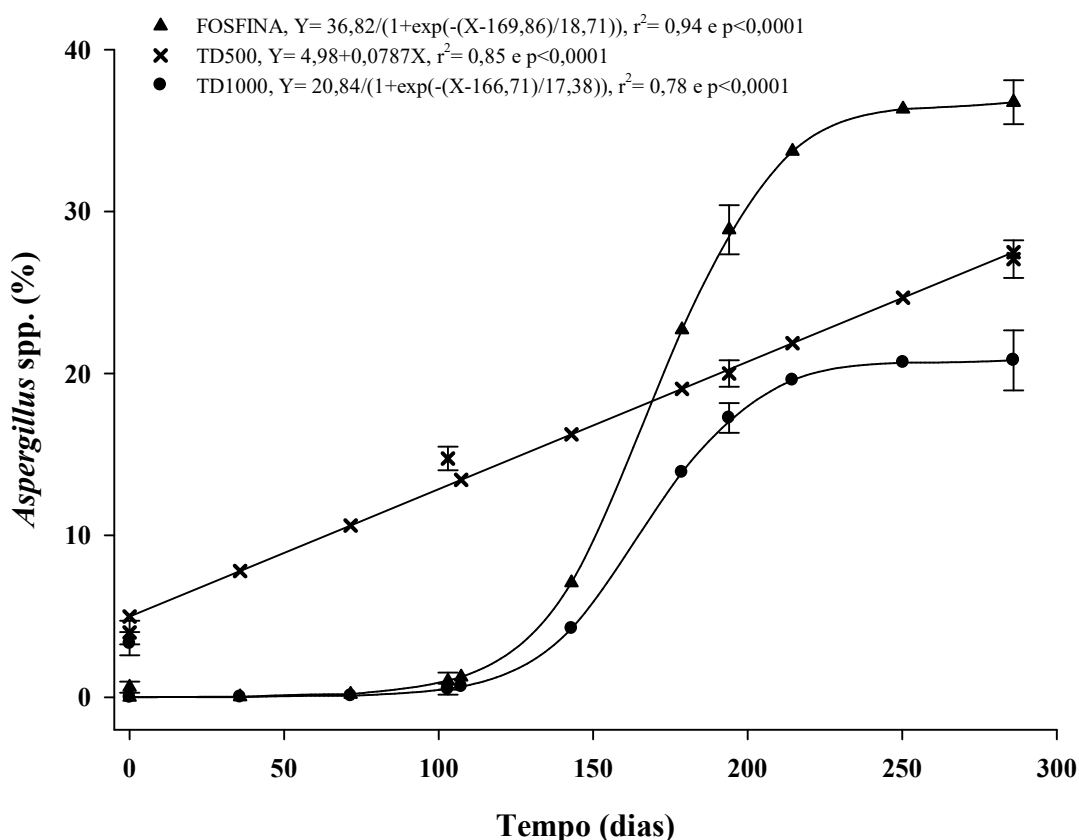
Viebrantz et al. (2016) verificaram a ocorrência de padrão semelhante para grãos de milho infestados com *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum* armazenados por 50 dias de forma não-hermética, onde ocorreu aumento da incidência de *Fusarium* spp. até os primeiros 30 dias e queda após, com percentuais variando de 0 a 25. Entretanto, Tiecker (2013), em experimento conduzido com grãos de milho armazenados em embalagens herméticas e não-herméticas, observou incidências de *Fusarium* spp. superiores a 95% durante oito meses de armazenamento em condições ambientes, em ambos os manejos, não ocorrendo variação ao longo do tempo.

Ferrari Filho (2011), para grãos de milho secos com ar natural e sem nenhum manejo, registrou aumento da ocorrência de *Fusarium* spp. durante nove meses de armazenamento, passando de valores iniciais de 48 % para 87 % ao final, diferente do observado neste estudo.

Os fungos do gênero *Fusarium* estão entre os mais importantes na cultura do milho, causando diversas doenças, podendo levar a reduções na produtividade e

qualidade de grãos (Munkvold, 2003). São considerados fungos de campo, que invadem os grãos e sementes durante o amadurecimento, em que as condições de temperatura e umidade são mais elevadas, favoráveis para seu desenvolvimento (Bento et al., 2012). Entretanto, atualmente é conhecido que espécies do gênero *Fusarium* podem prevalecer após a colheita, durante o transporte e prosperar durante o armazenamento, principalmente quando este é realizado de maneira incorreta (Marin et al., 2004; Chulze, 2010).

A incidência de *Aspergillus* spp. se ajustou ao modelo sigmoidal para os manejos com fosfina e terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>, e ao linear para a dose de 500 g.t<sup>-1</sup> (Figura 2), sendo os coeficientes de determinação (r<sup>2</sup>) encontrados de 0,94, 0,85 e 0,78 para o controle químico com fosfina, dose de terra de diatomácea de 500 e 1.000 g.t<sup>-1</sup>, respectivamente.



**Figura 2.** *Aspergillus* spp. em grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural.

O percentual de grãos contaminados com *Aspergillus* spp. oscilou entre 0,50 e 36,75 durante os 286 dias de armazenamento (Figura 2 e Tabela 3).

**Tabela 3.** *Aspergillus* spp. (%) em grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural.

Sistema	Tempo de armazenamento (dias)			
	0	103	194	286
<b>FOSFINA</b>	0,63 b	1,00 b	28,88 a	36,75 a
<b>TD500</b>	4,00 a	14,75 a	20,00 b	27,06 b
<b>TD1000</b>	3,31 a	0,50 b	17,25 b	20,81 c
<b>CV (%)</b>	94,14	41,10	20,43	21,10

Letras minúsculas distintas nas colunas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Ferrari Filho (2011) observou, em grãos de milho secos com ar natural e sem nenhum manejo, o aumento da ocorrência de *Aspergillus* spp. após três meses, diminuição após seis meses e estabilização até nove meses de armazenamento, com incidências que variaram de 17 a 30 %, padrão parecido ao registrado no presente estudo.

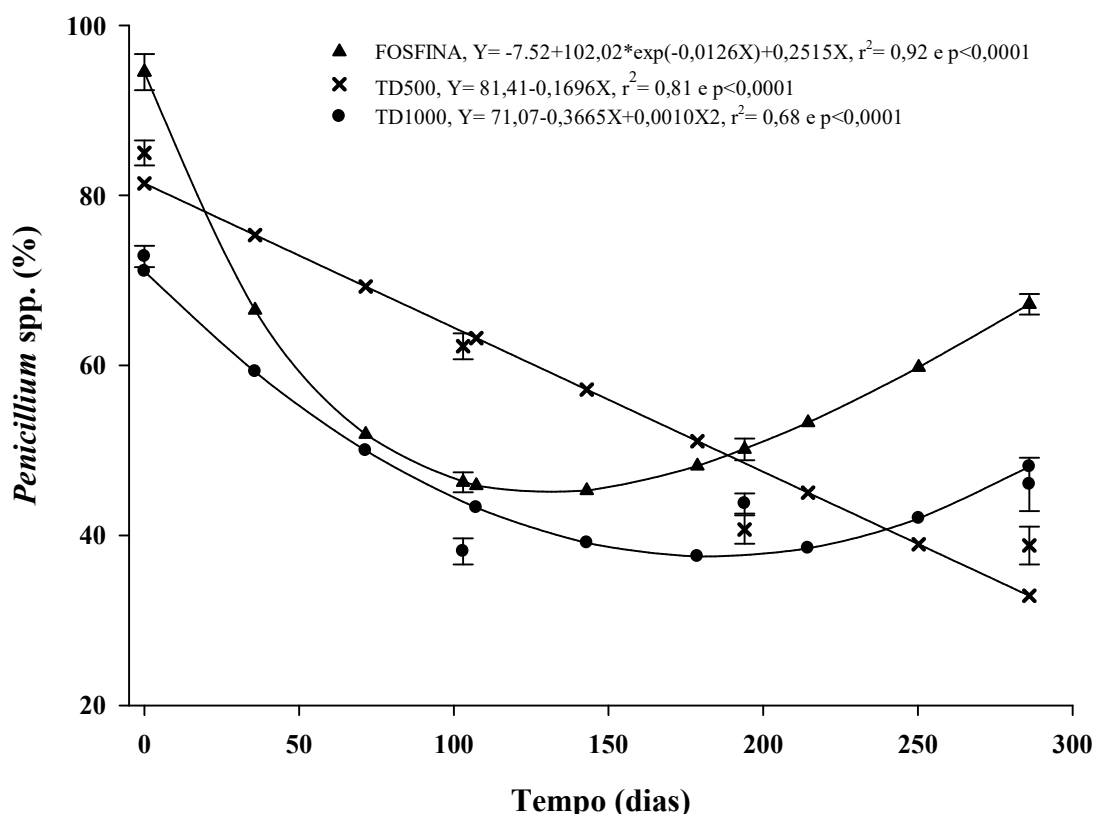
Viebrantz et al. (2016) verificaram o aumento da ocorrência de *Aspergillus* spp. para grãos de milho infestados com *S. zeamais* e *T. castaneum* armazenados por 50 dias de forma não-hermética, variando de 0 (inicial) a 36,5 % (final), similar ao encontrado neste experimento em grãos tratados com gás fosfina, só que num período maior (286 dias). Tiecker (2013), em experimento conduzido com grãos de milho armazenados em embalagens não-herméticas, registrou incidências de *Aspergillus* spp. superiores ao aqui relatado (mais de 95%) durante oito meses de armazenamento em condições ambientais, ocorrendo aumento ao longo do tempo.

Segundo Meronuck (1987), espécies do gênero *Aspergillus* são consideradas iniciadoras da deterioração das sementes e grãos. Durante o armazenamento, fungos dos gêneros *Aspergillus* e *Penicillium*, conhecidos como fungos de armazenamento, progressivamente substituem os fungos de campo (Marini et al., 2007). De acordo com Santin (2005), esses fungos necessitam de menores teores de umidade (entre 13 a 18%) que os do gênero *Fusarium* (20 a 21%). Como o teor de água nos grãos durante o armazenamento foi próximo aos 13 %, houve condição para crescimento desses fungos.



Foi observado que grãos tratados com terra de diatomácea apresentaram menor incidência de fungos do gênero *Aspergillus* durante os 286 dias de armazenamento que aqueles submetidos à fosfina, com destaque para a dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>. As causas prováveis são as mesmas relatadas para o gênero *Fusarium*, tais como diminuição da água disponível por ação da terra de diatomácea, que é higroscópica, e menor teor de água dos grãos, que acarreta em menor ocorrência de insetos, dispersadores naturais de fungos (Wetzel, 1987; Santos, 2006).

Conforme análise de regressão, a incidência de *Penicillium* spp. se ajustou ao modelo exponencial para os grãos tratados com fosfina ( $r^2=0,92$ ) e ao modelo linear para a dose de 500 g.t<sup>-1</sup> de terra de diatomácea ( $r^2=0,81$ ) (Figura 3). Já o manejo com dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup> se enquadrou ao modelo quadrático ( $r^2=0,68$ ).



**Figura 3.** *Penicillium* spp. em grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural.

A ocorrência de *Penicillium* spp. em grãos de milho variou entre 38,13 e 94,50 % durante o armazenamento, com menor incidência no final do armazenamento em relação ao início do experimento (Figura 3 e Tabela 4).

**Tabela 4.** *Penicillium* spp. (%) em grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural.

Sistema	Tempo de armazenamento (dias)			
	0	103	194	286
<b>FOSFINA</b>	94,50 a	46,25 b	50,13 a	67,19 a
<b>TD500</b>	85,00 b	62,25 a	40,69 b	38,81 b
<b>TD1000</b>	72,81 c	38,13 c	43,75 b	46,00 b
<b>CV (%)</b>	7,88	11,61	12,39	18,39

Letras minúsculas distintas nas colunas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

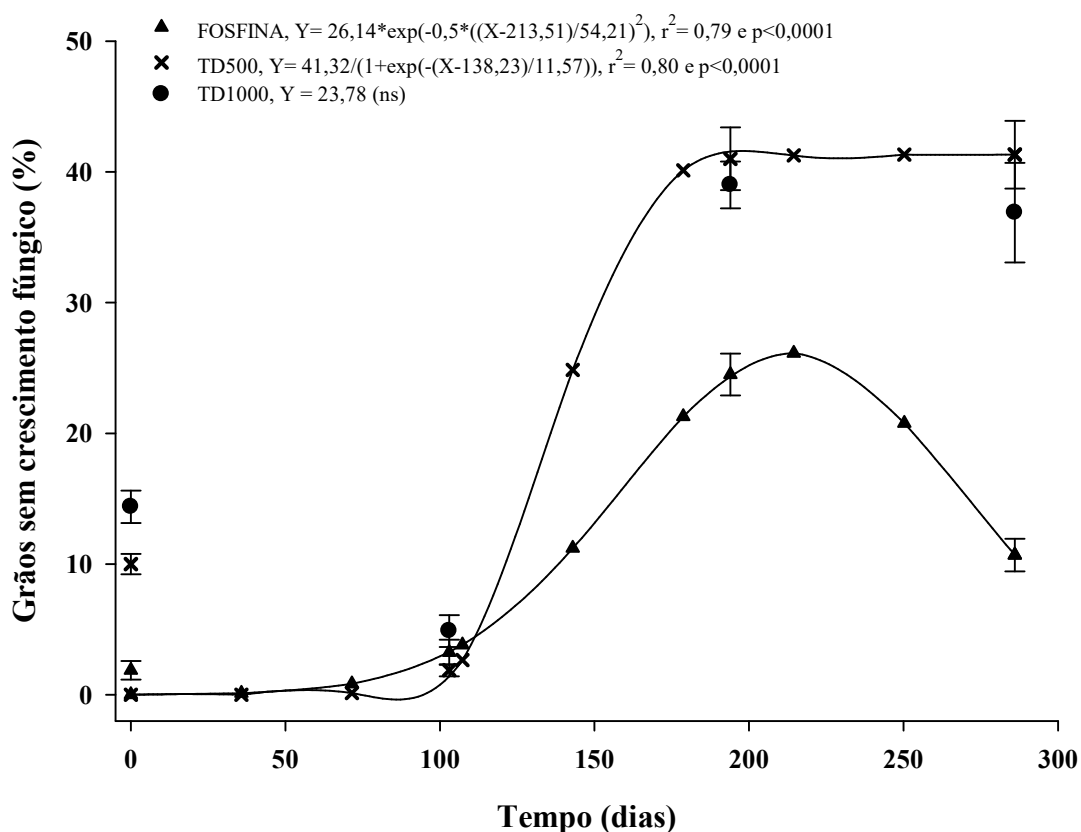
Ferrari Filho (2011), para grãos de milho secos com ar natural e sem nenhum manejo, registrou diminuição da incidência de *Penicillium* spp. durante nove meses de armazenamento, passando de valores iniciais de 97 % para 69 % ao final, resultados similares aos observados para o manejo com fosfina neste trabalho. Entretanto, Tiecker (2013), em experimento conduzido com grãos de milho armazenados com umidade de 13 % em embalagens não-herméticas, observou aumento da incidência de *Penicillium* spp. ao longo de oito meses de armazenamento, diferente do observado neste artigo, partindo de infestação inicial de 50 % e atingindo mais de 90% durante oito meses de armazenamento em ambiente natural.

Grãos submetidos à terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup> apresentaram menor incidência de fungos do gênero *Penicillium* durante o armazenamento em relação aos demais manejos. Novamente, assim como para os gêneros *Fusarium* e *Aspergillus*, a diminuição da água disponível e menor teor de água dos grãos, com consequente diminuição na presença de insetos, dispersadores naturais de fungos (Wetzel, 1987; Santos, 2006), podem ter influenciado nos resultados obtidos.

Conforme Meronuck (1987), espécies de *Aspergillus* podem crescer com menor teor de água, seguindo-se após pelo crescimento de *Penicillium* spp., com umidade mais elevada, inclusive, desenvolvida pela atividade metabólica dos primeiros invasores. O teor de água dos grãos durante o armazenamento foi próximo a 13 %, sendo mais benéfico para o desenvolvimento de *Aspergillus* spp. em detrimento de fungos do gênero *Penicillium*. Entretanto, a partir dos 104 dias de armazenamento ocorreu incremento na incidência de *Aspergillus* spp. (Figura 2), o que pode ter contribuído para o aumento observado de *Penicillium* spp. a partir desse período (Figura 3).

Os fungos do gênero *Penicillium* são considerados de armazenamento, contaminando os grãos após a colheita, apresentando a capacidade de viver associados a grãos com teores de água mais baixos e temperaturas mais elevadas (Santos, 2006). A principal característica observada nas espigas de milho infectadas por *Penicillium* spp. é a coloração verde-azulada entre os grãos e o sabugo (Ramos, 2008).

Em relação ao percentual de grãos sem crescimento fúngico, foi registrado na análise de regressão resposta significativa ao modelo de Gauss para aqueles tratados com fosfina ( $r^2= 0,79$ ) e ao modelo sigmoidal para a dose de 500 g.t<sup>-1</sup> de terra de diatomácea ( $r^2= 0,80$ ), não ocorrendo ajuste a nenhum modelo para a dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup> (Figura 4).



**Figura 4.** Grãos milho sem crescimento fúngico submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural.

O percentual de grãos sem crescimento fúngico oscilou entre 1,88 e 41,31 durante os 286 dias de armazenamento (Figura 4 e Tabela 5). Escassos são os trabalhos realizados onde grãos sem infestação fúngica foram contabilizados.

**Tabela 5.** Grãos de milho sem crescimento fúngico (%) submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural.

Sistema	Tempo de armazenamento (dias)			
	0	103	194	286
<b>FOSFINA</b>	1,88 c	3,25 ns	24,50 b	10,69 b
<b>TD500</b>	10,00 b	1,88	41,00 a	41,31 a
<b>TD1000</b>	14,38 a	4,88	39,00 a	36,88 a
<b>CV (%)</b>	43,02	112,29	22,50	37,20

Letras minúsculas distintas nas colunas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). ns = não houve diferença estatística.

Foi verificado aumento da quantidade de grãos sem crescimento fúngico ao longo do armazenamento, indicando que diversos fungos acabaram perdendo a viabilidade durante os 286 dias. O mesmo foi observado por Tanaka et al. (2001) que, avaliando oito lotes de grãos de milho armazenados por doze meses, relataram que a sobrevivência de fungos de campo foi diminuindo com o avançar do tempo de armazenamento.

Os lotes tratados com terra de diatomácea nas duas doses apresentaram, a partir de 104 dias de armazenamento, maior quantidade de grãos sem crescimento fúngico que aqueles tratados com fosfina. A diminuição da água disponível proporcionada pela presença da terra de diatomácea, associada ao menor teor de água dos grãos, com conseqüente diminuição na presença de insetos, dispersadores naturais de fungos (Wetzel, 1987; Santos, 2006), podem ter determinado o comportamento observado neste experimento.

O presente estudo, por ter sido realizado em condições de ambiente natural e em silos em escala real, é de extrema valia, já que se aproxima mais da realidade dos produtores e armazenadores de grãos do Estado do Rio Grande do Sul. Sendo assim, os resultados tendem a estarem mais próximos do que ocorre nas unidades armazenadoras do que experimentos executados em laboratório, com condições ambientais controladas

## Conclusões

- O uso de terra de diatomácea reduziu a incidência fúngica em grãos de milho durante o armazenamento em relação ao manejo com fosfina, sendo a dose de 500 g.t<sup>-1</sup>

de terra de diatomácea mais eficiente no controle do gênero *Fusarium* e a de 1.000 g.t<sup>-1</sup> para *Aspergillus* e *Penicillium*;

- O percentual de grãos que não apresentaram crescimento fúngico foi maior naqueles submetidos à terra de diatomácea do que nos expostos à fosfina, tendo as duas doses efeito semelhante no controle do desenvolvimento fúngico.

## Referências

- Bento, L. F., Caneppele, M. A. B., Albuquerque, M. C. F. E., Kobayashi, L., Caneppele, C., & Andrade, P. J. (2012). Ocorrência de fungos e aflatoxinas em grãos de milho. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, 71, 44-49.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2009). **Manual de Análise Sanitária de Sementes/Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Secretaria de Defesa Agropecuária. – Brasília: MAPA/ACS. 200 pp.
- CAST. Council for Agricultural Science and Technology. (2003). **Mycotoxins: risk in plant and animal systems. In Task Force Report 139**. CAST: Ames, IA. 199pp.
- Chulze, S. N. (2010). Strategies to reduce mycotoxin levels in maize during storage: a review. **Food Additives and Contaminants**, 7, 651-657.
- Einloft, T. C. (2016). **Biocontrole de *Aspergillus flavus* e *Fusarium verticillioides* por *Bacillus* spp. isolados de plantas de milho**. 147pp. Tese de doutorado, UFRGS, Porto Alegre. 2016.
- FEPAGRO. (1998). **Recomendações técnicas para a cultura do milho no Rio Grande do Sul. Programa multinstitucional de difusão de tecnologia em milho**. Porto Alegre, 194 pp.
- Ferrari Filho, E. (2011). **Métodos e temperaturas de secagem sobre a qualidade físico química e microbiológica de grãos de milho no armazenamento**. 95p. Dissertação de mestrado, UFRGS, Porto Alegre. 2011.
- Korunic, Z., Fields, P. G., Kovacs, M. I. P., Noll, J. S., Lukow, O. M., Demianyk, C. J., & Shibley, K. J. (1996). The effect of diatomaceous earth on grain quality. **Postharvest Biology and Technology**, 9(3), 373-387.
- Korunić, Z. (2013). Diatomaceous earths – natural insecticides. **Pestic. Phytomed.**, 28(2), 77–95.

- Lazzari, F. A. (1997). **Umidade, fungos e micotoxinas na qualidade de sementes, grãos e rações**. Curitiba: Edição do autor. 134 p.
- Lorini, I., Krzyzanowski, F. C., França-Neto, J. B., Henning, A. A., & Henning, F. A. (2015). **Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenadas**. Embrapa. 84 pp. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129311/1/Livro-pragas.pdf>>. Acesso em: 02 jan. 2018.
- Marin, S., Magan, N., Ramos, A. J., & Sanchis, V. (2004). Fumonisin producing strains of *Fusarium*: a review of their ecophysiology. **Journal of Food Protection**, 67, 1792-1805.
- Marini, L. J., Gutkoski, L. C., Elias, M. C., & Santin, J. A. (2007). Qualidade de grãos de aveia sob secagem intermitente em altas temperaturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, 37(5), 1268-1273.
- Meronuck, R. A. (1987). The significance of fungi in cereal grains. **Plant Disease**, 71, 287-291.
- Munkvold, G. P. (2003). Epidemiology of *Fusarium* diseases and their mycotoxins in maize ears. **European Journal of Plant Pathology**, 109, 705-713.
- Pastore, S. M., Oliveira, W. P., & Brumano, G. (2014). Mercado de milho, farelo de soja e ovos no Brasil de 2010 a 2013. **Revista Eletrônica Nutritime**, 11(1), 2982-3006.
- Pitt, J. I., & Hocking, A. D. (2009). **Fungi and Food Spoilage**. 3rd Edition, Springer, USA. 519 pp.
- Ramos, A. T. M. (2008). **Levantamento da microflora de grãos ardidos de milho e avaliação da resistência genética a *Fusarium verticillioides***. 70 pp. Tese de doutorado – USP, Piracicaba. 2008.
- Reunião Técnica Anual do Milho. (2013). **Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul – Safras 2013/2014 2014/2015**. Embrapa Clima Temperado, 48. 123 pp. Disponível em: <<http://www.cpact.embrapa.br/publicacoes/livros/livro-indicacoes-milho-sorgo.pdf>>. Acesso em 03 jan. 2018.
- Santin, E. (2005) Mould growth and mycotoxin production. In: DIAZ, D. (Ed). **The micotoxin blue book**. Nottingham: [S.n.], 93-137.
- Santos, J. P. (2006). **Controle de Pragas Durante o Armazenamento de Milho**. Circular Técnica 84. Embrapa. 20 pp.

- Stresser, R. (2015). **Tratamentos preventivos e curativos no controle de insetos e pragas em silos e armazéns graneleiros**. Disponível em: <<http://www.tecnigran.com.br/index.php/faqs/artigos/item/139-tratamentos-preventivos-e-curativos-no-controle-de-insetos-e-pragas-em-silos-e-armazens-graneleiros>>. Acesso em: 19 mar. 2018.
- Sultan, Y., & Magan, N. (2011). Impact of a *Streptomyces* (AS1) strain and its metabolites on control of *Aspergillus flavus* and aflatoxin B1 contamination in vitro and in stored peanuts. **Biocontrol Science and Technology**, Oxford, 21, 1437-1455.
- Tanaka, M. A. S., Maeda, J. A., & Plazas, I. H. A. Z. (2001). Microflora fúngica de sementes de milho em ambientes de armazenamento. **Scientia Agricola**, 58(3), 501-508.
- Tiecker Junior, A. (2013). **Avaliação da qualidade de grãos de milho e soja em armazenamento hermético e não hermético sob diferentes umidades de colheita**. 83 pp. Dissertação de mestrado, UFRGS, Porto Alegre. 2013.
- Viebrantz, P., Radunz, L. L., & Dionello, R. G. (2016). Mortality of insects and quality of maize grains in hermetic and non-hermetic storage. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, 20(5), 487-492.
- Wetzel, M. M. V. S. (1987). Fungos de Armazenamento. In: SOAVE, J., WETZEL, M. M. Vh. S. (ed.). **Patologia de sementes**. Campinas: Fundação Cargill. 562-568.

## 6 ARTIGO 4

### **Caracterização química de grãos de milho (*Zea mays* L.) armazenados sob manejo com fosfina e terra de diatomácea em ambiente natural<sup>1</sup>**

---

<sup>1</sup> Artigo formatado conforme as normas da revista Journal of Stored Products.



## RESUMO

Diferentes métodos de controle são utilizados para minimizar as perdas ocasionadas por pragas no armazenamento de grãos de milho (*Zea mays* L.), com destaque para a fumigação com fosfina, mais utilizado, e a terra de diatomácea, que vem sendo importante como alternativa à necessidade de menor emprego de inseticidas químicos. Entretanto, são escassos os conhecimentos sobre o efeito desses manejos nas características químicas dos grãos. Assim sendo, este trabalho teve como objetivo comparar o efeito do uso de gás fosfina e de duas doses de inseticida natural à base de terra de diatomácea (500 e 1.000 g.t<sup>-1</sup>), sobre características químicas de grãos de milho armazenados em condições de ambiente natural. Grãos de milho foram depositados em três silos de alvenaria com base circular com capacidade de armazenamento de 100 sacos cada. Foram estabelecidos três manejos de pragas: químico com fosfina (GASTOXIN<sup>®</sup> B57) e alternativo com terra de diatomácea (INSECTO<sup>®</sup>) nas doses de 500 e 1.000 g.t<sup>-1</sup>. As avaliações foram realizadas no início do experimento e 103, 194 e 286 dias após, verificando o teor de proteína bruta, extrato etéreo, acidez do extrato etéreo, cinzas e carboidratos. Grãos tratados com terra de diatomácea, em ambas as doses, apresentaram menores teores de extrato etéreo e maiores de acidez do extrato etéreo durante o armazenamento em relação à fosfina, indicando que a qualidade do produto é menor nesses manejos.

**Palavras-chave:** inseticida; proteína bruta; extrato etéreo; acidez do extrato etéreo; cinzas; carboidratos.

### 1. Introdução

O controle de pragas em grãos armazenados depende praticamente de inseticidas químicos líquidos (tratamento preventivo) e fumigantes (expurgo), que são preferidos pela facilidade e simplicidade de uso (Lorini et al., 2015). De acordo com os autores, métodos alternativos de controle estão sendo enfatizados, a fim de reduzir o uso de produtos químicos, diminuir o potencial de exposição humana e reduzir a velocidade e o desenvolvimento de resistência de pragas a inseticidas, já que é baixa a disponibilidade de inseticidas registrados para controle de pragas de grãos e sementes armazenadas, o que limita a alternância de ingredientes ativos. Dentre eles, os inseticidas naturais à base de terra de diatomáceas, provenientes de fósseis de algas diatomáceas que possuem fina

camada de sílica, constituem uma alternativa para controlar as pragas durante o armazenamento, através do tratamento preventivo. Esses produtos aderem ao corpo do inseto e danificam a camada de cera protetora da cutícula por adsorção e, em menor grau, por abrasão, resultando em morte por perda de água (Korunić, 2013).

As pragas afetam tanto os aspectos quantitativos como qualitativos dos produtos armazenados, sendo que os danos quantitativos se caracterizam pela perda de peso provocada pelas galerias abertas nos grãos para alimentação (Anderson et al., 1990; Faroni, 1992; Canepelle et al., 2003). Já os qualitativos podem ser atribuídos à diminuição do valor nutritivo dos grãos atacados, desvalorização do produto, diminuição do grau de higiene pela presença de insetos vivos ou mortos, excrementos e ovos, perda da qualidade de panificação das farinhas e redução do poder germinativo no caso de sementes (Canepelle et al., 2003).

Reduções nos conteúdos de carboidratos, proteínas, lipídeos e vitaminas durante o armazenamento resultam em perda de material orgânico, redução da massa específica, diminuição da matéria seca e perda do valor comercial e nutritivo dos grãos (Elias, 2000; Fleurat-Lessard, 2002).

Atualmente, diversos trabalhos têm sido realizados para verificar a eficácia da aplicação de terra de diatomácea no controle de insetos em grãos armazenados. Entretanto, são escassos os conhecimentos sobre o efeito do armazenamento com gás terra de diatomácea e gás fosfina em ambiente natural nas características qualitativas de grãos de milho.

Portanto, este trabalho teve como objetivo comparar o efeito do uso de gás fosfina e de duas doses de inseticida natural à base de terra de diatomácea (500 e 1.000 g.t<sup>-1</sup>), sobre características químicas de grãos de milho armazenados em silos de alvenaria, em condições de ambiente natural.

## **2. Materiais e Métodos**

### *2.1. Local e período de execução*

O experimento foi conduzido na Estação Experimental Agrônômica da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, em Eldorado do Sul/RS (30°05'52" S, 51°39'08" W e altitude média de 46m), no período de 21 de agosto de 2015 a 2 de junho de 2016.

## 2.2. *Material vegetal*

Grãos de milho (*Zea mays* L.) da cultivar híbrida Morgan Power Core 30A77PW, cultivados na Estação Experimental Agronômica da UFRGS durante a safra agrícola 2014/2015, foram utilizados para a realização do experimento. Os grãos colhidos foram submetidos ao processo de pré-limpeza e secagem com ar natural até atingirem teor de água de aproximadamente 13 %.

## 2.3. *Tratamentos*

Os grãos foram depositados em três silos de alvenaria com base circular com capacidade de armazenamento individual de 100 sacos, subdivididos em duas partes iguais para comportar as repetições, situados sob galpão com telhado e sem paredes laterais. Previamente à instalação do experimento, os silos foram limpos com vassoura, para redução da poeira, resíduos de grãos e de possíveis focos de infestação de insetos.

Após a colocação dos grãos nos silos, obteve-se aproximadamente 1,7 metros de altura da camada de grãos. Para eliminar os insetos presentes, os três silos foram vedados e os grãos expurgados com fosfina (GASTOXIN<sup>®</sup> B57), permanecendo o ambiente hermético por sete dias.

Os grãos foram estocados nos silos por 286 dias, sendo cada massa de grãos de milho submetida ao uso de diferentes inseticidas:

- Expurgo com fosfina (GASTOXIN<sup>®</sup> B57) na dose de 2 g.m<sup>-3</sup> de i.a. (recomendação do fabricante) aos 194 dias após o início do experimento, quando os danos ocasionados por insetos foram superiores a 7 % dos grãos (Stresser, 2015). O silo foi vedado com lona (200 micras) e fitas específicas para fumigação, e o tempo de exposição foi de sete dias. Os teores de água dos grãos submetidos a esse manejo foram de 13,2 e 13,4 % no início e final do armazenamento, respectivamente;

- Aplicação de inseticida natural à base de terra de diatomácea nas doses de 500 e 1.000 g.t<sup>-1</sup>, sendo a última recomendada pelo fabricante da marca comercial INSECTO<sup>®</sup>. Foi realizado o envelopamento da massa de grãos (aplicação do produto em camadas com espessura de 30 cm na base e no topo da massa, conforme recomendação do fabricante) no início do experimento. Os teores de água dos grãos

submetidos a esses manejos no início e final do armazenamento foram de, respectivamente, 13,0 e 12,3 % (dose de 500 g.t<sup>-1</sup>) e 12,8 e 12,7 % (dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>).

#### 2.4. Avaliações

Com base em procedimentos constantes na Instrução Normativa nº 60, de 22 de dezembro de 2011 (Brasil 2011), foram coletadas cinco amostras de cada silo (uma no centro e quatro distribuídas uniformemente em uma circunferência, distantes 30 cm da parede do silo, sendo juntadas e homogeneizadas após) no início do experimento e 103, 194 e 286 dias após, com auxílio de calador graneleiro de 2 metros de comprimento, de dois estágios, percorrendo toda a altura da camada de grãos.

O material coletado de cada repetição foi submetido às seguintes avaliações, em triplicata:

##### 2.4.1. Teor de proteína bruta

O teor de proteína bruta, expresso em percentual, foi obtido pelo método de *Kjeldahl*, descrito pela A.A.C.C. (2000).

##### 2.4.2. Teor de extrato etéreo

A extração e a determinação do teor de extrato etéreo ou gordura bruta, expresso em percentual, foi realizado conforme o método descrito pela A.O.C.S. (1996), utilizando o aparelho *Soxhlet*.

##### 2.4.3. Acidez do extrato etéreo

O teor de acidez do extrato etéreo, em ácido oleico, foi determinado com o método descrito pela A.O.C.S. (1996). Os resultados foram expressos em percentual de ácidos graxos livres, após conversão dos valores de titulação para percentual de ácido oleico (peso molecular de 282).

#### 2.4.4. *Teor de cinzas*

O teor de cinzas foi obtido pela incineração prévia e calcinação em mufla a 560-580 °C, até peso constante, conforme descrito pela A.O.A.C. (1997).

#### 2.4.5. *Teor de carboidratos*

O cálculo do teor de carboidratos (percentual) foi realizado pela subtração de 100 do somatório dos teores determinados para proteína bruta, extrato etéreo e cinzas.

#### 2.5. *Delineamento experimental e análises estatísticas*

O experimento foi conduzido conforme o delineamento experimental inteiramente casualizado, num esquema fatorial 3x4 (manejo de pragas x tempo de armazenamento) com duas repetições.

Os dados foram submetidos à análise de variância – ANOVA - ( $p \leq 0,05$ ) e, quando obtida diferença significativa, o fator qualitativo foi avaliado pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) para comparação de médias, e o quantitativo pela análise de regressão. O modelo matemático foi escolhido com base no valor do coeficiente de determinação ( $r^2$ ) e na significância dos parâmetros submetidos ao teste “t” ( $p < 0,05$ ), além do valor “p” do modelo ( $p < 0,05$ ) e do ajuste biológico.

### **3. Resultados**

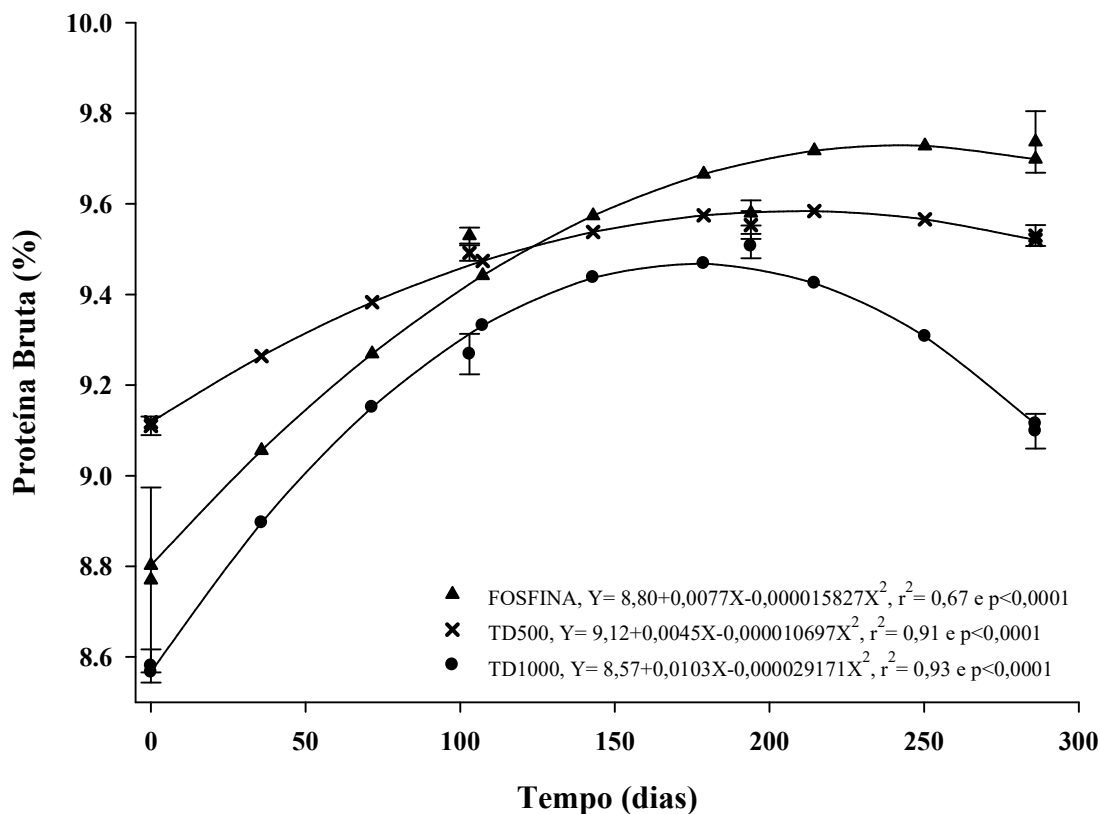
Para as todas as variáveis (proteína bruta, extrato etéreo, acidez do extrato etéreo, cinzas e carboidratos) foi registrada interação entre os fatores Manejo e Tempo, conforme o teste F ( $p < 0,05$ ) (Tabela 1).

**Tabela 1**

Resumo da Análise de Variância (ANOVA) pelo teste F ( $p < 0,05$ ) dos dados referentes às análises de proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), acidez do extrato etéreo (AEE), cinzas (CI) e carboidratos (CA) de grãos de milho em relação ao manejo de pragas (fosfina e terra de diatomácea nas doses de 500 e 1.000  $\text{g.t}^{-1}$ ) e ao longo do tempo de armazenamento.

Fonte de Variação	Resposta (valor p)				
	PB (%)	EE (%)	AEE (%)	CI (%)	CA (%)
<b>Manejo (M)</b>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
<b>Tempo (T)</b>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
<b>MxT</b>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
<b>Média</b>	9,31	3,52	2,06	1,42	85,70
<b>CV (%)</b>	1,80	2,75	10,49	1,99	0,22

Na análise de regressão, ocorreu ajuste ao modelo quadrático nos três manejos, sendo observados coeficientes de determinação ( $r^2$ ) superiores a 0,90 no controle com terra de diatomácea nas doses de 500  $\text{g.t}^{-1}$  (0,91) e 1.000  $\text{g.t}^{-1}$  (0,93), à exceção dos grãos submetidos ao gás fosfina, onde foi registrado coeficiente de 0,67 (Fig. 1).



**Fig. 1.** Proteína Bruta de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de  $500 \text{ g.t}^{-1}$ ; TD1000: terra de diatomácea na dose de  $1.000 \text{ g.t}^{-1}$ ) durante o armazenamento em ambiente natural.

O teor de proteína variou de 8,58 a 9,74% durante o período de armazenagem, e os grãos de milho tratados com terra de diatomácea na dose de  $1.000 \text{ g.t}^{-1}$  apresentaram os menores valores durante o armazenamento (Fig. 1 e Tabela 2).

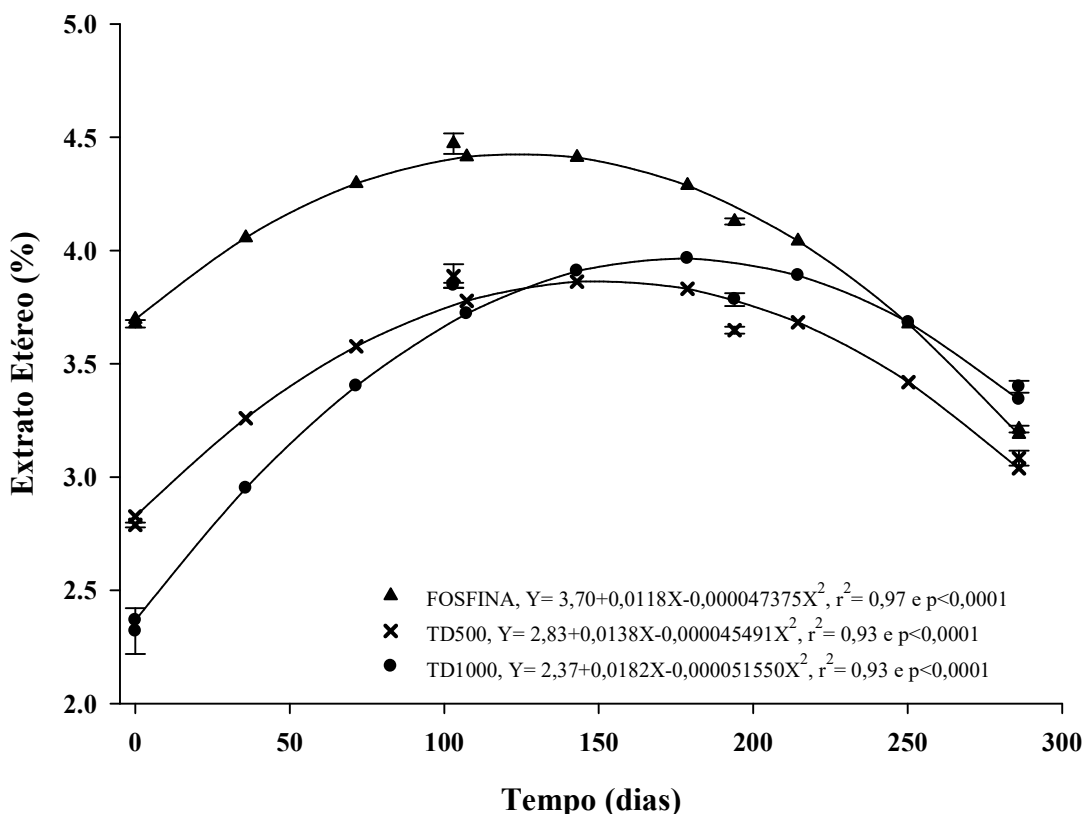
## Tabela 2

Proteína Bruta (%) de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de  $500 \text{ g.t}^{-1}$ ; TD1000: terra de diatomácea na dose de  $1.000 \text{ g.t}^{-1}$ ) durante o armazenamento em ambiente natural.

Sistema	Tempo de armazenamento (dias)			
	0	103	194	286
FOSFINA	8,77 ab	9,53 a	9,58 ns	9,74 a
TD500	9,11 a	9,49 a	9,55	9,53 b
TD1000	8,58 b	9,27 b	9,51	9,10 c
CV (%)	3,34	0,77	0,73	1,22

Letras minúsculas distintas nas colunas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ). ns = não houve diferença estatística.

O teor de extrato etéreo dos grãos de milho se ajustou significativamente ao modelo quadrático nos três manejos, conforme análise de regressão (Fig. 2). Os coeficientes de determinação ( $r^2$ ) foram superiores a 0,90 em todos os manejos (controle químico com fosfina: 0,97; terra de diatomácea 500 g.t<sup>-1</sup>: 0,93; terra de diatomácea 1.000 g.t<sup>-1</sup>: 0,93).



**Fig. 2.** Extrato etéreo de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural.

Durante o período de realização do experimento, os valores de extrato etéreo oscilaram de 2,32 a 4,47 %. Os grãos expostos ao gás fosfina apresentaram maiores teores de gordura nos primeiros 194 dias de armazenamento, e foram superados na última avaliação (286 dias) pelos submetidos à terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup> (Fig. 2 e Tabela 3).



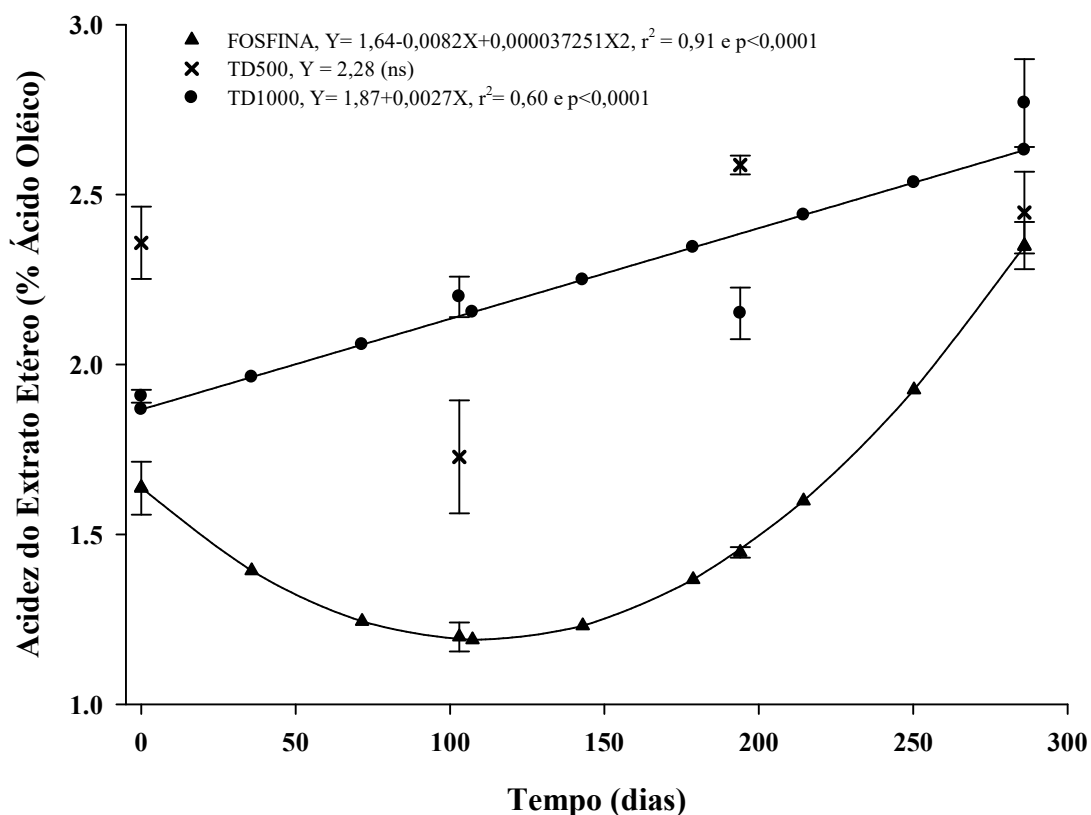
**Tabela 3**

Extrato Etéreo (%) de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural.

Sistema	Tempo de armazenamento (dias)			
	0	103	194	286
<b>FOSFINA</b>	3,68 a	4,47 a	4,13 a	3,21 b
<b>TD500</b>	2,79 b	3,89 b	3,65 c	3,08 c
<b>TD1000</b>	2,32 c	3,85 b	3,78 b	3,40 a
<b>CV (%)</b>	4,98	2,44	1,27	1,95

Letras minúsculas distintas nas colunas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

De acordo com a análise de regressão realizada para a acidez do extrato etéreo, o manejo com fosfina se ajustou significativamente ao modelo quadrático, e o com terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup> ao modelo linear, não ocorrendo ajuste a nenhum modelo para a dose de 500 g.t<sup>-1</sup> (Fig. 3).



**Fig. 3.** Acidez do extrato etéreo de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural.

Foram observados coeficientes de determinação de 0,92 (controle com fosfina) e 0,62 (controle com terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>). A acidez do extrato etéreo dos grãos variou de 1,20 a 2,59 durante o período de armazenamento. Os grãos tratados com terra de diatomácea apresentaram, durante o armazenamento, maior acidez do extrato etéreo em relação aos submetidos à fosfina, sendo os maiores valores observados para os grãos tratados com terra de diatomácea (Fig. 3 e Tabela 4).

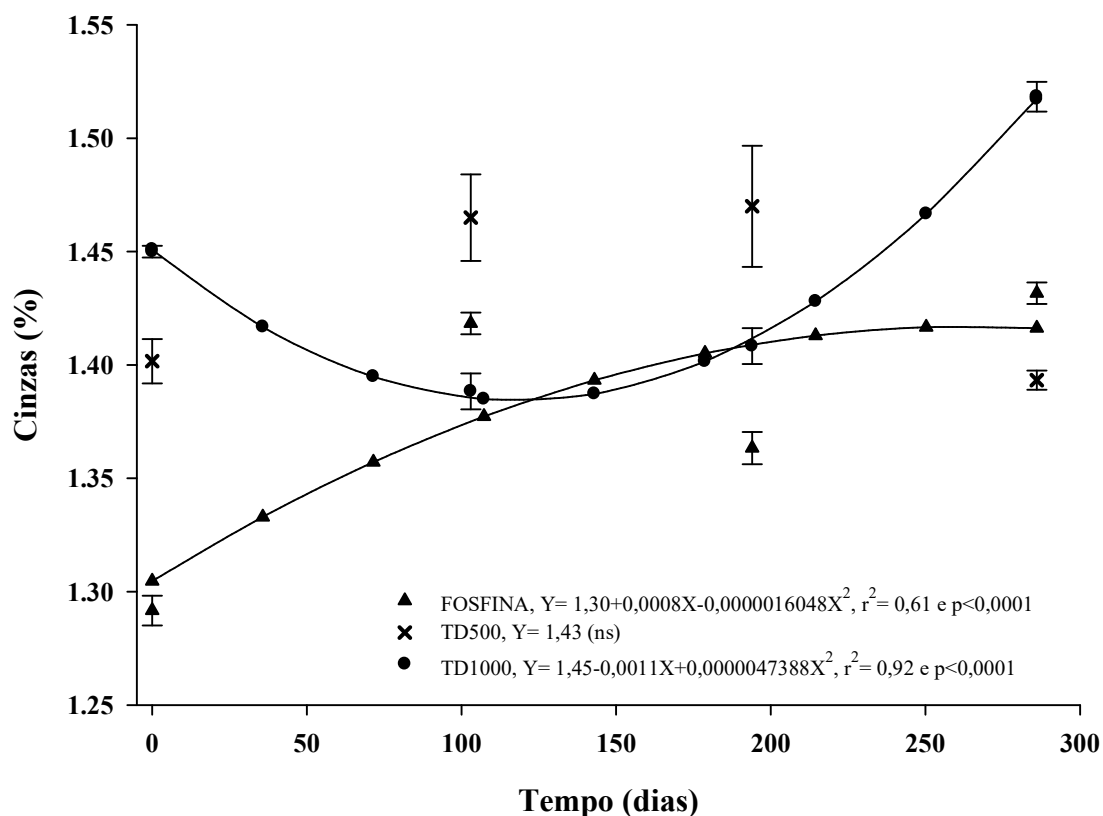
**Tabela 4**

Acidez do Extrato Etéreo (% Ácido Oléico) de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural.

Sistema	Tempo de armazenamento (dias)			
	0	103	194	286
<b>FOSFINA</b>	0,60 a	0,54 b	0,59 c	0,75 b
<b>TD500</b>	0,49 b	0,66 b	0,96 a	0,75 b
<b>TD1000</b>	0,46 b	0,84 a	0,82 b	0,99 a
<b>CV (%)</b>	11,58	12,05	7,66	8,50

Letras minúsculas distintas nas colunas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

O teor de cinzas dos grãos se ajustou ao modelo quadrático nos manejos com fosfina e terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>, não ocorrendo ajuste a nenhum modelo para a dose de 500 g.t<sup>-1</sup> (Fig. 4). Foram observados coeficientes de determinação ( $r^2$ ) de 0,61 e 0,92 para os manejos com fosfina e terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>, respectivamente.



**Fig. 4.** Cinzas de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de  $500 \text{ g.t}^{-1}$ ; TD1000: terra de diatomácea na dose de  $1.000 \text{ g.t}^{-1}$ ) durante o armazenamento em ambiente natural.

O teor de cinzas variou de 1,29 a 1,52 % durante 286 dias de armazenamento. Os maiores valores foram registrados nos manejos com terra de diatomácea, com destaque para a dose de  $1.000 \text{ g.t}^{-1}$ , que apresentou significativamente o maior teor ao final do armazenamento (Fig. 4 e Tabela 5).

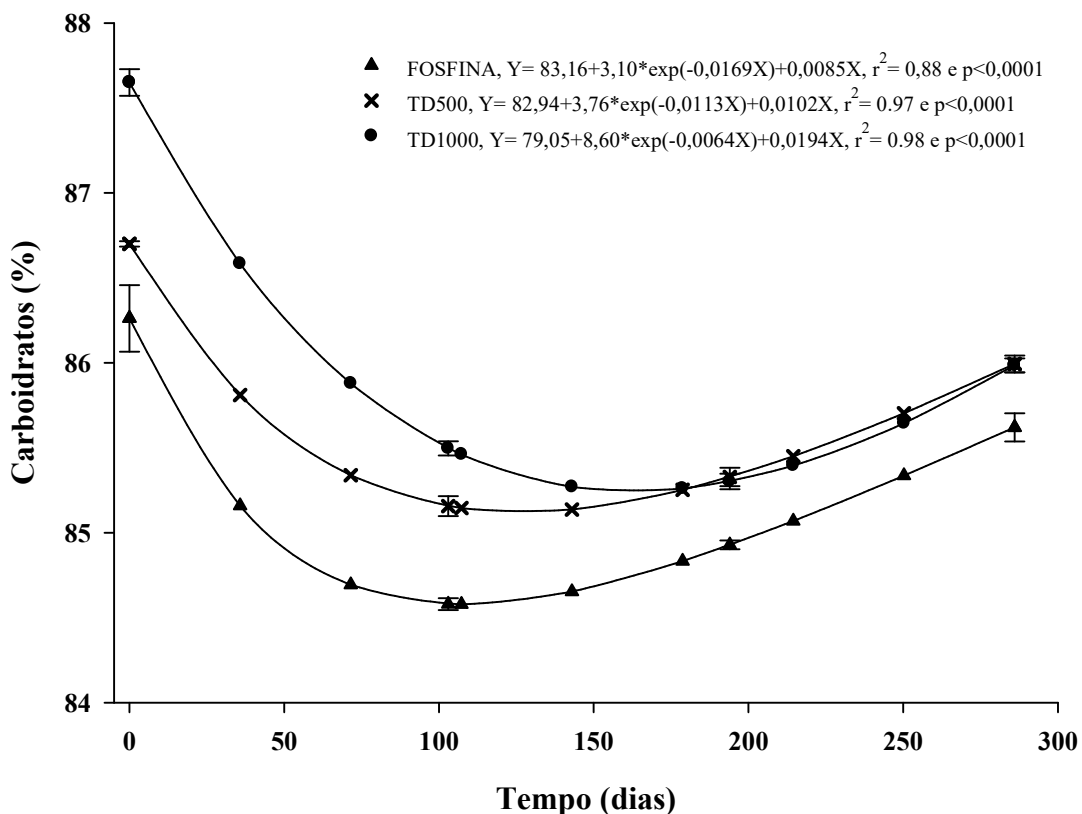
**Tabela 5**

Cinzas (%) de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de  $500 \text{ g.t}^{-1}$ ; TD1000: terra de diatomácea na dose de  $1.000 \text{ g.t}^{-1}$ ) durante o armazenamento em ambiente natural.

Sistema	Tempo de armazenamento (dias)			
	0	103	194	286
<b>FOSFINA</b>	1,29 c	1,42 b	1,36 b	1,43 b
<b>TD500</b>	1,40 b	1,47 a	1,47 a	1,39 c
<b>TD1000</b>	1,45 a	1,39 b	1,41 b	1,52 a
<b>CV (%)</b>	1,24	2,11	2,88	0,89

Letras minúsculas distintas nas colunas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

A análise de regressão do teor de carboidratos verificou resposta significativa ao modelo exponencial decrescente em todos os manejos (Fig. 5). Os coeficientes de determinação foram superiores a 0,90 nos manejos com terra de diatomácea nas doses de 500 e 1.000 g.t<sup>-1</sup> (0,97 e 0,98, respectivamente), e de 0,88 para o controle químico com fosfina. O teor de carboidratos oscilou de 85,30 a 87,65 % durante o armazenamento.



**Fig. 5.** Carboidratos de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural.

Os maiores valores foram registrados nos manejos com terra de diatomácea, sendo observados valores significativamente inferiores nos grãos tratados com fosfina em todos os tempos de armazenamentos avaliados (Fig. 5 e Tabela 6).

**Tabela 6**

Carboidratos (%) de grãos de milho submetidos a três manejos de pragas (FOSFINA: gás fosfina; TD500: terra de diatomácea na dose de 500 g.t<sup>-1</sup>; TD1000: terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup>) durante o armazenamento em ambiente natural.

Sistema	Tempo de armazenamento (dias)			
	0	103	194	286
<b>FOSFINA</b>	86,26 b	84,58 c	84,93 b	85,62 b
<b>TD500</b>	86,70 b	85,16 b	85,33 a	85,99 a
<b>TD1000</b>	87,65 a	85,50 a	85,30 a	85,99 a
<b>CV (%)</b>	0,34	0,13	0,13	0,17

Letras minúsculas distintas nas colunas indicam diferença estatística pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

#### 4. Discussão

De acordo com a análise de regressão (Fig. 1), os modelos quadráticos ajustados para todos os manejos indicam queda no teor de proteína dos grãos a partir dos 200 dias de armazenamento, aproximadamente. A perda no teor de proteínas, nesse caso, indica proteólise e a formação de compostos mais simples como aminoácidos (Elias, 2000; Dionello et al., 2000). O teor de proteína foi menor significativamente em grãos tratados com terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup> (Fig. 1 e Tabela 2), o que decorre, possivelmente, à menor incidência de fungos e insetos em relação aos outros manejos.

No experimento foi constatado que o conteúdo de proteína bruta em grãos de milho foi maior ao final do armazenamento em relação ao início. Este aumento foi devido, provavelmente, à formação de proteína fúngica, a qual não foi separada, sendo quantificada juntamente com a proteína bruta do grão. Assim, o conteúdo determinado representou a soma total da proteína do grão mais a da proteína fúngica (Bhattacharya & Raha, 2002; Gutkoski et al., 2009). Ainda segundo os mesmos autores, a proteína bruta serve como fonte preliminar de carbono e nitrogênio para o crescimento e o metabolismo dos fungos. Outra hipótese levantada por Antunes et al. (2011) é que a proteína dos insetos pode ser acrescida à proteína dos grãos nas análises, pela impossibilidade de retirar totalmente os insetos no interior dos grãos.

Quanto ao teor de extrato etéreo, foi constatado na análise de regressão, em todos os manejos, aumento no segundo período de avaliação (103 dias) e diminuição a partir do terceiro (194 dias) (Fig. 2). Os incrementos observados foram de 0,79 pontos percentuais em grãos tratados com fosfina e de 1,10 e 1,53 naqueles tratados com terra

de diatomácea nas doses de 500 e 1.000 g.t<sup>-1</sup>, respectivamente. Tiecker Junior et al. (2014) relataram padrão semelhante ao encontrado neste experimento, ocorrendo incremento no teor de gordura de, no máximo, 1,5 pontos percentuais até o sexto mês de armazenamento de grãos com umidade inicial de 13%.

Hou & Chang (2004), ao analisarem a composição química dos grãos de soja armazenados em diferentes condições ambientais, verificaram aumento do teor de lipídios quando os grãos foram armazenados a 30 °C e 84% de umidade relativa do ar, sendo este aumento de 17,18 para 19,90% após seis meses, atingindo 20,36% após 9 meses. Entretanto, os motivos para esse incremento não foram citados. De acordo com List & Mounts (1993), a principal hipótese para este aumento seria que fosfolipídios são destruídos durante o armazenamento destes grãos, e este aumento pode ser resultado desta destruição, formando compostos que podem tornar-se extraíveis em éter de petróleo, e que não eram inicialmente.

Conforme observado na análise de regressão e no teste de Tukey, os grãos expostos à terra de diatomácea apresentaram menores teores de gordura até o período de 194 dias de armazenamento do que aqueles submetidos ao gás fosfina, à exceção do último período de avaliação (286 dias), em que o extrato etéreo de grãos tratados na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup> foi superior aos demais (Fig. 2 e Tabela 3).

Uma hipótese para esses menores valores é a de que, após a moagem dos grãos para análise nutricional, a terra de diatomácea entrou em contato com a gordura interna do grão, adsorvendo parte dela e a tornando indisponível para extração em éter de petróleo. Segundo Antunes et al. (2011), tal diminuição da gordura acarreta problemas para a fabricação de rações, pois a gordura é um dos constituintes mensurados na elaboração de dietas voltadas para o ganho de peso de animais de corte comerciais.

Entretanto, ao final do experimento, os grãos submetidos à terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup> apresentaram maiores teores de extrato etéreo, sugerindo que, apesar do possível efeito de adsorção de parte da gordura dos grãos, esse manejo é mais efetivo para manutenção do teor de gordura após 286 dias de armazenamento.

Segundo Rupollo et al. (2004), a perda de gordura que ocorre durante o armazenamento, como a observada no período de 286 dias após o início do experimento, pode ser devida a processos bioquímicos, como a respiração ou processos oxidativos, resultando na diminuição de gordura. Segundo Matioli & Almeida (1979), os insetos atacam primeiro o endosperma do grão de milho, mas consomem mais o

germe, podendo causar diminuição maior neste constituinte, visto que boa parte desse composto está no germe do grão.

Foi verificado aumento nos teores de acidez do extrato etéreo durante os 286 dias de armazenamento em todos os manejos, atingindo valores de até 2,59 %, sendo que os grãos tratados com gás fosfina apresentaram os menores valores de acidez durante o período (Fig. 3 e Tabela 4). Tiecker Junior et al. (2014) observaram aumento da acidez de milho armazenado em sistema não hermético em até oito meses de armazenamento, atingindo valores máximos de 0,36%.

Fagundes (2016), avaliando o teor de acidez durante 120 dias de armazenamento de quatro cultivares de milho (Dekalb 240, Dow 2B587HR, Pioneer 30R50 e Syngenta Status), observou valores de acidez que variaram de 1 a 3,5 pontos percentuais. Entretanto, o autor registrou comportamento diferente durante o armazenamento, já que verificou aumento do teor de acidez até os 60 dias de armazenamento e redução após esse período em todos os manejos.

A ocorrência de ácidos graxos livres, ou mesmo constituintes de triglicerídeos e fosfolipídios, predispõe à deterioração da matéria graxa por via hidrolítica oxidativa ou cetônica. As lipoxidases constituem o grupo de enzimas mais ativas no processo de oxidação de lipídeos, podendo ter origem nos próprios grãos ou serem produzidas por microrganismos, insetos associados e ácaros.

A redução do teor de gordura e o aumento do teor de ácidos graxos livres estão diretamente correlacionados com a velocidade e a intensidade do processo deteriorativo dos grãos. A avaliação desses índices constitui um eficiente parâmetro para o controle da conservabilidade durante o armazenamento (Salunkhe et al., 1985; Rupollo et al., 2004). Segundo Lima (2014), a variação da acidez dos grãos depende da velocidade em que estes são submetidos ao processo deteriorativo, sendo que este processo é dependente da presença de insetos, da umidade dos grãos e da temperatura do ambiente.

Foram registrados teores de cinzas entre 1,29 e 1,52 % durante o período de armazenamento (Tabela 5). De acordo com Bhattacharya & Raha (2002), a atividade metabólica dos grãos e dos microrganismos associados consome a matéria orgânica, metabolizando-a até CO<sub>2</sub>, água e outros produtos, com liberação de calor, podendo transformar estruturalmente a composição mineral sem alterar o seu conteúdo total. Desta forma, a determinação do teor de cinzas assume valores proporcionalmente maiores à medida que a matéria orgânica é consumida (Muir et al., 2000).

Grãos tratados quimicamente com fosfina tiveram os menores valores de cinzas durante o armazenamento, e aqueles tratados com terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup> apresentaram maior teor no fim do período. Esses resultados podem ser um indício de que a terra de diatomácea pode agregar sua matéria mineral à amostra analisada. Freo et al. (2014) relataram incremento do teor de cinzas em grãos de aveia ao longo do armazenamento pelo aumento da dosagem de terra de diatomácea (2 e 4 kg.t<sup>-1</sup>), composto que contém aproximadamente 93% de dióxido de sílica amorfa, e pela degradação da fração orgânica.

O teor de carboidratos variou durante o período de armazenamento de 84,58 a 87,65%, e houve redução até os primeiros 103 dias e aumento após (Fig. 5 e Tabela 6). Os resultados se assemelham aos observados por Tiecker Junior et al. (2014) em grãos de milho armazenados com 13% de umidade em sistema hermético e não hermético. Já Fagundes (2016), avaliando durante 120 dias de armazenamento de quatro cultivares de milho (Dekalb 240, Dow 2B587HR, Pioneer 30R50 e Syngenta Status), observou aumento dos carboidratos após 90 dias de armazenamento.

De acordo com a metodologia adotada, o teor de carboidratos é inversamente proporcional à soma de proteína bruta, gordura bruta e cinzas. Sendo assim, esse padrão pode ser relacionado, principalmente, ao comportamento do teor de extrato etéreo durante ao armazenamento, sendo observado aumento até a primeira avaliação (103 dias) e diminuição após.

Os grãos tratados com fosfina apresentaram menores teores de carboidratos em relação aos grãos submetidos à terra de diatomácea, que, entre as duas doses, foram semelhantes estatisticamente ao final do armazenamento.

A variação em incrementos aparentes da fração carboidratos reflete uma relação proporcional, em consequência do requerimento de constituintes, como gorduras e proteínas, no metabolismo intrínseco dos grãos, de microrganismos e pragas associados, além do fato de serem esses constituintes bastante suscetíveis a transformações químicas enzimáticas e não enzimáticas durante a estocagem (Tiecker Junior et al., 2014).

## 5. Conclusões

- O teor de proteína bruta foi menor nos grãos submetidos à terra de diatomácea na dose de 1.000 g.t<sup>-1</sup> em relação aos demais manejos;



- Grãos tratados com terra de diatomácea, em ambas as doses, apresentaram menores teores de extrato etéreo e maiores de acidez do extrato etéreo durante o armazenamento em relação à fosfina, indicando que a qualidade do produto é menor nesses manejos.

## Referências

- A.A.C.C. – American Association of Cereal Chemists. **Approved methods AACC**. 10th Ed. St. Paul: MN, 2000.
- A.O.A.C. – Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemistry**. 16th Ed. Arlington: Washington, v.2, 1997.
- A.O.C.S. – American Oil Chemists’ Society. **Official and tentative methods of American Oil Chemists’ Society**. New York: DC, 1996.
- Anderson, K.; Schurle, B.; Reed, C.; Pedersen, J. An economic analysis of producers decisions regarding insect control in stored grain. **North Central Journal of Agricultural Economics**, v.12, p.23-29, 1990.
- Antunes, L.E.G.; Viebrantz, P.C.; Gottardi, R. Dionello, R.G. Características físico-químicas de grãos de milho atacados por *Sitophilus zeamais* durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.6, p.615–620, 2011.
- Bhattacharya, K.; Raha, S. Deteriorative changes of maize, groundnut and soybean seeds by fungi in storage. **Mycopathologia**, v.155, n.3, p.135-141, 2002.
- Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA/SDA/ACS). **Instrução Normativa 60/2011**. Brasília, 2011. 6 p.
- Canepelle, M.A.B; Canepelle, C.; Lázari, F.A.; Lázari, S.M.N. Correlation between the infestation level of *Sitophilus zeamais* Motschulsky, 1855 (Coleoptera, Curculionidae) and the quality factors of stored corn, *Zea mays* L. (Poaceae). **Revista Brasileira de Entomologia**, v.47, p.625-630, 2003.
- Dionello, R.G.; Radunz, L.L.; Conrad, V.J.D.; Lucca Filho, O.; Elias, M.C. Temperatura do ar na secagem estacionária e tempo de armazenamento na qualidade de grãos de milho. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.6, p.137-143, 2000.

- Elias, M.C. Secagem e armazenamento de grãos de milho e de sorgo na propriedade rural. In: Parfitt, J.M.B. **Produção de milho e sorgo em várzea**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p.107-146, 2000.
- Faroni, L.R.D.A. Manejo das pragas dos grãos armazenados e sua influência na qualidade do produto final. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.17, p.36-43, 1992.
- Fleurat-Lessard, F. Qualitative reasoning and integrated management of the quality of stored grain: a promising new approach. **Journal of Stored Products Research**, v.38, n.2, p.191-218, 2002.
- Freo, J.D.; Moraes, L.B.D; Santetti, G.S.; Gottmannshausen, T.L.; Elias, M.C.; Gutkoski, L.C. physicochemical characteristics of wheat treated with diatomaceous earth and conventionally stored. **Ciênc. Agrotec.**, Lavras, v.38, n.6, p.546-553, 2014.
- Gutkoski, L.C.; Eichelberger, L.; Santin, J.A.; Portella, J.A.; Spier, F.; Colussi, R. 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, p. 879-885, 2009.
- Hou, H.J.; Chang, K.C. Storage conditions affect soybean color, chemical composition and tofu qualities. **Journal of Food Processing and Preservation**, Westport, v. 28, p. 473-488, 2004.
- Korunić, Z. Diatomaceous earths – natural insecticides. **Journal Pesticides and Phytomedicine**. (Belgrade), v.28, n.2, p. 77–95, 2013.
- Lima, R. F. Qualidade de grãos de milho submetidos à secagem com lenha em diferentes temperaturas e períodos de armazenamento. 2014. 70p. Dissertação de mestrado, UFRGS, 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.
- Lorini, I.; Krzyzanowski, F.C.; França-Neto, J.B.; Henning, A.A.; Henning, F.A. **Manejo integrado de pragas de grãos e sementes armazenadas**. Brasília, DF: Embrapa, 2015. 84 p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/129311/1/Livro-pragas.pdf>>. Acesso em: 27 dez. 2017.

- Matioli, J.C.; Almeida, A.A. Alterações nas características químicas dos grãos de milho causadas pela infestação do *Sitophilus oryzae*. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v.4, p.36-46, 1979.
- Muir, W. E.; Jayas, D. S.; White, N. D. G. Controlled atmosphere storage. In: Muir, W. E. (Ed.) **Grain Preservation Biosystems**. University of Monitoba, 2000. cap. 19, 20 p.
- Rupollo, G.; Gutkoski, L.C.; Marini, L.J.; Elias, M.C. Sistemas de armazenamentos hermético e convencional na conservabilidade de grãos de aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, p. 1715-1722, 2004.
- Salunkhe, D. K.; Chavan, J. K.; Kadan, S. S. Maize. In: **Postharvest biotechnology of cereals**. Boca Raton: CRC Press, 1985. p. 127-146.
- Stresser, R. **Tratamentos preventivos e curativos no controle de insetos e pragas em silos e armazéns graneleiros**. 2015. Disponível em: <<http://www.tecnigran.com.br/index.php/faqs/artigos/item/139-tratamentos-preventivos-e-curativos-no-controle-de-insetos-e-pragas-em-silos-e-armazens-graneleiros>>. Acesso em: 19 mar. 2018.
- Tiecker Junior, A.; Guimarães, L.E.; Ferrari Filho, E.; Castro, B.; Del Ponte, E.M.; Dionello, R.G. Qualidade físico-química de grãos de milho armazenados com diferentes umidades em ambientes hermético e não hermético. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n.2, p. 174-186, 2014.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conforme observado no presente trabalho, grãos de milho tratados com terra de diatomácea na dose de  $1.000 \text{ g.t}^{-1}$  apresentaram melhores resultados em relação aos submetidos ao gás fosfina na maioria das avaliações, sendo elas: teor de água; perda de peso por danos; grãos mofados, avariados, carunchados, sem defeitos e perda de peso por carunchamento; incidência de *Fusarium* spp., *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp e grãos sadios (sem infestação fúngica aparente); e proteína bruta.

Um dos objetivos do uso da dose de  $500 \text{ g.t}^{-1}$  neste trabalho era o de possibilitar a redução do custo com o uso de terra de diatomácea. Entretanto, os resultados sugerem que o uso dessa dose não é recomendado, principalmente pelo observado na análise tecnológica dos grãos (defeitos), o que acarretaria na desvalorização e desclassificação precoce do lote.

É importante ressaltar o ineditismo deste estudo, já que os foi realizado em silos em escala real e em ambiente natural, diferente de grande parte dos experimentos executados para verificar a eficiência de inseticidas, que são, geralmente, realizados em condições controladas de temperatura e ambiente e em potes pequenos com infestação com insetos. Assim sendo, os resultados encontrados tendem a se aproximar mais da realidade dos produtores e armazenadores de grãos do Estado do Rio Grande do Sul.

Ficou demonstrado neste trabalho que o uso de produtos a base de terra de diatomácea apresenta resultados semelhantes ou melhores nas propriedades físico-químicas, tecnológicas e sanitárias dos grãos de milho do que a aplicação de fosfina.

Além disso, é uma alternativa economicamente viável ao produtor, apresentando custos similares ou, inclusive, inferiores ao gás fosfina, pois não é necessário seu uso em toda a massa de grãos, sendo recomendada a aplicação em camada de 30 cm na base e no topo do produto armazenado.

Devido à escassez de estruturas e recursos para a realização do experimento, o mesmo só pode ser efetuado em um local, com baixo número de repetições. Seria indicado a execução, simultaneamente, em outros locais e com maior número de repetições, e, ainda, por mais um ano ou safra agrícola.

Ainda, cabe salientar que devem ser adotadas diversas práticas de manejo e controle de pragas e fungos durante o armazenamento, a fim de diminuir as perdas qualitativas e quantitativas dos grãos, maximizar o lucro do armazenador e evitar o uso indiscriminado de produtos inseticidas prejudiciais à saúde humana e ao meio ambiente, o que também contribui para o desenvolvimento de resistência de pragas à inseticidas.

Práticas como limpeza das unidades de armazenamento, pré-limpeza dos grãos, secagem, resfriamento, monitoramento de pragas, uso de inseticidas alternativos aos convencionais, dentre outras, devem ser utilizadas em conjunto no manejo integrado de pragas de grãos armazenados.